

PROSIDING

ISBN: 978-979-1340-75-5

**SEMINAR NASIONAL KIMIA &
PENDIDIKAN KIMIA UNG 2014**

*Tema: PENINGKATAN KEMANDIRIAN BANGSA BERBASIS
SUMBER DAYA MANUSIA DAN SUMBER DAYA ALAM*

Gorontalo, 09 Oktober 2014

Penerbit: UNG Press (Anggota IKAPI)

PROSIDING

ISBN: 978-979-1340-75-5

SEMINAR NASIONAL KIMIA & PENDIDIKAN KIMIA UNG 2014

*PENINGKATAN KEMANDIRIAN BANGSA BERBASIS
SUMBER DAYA MANUSIA DAN SUMBER DAYA ALAM*

Gorontalo, 09 Oktober 2014

Host: Jurusan Kimia FMIPA
Universitas Negeri Gorontalo
Jl. Jend. Sudirman No. 6 Gorontalo



Penerbit: UNG Press (Anggota IKAPI)

KATA PENGANTAR

Kemandirian bangsa haruslah menjadi visi dan tugas kolektif seluruh komponen bangsa Indonesia yakni pemerintah, masyarakat, dunia usaha dan juga lembaga pendidikan. Berbagai upaya berkaitan dengan usaha menuju bangsa mandiri adalah inovasi dan kreativitas, penemuan-penemuan baru serta produktivitas. Kemandirian bangsa berarti mengurangi ketergantungan bangsa Indonesia dari negara lain dalam berbagai sendi kehidupan terutama berkaitan dengan kebutuhan strategis negara dan rakyat Indonesia.

Perguruan tinggi sebagai komponen strategis bangsa dalam menciptakan manusia-manusia cerdas, kreatif, inovatif dan produktif harus terus menata dan mengelola diri dalam rangka lahirnya generasi menuju bangsa mandiri.

Oleh karena itu, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Negeri Gorontalo bermaksud menyelenggarakan Seminar Nasional dengan Tema: Peningkatan Kemandirian Bangsa Berbasis Sumber Daya Manusia dan Sumber Daya Alam.

Melalui seminar ini telah terpublikasi berbagai hasil penelitian, ide dan pemikiran para ilmuwan dari berbagai perguruan tinggi di Indonesia. Hasil penelitian, ide dan pemikiran yang tentunya berorientasi kepada upaya menuju bangsa mandiri. Seminar ini diharapkan memberikan motivasi kepada para peneliti untuk terus melahirkan hasil-hasil penelitian yang berorientasi kemandirian dengan berbasis sumber daya manusia dan sumber daya alam Indonesia.

Gorontalo, Oktober 2014

Tim Editor

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
KOMITE ILMIAH	vii
BAGIAN 1 BIDANG SAINS TERAPAN	1
Ekspresi Sekretori Immunoglobulin A (Siga) Dan Kerusakan Vili Usus Tikus Malnutrisi Setelah Suplementasi Kerang Darah (<i>Anadara granosa</i>), oleh Netty Ino Ischak	3 – 9
Profil Kemampuan Motorik Pasien Stroke Pasca Terapi Pirasetam Dan Sitikolin, oleh Teti Sutriyati Tuloli	11 – 17
Kadar Kalium Rendah Sebagai Prediktor Terjadinya Stroke, oleh dr. Muhammad Isman Jusuf, Sp.S	19 – 22
Identifikasi Kandungan Unsur Dari Tonasi Buah Kakao dan Pemanfaatannya Sebagai Unsur Hara Tersedia, oleh Suherman	23 – 27
Identifikasi Senyawa Aktif dan Uji Toksisitas Ekstrak Daun Binahong (<i>Anrederacordifoliaten. Steenis</i>) dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT), oleh Yuszda K. Salimi	29 – 36
Mineralogi dan Sifat-Sifat Kimia Tanah pada Dua Pedon Tanah Sawah Tadah Hujan di Sidomukti, Gorontalo, oleh Nuridin	37 – 46
Pemanfaatan Labu Air (<i>Lagenaria siceraria (molina) standly</i>) sebagai Hepatoprotektor pada Mencit Jantan yang Diinduksi Parasetamol , oleh Widysusanti Abdulkadir	47 – 50
Daun Gedi (<i>Abelmoschus manihot (L) Medik</i>) sebagai Sumber Asam Folat Alami, oleh Sri Mulyani Sabang	51 – 54
Pengembangan Bentuk Sediaan Gel Arbutin terhadap Penghambatan Hiperpigmentasi Melanin secara Invivo, oleh Nur Ain Thomas	55 – 62
Efek Antioksidan Minuman Sinom terhadap Gula Darah Tikus Putih Sprague Dawley Diabetes Melitus, oleh Ni Ketut Wiradnyani	63 – 78
Aplikasi Reverse Transcription - Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) Untuk Deteksi Virus Jembrana Pada Darah Sapi Bali Dengan Basis Deteksi Gen ENV-TM, oleh Tri Ananda Erwin Nugroho	79 – 86
Pendugaan Carbon Pohon Nantu (<i>Palaquium obovatun Engl</i>) dan Beringin (<i>Ficus Nervosa Heyne</i>) pada Hutan Nantu-Boliyohuto, oleh Marini Susanti Hamidun	87 – 92

Uji Toksisitas Ekstrak Daun Miana (<i>Coleus scutellarioides</i>) Asal Gorontalo, oleh Suleman Duengo	93 – 100
Karakteristik Komponen Kimia dan Sensory Permen Jelly Jagung, oleh: Yoyanda Bait	101 – 113
Biokonversi Limbah Tongkol Jagung Menjadi Bioetanol sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan, oleh Hendri Iyabu	115 – 120
Pengujian Beberapa Indikator Mutu Susu Kambing Peranakan Etawa (<i>C. aegagrus</i>) Segar, oleh Deyvie Xyzquolya	121 – 126
BAGIAN 2 BIDANG SAINS	127
Pembuatan Katalis Modifikasi Cu/Batu Apung untuk Mendukung Reaksi Konversi 3-Metil-1-Butanol, oleh Mardjan Papatungan	129 – 134
Misteri Gagalnya Chaos: Barisan Hingga Bifurkasi Period-Doubling Pada Sistem Interaksi Nonlinear Sepasang Osilator, oleh Hasan S. Panigoro	135 – 140
Multilinear Regression Analysis of Quinazoline Derivatives as Anticancer Agent, oleh La Ode Aman	141 – 149
Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cd(II) pada Abu Dasar Batubara Terimobilisasi Ditizon, oleh Tri Handayani	151 – 164
Pemanfaatan Limbah Aluminium Foil sebagai Bahan Keagulan Poli Aluminium Klorida (PAC) Pada Pengolahan Air Buangan Laboratorium, oleh Erni Mohamad	165 – 173
Sifat Kestabilan di Sekitar Titik Tetap Pada Model Matematika Transmisi Penyakit Malaria, oleh Resmawan	175 – 181
Penentuan Harga Opsi Asia dengan Model Binomial yang Dimodifikasi, oleh Emli Rahmi	183 – 190
BAGIAN 3 BIDANG PENDIDIKAN SAINS, MANAJEMEN PENDIDIKAN, TEKNOLOGI PENDIDIKAN DAN PENDIDIKAN KARAKTER.....	191
Pelaksanaan Supervisi Pembelajaran IPA, oleh Astin Lukum	193 – 198
Kajian Problem Solving dalam Pembelajaran Kimia Melalui Aspek Epistemologi Sains untuk Menumbuhkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa, oleh Afadil	199 – 207
Konsepsi Mahasiswa pada Konsep Larutan Asam-Basa dan Larutan Penyangga, oleh Masrid Pikoli	209 – 215
Penerapan Pembelajaran Learning Cycle Dipadu Peta Konsep untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Belajar Kimia, oleh Kasmudin Mustapa	217 – 226
Pengembangan Instrumen Dalam Memecahkan Masalah Fisika Dasar, oleh Muhammad Yusuf	227 – 234

Upaya Perbaikan Bantuan Belajar untuk Mata Kuliah Kimia Organik 3 - PEKI 4416, oleh <i>Dina Mustafa</i>	235 – 239
Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw dan Motivasi Berprestasi Terhadap Hasil Belajar Siswa pada Materi Koloid, oleh <i>Zulaeha M Abdullah</i> ..	241 – 251
Kemampuan Kognitif dan Afektif Siswa dalam Pembelajaran Kimia , oleh <i>Astin Lukum</i>	253 – 260
BAGIAN 4 BIDANG RELEVAN LAINNYA	261
Perilaku Komunitas Polahi Terhadap Fungsi dan Manfaat Sumberdaya Hutan ditinjau dari aspek Sosial dan Lingkungan (Metode Survei Prilaku Komunitas Polahi di Kawasan Hutan Lokasi Desa Bihe Kecamatan Asparaga Kabupaten Gorontalo), oleh <i>Sukirman Rahim</i>	263 – 284
Geologi Daerah Sumalata Dan Sekitarnya Kabupaten Gorontalo Utara, oleh <i>Muhammad Kasim</i>	285 – 291
Potensi Hybrid Energy di Kabupaten Bone Bolango dan Kabupaten Gorontalo, oleh <i>Ervan Hasan Harun</i>	293 – 298
Pemanfaatan Biomassa Enceng Gondok dari Danau Limboto sebagai Penghasil Biogas, oleh <i>Julhim S. Tangio</i>	299 – 304
Deteksi Bakteri Streptococcus pyogenes dengan teknik Polymerase Chain Reaction, oleh <i>Syam S. Kumaji</i>	305 – 315
Analisis Kuantitatif Logam Berat Cd, Cu, dan Zn dalam Air Laut dan Beberapa Jenis Kerang di Perairan Teluk Palu Sulawesi Tengah, oleh <i>Irwan Said</i>	317 – 322
Electrospray Mass Spectrophotometry of Linear Ligands and their metal ion complexes, oleh <i>Vanny Tiwow</i>	323 – 329
Urgensi Pengembangan Perangkat Pembelajaran dalam Penerapan Pakem Berintegrasi Pendidikan Karakter bagi Mahasiswa, oleh <i>Gamar Abdullah</i>	331 – 337
Pengembangan Perangkat Pembelajaran Sains Melalui Pendekatan Pakem Berintegrasi Pendidikan Karakter di SMP se-Provinsi Gorontalo, oleh <i>Nova Elysia Ntobuo</i>	339 – 351
Aktifitas Antifeedant dari Ekstrak Rimpang OlumoNGO (Acorus calamus) terhadap Larva Epilachna sparsa L, oleh <i>Nurhayati Bialangi</i>	353 – 366
Tanaman Genjer (Lamncharis flava) sebagai Agen Fitoremediasi Logam Pb dan Cu, oleh <i>Ishak Isa</i>	367 – 373
Pengaruh Model Penemuan Terbimbing terhadap Kemampuan Komunikasi Matematika Siswa SMP, oleh <i>Evi Hulukati</i>	375 – 382
Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis Riset Berintegrasi Pendidikan Karakter pada Mata Kuliah Fisika Dasar di Universitas Negeri Gorontalo, oleh <i>Asrie Arbie</i>	383 – 392

Identifikasi Kandungan Unsur dari Tonasi Buah Kakao dan Pemanfaatannya sebagai Unsur Hara Tersedia, oleh Suherman	393 – 398
Kandungan Asam Miristat (C14), Asam Palmitat (C16) dan Asam Stearat (C18) Pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk Dengan Metode Pengeringan Berbeda, oleh Agus Bahar Rachman	399 – 406
Strategi “OPER” untuk Pengembangan Keterampilan Bertanya Kritis pada Pembelajaran Kimia, oleh Tri Santoso	407 – 415
Analisis Kesalahan Siswa Dalam Memahami Konsep Larutan Buffer pada Tingkat Makroskopis Dan Mikroskopis, oleh Mangara Sihaloho	417 – 427
Pembuatan Reagen Alternatif COD-Reaktor untuk Efisien Manajemen Laboratorium, oleh Wiwini Rewini	429 – 432
Potensi Nilai Biomassa Karbon Hutan Mangrove Di Wilayah Pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara, oleh Dewi Wahyuni K. Baderan	433 – 443
Pemanfaatan Pati Ubi Kayu (manihot utilissima) Lokal Sebagai Gula Alternatif Glukosa Cair Dalam Pembuatan Aneka Produk Makanan Bermutu, oleh Rakhmawaty Ahmad Asui	445 – 452
Penentuan Fruktosa pada Umbi Tanaman Bunga Dahlia, oleh Opir Rumape	453 – 460
Electrospray Mass Spectrophotometry of Linear Ligands and their Metal Ion Complexes, oleh Vanny Tiwow	461 – 466

KOMITE ILMIAH

Prof. Effendy, Ph.D (Kimia Anorganik, Universitas Negeri Malang)
Prof. Dr. Ishak Isa, M.Si (Kimia Analisis, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Suherman (Universitas Tadulako Palu)
Prof. Dr. Evi Hulukati, M.Pd (Pend. Matematika, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Astin P. Lukum, M.Si (Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Siang Tandi Gonggo (Universitas Tadulako Palu)
Dr. Wenny J. A. Musa, M.Si (Kimia Organik Bahan Alam, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Lukman A. R. Laliyo, M.Pd (Teknologi Pendidikan, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Akram La Kilo, M.Si (Kimia Material, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Opir Rumape, M.Si (Entomologi, Universitas Negeri Gorontalo)
Dr. Roland Rusli, M.Si (Universitas Mulawarman Samarinda)
Dr. Atiek N. Rostika, M.Si (Universitas Padjajaran Bandung)
Dr. Dahlan, M.Si (Universitas Haluolea)

Kontak dan Website:

Jurusan Kimia FMIPA, Kampus Universitas Negeri Gorontalo

Jl. Jend. Sudirman No. 06 Gorontalo 96128

Website: <http://seminarkimia.ung.ac.id/>, Email: seminarkimia@ung.ac.id

BAGIAN 1
BIDANG SAINS TERAPAN

EKSPRESI SEKRETORI IMUNOGLOBULIN A (sIgA) DAN KERUSAKAN VILI USUS TIKUS MALNUTRISI SETELAH SUPLEMENTASI KERANG DARAH (*Anadara granosa*)

Netty Ino Ischak

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo
email: nettyischak@gmail.com

Abstract

*The aim of this study is to describe and analyze the potential of blood cockle (*Anadara granosa*) provisionin enhancing intestinal mucosal sIgA (jejunum and ileum) of malnourished female Sprague Dawley rat (*Rattus norvegicus*).*

*The method of this research was laboratory experimental research with the Randomized Post Test Only Control Group Design using 30 female rats (*R. norvegicus*) as research subject. Samples were selected through Simple Random Sampling. The sample were divided into five treatment groups. (1) normal control group (KN), (2) and (3) were malnourished groups, each of them were given non protein ration as a positive control K.kg(+), and 20% casein as a negative control K.kg(-) and (4) and (5) were malnourished groups with casein (10%) treatment combined with blood cockle flour (10%) (P.kg1), and (P.kg2) 20% blood cockle flour. Treatments were performed for 35 days. Malnutrition (albumin rate < 3,0 g/dL), Microscopic evaluation through laboratory analysis includes: measurement of small intestine tissue was performed using light microscopy with Hematoxilin Eosin (HE) and intestinal mucosal sIgA (jejunum-ileum) of experimental rats whrough immunohistochemical (IHC) method.*

The results showed that blood cockle has the potential to increasewith supplementation blood cockle a whole structure epithelium and the villi of the intestines undergoing repair (restoration) so that traffic invasion sIgA with poly-IgA (receptors) to the lumen of the intestine can last well. Next sIgA can serve maintain defense system intestinal mucosa.

Keywords: *Blood cockle (*Anadara granosa*), exspretion sIgA, villi of the intestines, malnourished rats.*

1. PENDAHULUAN

Masalah kurang gizi yang dihadapi anak usia balita antara lain adalah defisiensi zat gizi makro yang juga disertai defisiensi zat gizi mikro.

Salah satu biota laut golongan moluska adalah kerang darah (*Anadara granosa*). Pemanfaatannya di beberapa daerah hanya sebagai kerang konsumsi. Kerang mempunyai potensi besar dan nilai ekonomis yang tinggi, namun belum banyak dimanfaatkan secara optimal. Kerang dapat juga berkontribusi untuk pemenuhan gizi masyarakat karena mengandung protein, asam lemak dan mineral esensial (Ischak, 2012). Kerang mengandung senyawa glikoprotein yang di duga dapat berperan sebagai zat imunomodulator dengan aktivitas tinggi (Murray,dkk.,2002).

Asupan energi dan zat gizi makro seperti protein yang tidak seimbang akan

mengakibatkan sistem kekebalan tubuh terganggu dan berdampak terhadap menurunnya produksi zat anti bodi dalam tubuh. Penurunan zat anti bodi ini mengakibatkan mudahnya bibit penyakit masuk kedalam dinding usus dan mengganggu produksi beberapa enzim pencernaan makanan yang selanjutnya mengakibatkan penyerapan zat gizi yang penting menjadi terganggu. Penyakit infeksi dan kurang energi protein (KEP) adalah dua hal yang mempunyai hubungan sinergis atau saling berhubungan. KEP berat akan menurunkan sistem imun humoral. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Schroeder (2001) bahwa sebagian besar penyebab imunodefisiensi adalah adanya malnutrisi protein energi (MPE) atau KEP. Malnutrisi diakibatkan oleh menurunnya kemampuan fungsi pencernaan dan penyerapan zat gizi yang dibutuhkan selama masa pertumbuhan. Jika selama masa tersebut

anak tidak mendapatkan makanan yang cukup untuk memenuhi kebutuhan dan memulihkan kesehatan serta status gizinya, maka dampaknya akan terjadi penurunan jaringan otot dan lemak. Anak akan kehilangan berat badan, kurus dan pertumbuhannya akan terhenti.

Asupan zat gizi berupa protein dan *zinc* merupakan faktor penting yang mempengaruhi sistem imun tubuh, karena sistem imun tubuh berperan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan sel, terutama sel yang menghasilkan sel limfosit.

Kekebalan tubuh seseorang dapat diukur dari kadar limfositnya baik sel T maupun sel B. Keadaan kurang gizi atau malnutrisi dapat pula disertai gangguan mekanisme ketahanan lokal pada usus baik yang disebabkan oleh kerusakan epitel mukosa usus maupun perubahan ekologi isi usus. Sistem pertahanan mukosa ini diperankan oleh imunoglobulin A tipe sekretorik (sIgA). Fungsi sIgA ini tidak mengaktifkan komplemen tetapi hanya melapisi antigen (bakteri, virus dan parasit) dengan cara mencegah perlekatan pada lapisan epitel mukosa usus dan bekerja lebih awal saat antigen masih berada di luar sel. Bila antigen berhasil masuk ke dalam sel, maka komponen imunitas seluler dalam hal ini sel limfosit T yaitu sel T(CD4⁺) dan sel T(CD8⁺) mulai bekerja dengan mengaktifasi sIgA.

2.KAJIAN LITERATUR

Peran IgA dalam serum secara karakteristik sebagai pertahanan imun sekunder (Goldsby, *et al.*, 2000). Respon imun sekunder berkembang lebih cepat dibandingkan dengan respon primer, dan antibodi yang diproduksi pun dalam jumlah yang lebih besar. *Isotype switching* antara lain dari μ -chain ke α -chain dan proses maturasi afinitas antibodi akan meningkat dengan adanya paparan sekunder oleh mikroba patogen yang sama (Abbas, *et al.*, 2010). Awal munculnya produksi IgA pada respon imun sekunder dalam situasi tertentu berkisar 1-3 hari, selanjutnya peran utama antibodi IgA adalah dalam bentuk sekretori dan memberikan perlindungan pada traktus respiratorius, traktus gastrointestinal, traktus urinarius, reproduksi (Male, *et al.*, 2006; Abbas, 2010; Roitt, 2007)

Imunoglobulin sekretori (*secretory immunoglobulin*) merupakan glikoprotein

yang menyerupai musin pada bagian engsel (*hing region*) antara sub unit Fc (*constant fragment*) dan Fab (*antigen binding fragment*). Imunoglobulin A diubah menjadi imunoglobulin A sekretori (sIgA) melalui penambahan komponen sekretorik yang kemudian disekresi ke dalam lumen usus atau ke bagian apeks dari epitel mukosa usus (Herich Levkut, 2002).

Imunoglobulin A sekretori umumnya merupakan imunoglobulin utama yang ditemukan di saliva dan sekresi seromukous lainnya seperti di saluran pencernaan. Imunoglobulin A sekretori memiliki sifat resisten terhadap enzim pencernaan sehingga dapat mengikat agen infeksi maupun toksin yang menginvasi lumen maupun mukosa usus (Kaetzel, 1991).

Lapisan mukosa terdiri dari lamina epitel, lamina propia, dan muskularis mukosa. Bentuk mukosa tersusun dari tonjolan berbentuk jari yang disebut vili. Vili usus halus manusia memiliki tinggi 0.5-1.5 mm dan terbentuk di permukaan mukosa yang digunakan untuk memperluas permukaan. Vili tersusun atas kumpulan sel epitel silindris sebaris yang berjejer dan jaringan ikat longgar lamina propria. Sel epitel manusia memiliki mikrovili di permukaannya dengan panjang 1 μ m dan diameter 0.1 μ m. Mikrovili berfungsi untuk menyerap nutrisi (Jonqueira dan Carneiro, 2005). Kerusakan mikrovili dan atrofi vili usus halus dapat mengganggu penyerapan nutrisi (*malabsorption syndrome*). Baik pada manusia maupun hewan (mamalia dan unggas) terdapat kript dan kelenjar Lieberkun yang terdiri atas stem sel, sel goblet, sel panet, dan enteroendokrin sel terdapat di bawah vili (Jonqueira dan Carneiro, 2005; Samuelson, 2007).

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian eksperimen dengan disain penelitian *Randomized Post Test Only Control Group Design* yang menggunakan 30 ekor tikus (*Rattus norvegicus*) strain *Sprague Dawley* yang diperoleh dari Balai POM RI Jakarta berumur 3 - 4 minggu dengan berat badan antara 79 -105 gram.

Bahan suplementasi adalah kerang darah spesies *Anadara granosa* yang diambil daging utuh setelah dipisahkan dari cangkang. Diperoleh dari nelayan Pantai Teluk Tomini Gorontalo. Pembuatan tepung kerang darah

meliputi: pencucian, pengukusan, dan pemisahan daging utuh dengan cangkangnya, penirisan, pengeringan dan penggilingan. Pengeringan menggunakan sinar matahari untuk mengurangi kadar air. Penggilingan dengan *disc mill* berukuran 40 mesh, dan dihasilkan tepung kerang darah.

Sampel tikus dipilih dengan cara *simple random sampling*, dibagi lima kelompok perlakuan: (1) kelompok kontrol normal (KN), (2) dan (3) adalah kelompok malnutrisi yang masing-masing mendapat perlakuan ransum non protein sebagai kontrol positif K.kg (+), dan ransum standar kasein 20% sebagai kontrol negatif K.kg (-) serta kelompok (4) dan (5) adalah kelompok malnutrisi yang mendapat perlakuan ransum protein kasein (10%) yang dikombinasi tepung kerang darah (10%) P.kg1, dan diberi ransum tepung kerang darah 20% P.kg2. Perlakuan selama 45 hari. Kondisi malnutrisi (kadar albumin < 2,7 g/dL), diperoleh dengan pemberian ransum yang tidak mengandung bahan protein (non protein). Air minum diberikan *ad libitum* selama 14 hari. Akhir penelitian, tikus dikorbankan untuk pengambilan jaringan usus.. Selanjutnya dilakukan pemeriksaan secara imunohistokimia terhadap sekretori imunoglobulin A (sIgA) dengan menggunakan antibody primer sIgA anti rats polyclonal dan pemeriksaan kerusakan vili diamati melalui histology jaringan mukosa usus (jejunum dan ileum) dengan pewarnaan Hematoksilin-Eosin (HE).

4.HASIL DAN PEMBAHASAN

HASIL PENELITIAN

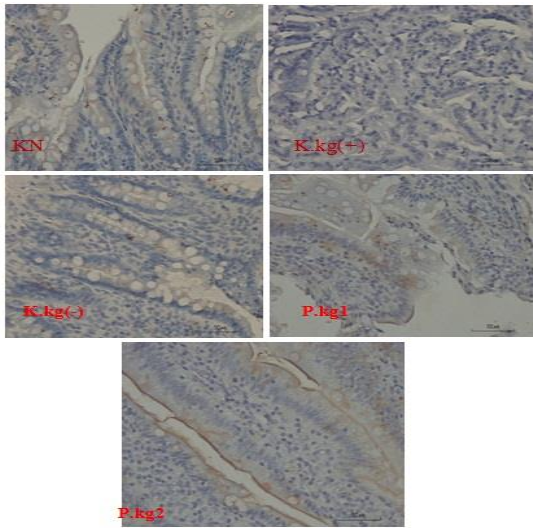
Hasil Pengamatan Imunohistokimia (IHK) terhadap Ekspresi sekretori Imunoglobulin A (sIgA) di lumen Usus

Analisis kandungan imunoglobulin A sekretori (sIgA) pada mukosa usus halus baik di jejunum maupun di ileum tikus percobaan dilakukan dengan menggunakan tehnik imunohistokimia.

Tabel 1. Deskripsi Kandungan Sekretori Imunoglobulin A (sIgA) pada Mukosa Usus di Jejunum

Perlakuan	Kandungan sIgA	Deskripsi
KN	+++	Warna coklat tua pada pada seluruh bagian atau sebagian besar lapisan epitel dan <i>crypt</i> mukosa usus.
K.kg (+)	+	Warna biru menunjukkan bagian tersebut tidak mengandung sIgA atau warna coklat muda hanya pada bagian <i>crypt</i> mukosa usus.
K.kg (-)	++	Warna coklat muda hanya pada lapisan epitel dan <i>crypt</i> atau sebagian besar atau seluruh mukosa usus.
P.kg 1	+++	Warna coklat tua pada pada seluruh bagian atau sebagian besar lapisan epitel dan <i>crypt</i> mukosa usus.
P.kg 2	++++	Warna coklat sangat tua pada seluruh bagian atau sebagian besar lapisan epitel dan <i>crypt</i> mukosa usus.

Hasil pengamatan secara kualitatif terhadap kandungan sIgA pada mukosa usus di jejunum menunjukkan adanya penurunan pada kelompok perlakuan kontrol positif K.kg(+) atau hanya sedikit ditemukan kandungan sIgA, baik pada lapisan epitel atau *crypt* mukosa usus tikus percobaan yang ditandai dengan warna coklat muda pada fotomikrograf. Sedangkan pada perlakuan tikus kurang gizi yang diberi tepung kerang darah (P.kg2) maupun kombinasinya (kelompok P.kg1) menunjukkan kandungan sIgA lebih tinggi dari kontrol positif. Peningkatan tersebut terlihat dari semakin banyaknya sel yang memberikan reaksi positif dengan warna coklat pada sebagian besar lapisan epitel dan *crypt* mukosa usus seperti ditunjukkan pada gambar 5.20.

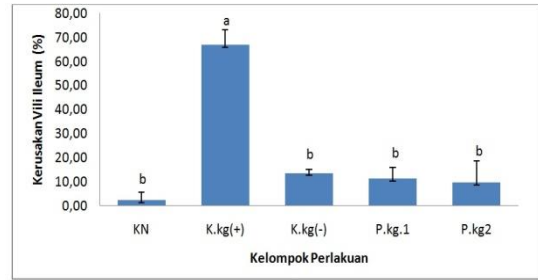


Gambar 5.20 Fotomikrograf Jaringan Usus Halus pada Bagian Mukosa Jejunum Tikus Percobaan yang Diwarnai Secara Immunohistokimia terhadap Kandungan sIgA, Ditandai dengan Warna Coklat pada Bagian Epitel dan Crypt Mukosa Usus. Skala: 50µm, pada; (KN) Tikus Kontrol Normal, K.kg(+) Tikus Kontrol Kurang Gizi yang Diberi Ransum Non Protein, K.kg(-) Tikus Kontrol Kurang Gizi yang Diberi Ransum Kasein Standar, P.kg1 Tikus Kurang Gizi yang Diberi Ransum Kasein dan Tepung Kerang Darah 10% dan (P.kg2) Tikus Kurang Gizi yang Diberi Tepung Kerang Darah 20%.

Hasil Pengamatan Histologi Kerusakan Vili Usus di Ileum

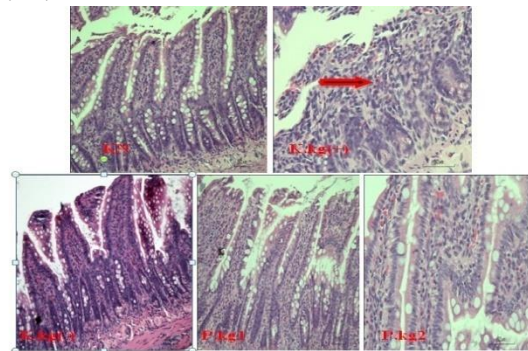
Persentase kerusakan vili usus di ileum tikus percobaan diamati melalui pengukuran jumlah vili usus yang rusak dibagi dengan jumlah total keseluruhan vili usus di ileum dalam setiap lapang pandang. Pengamatan pengukuran dilakukan oleh dua orang untuk setiap sediaan yang diamati. Hasilnya dirata-ratakan kemudian dihitung persentase kerusakan vili usus.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pemberian tepung kerang darah dapat memperbaiki atau mengurangi kerusakan usus vili di ileum tikus kurang gizi. Gambar 5.13 memperlihatkan pengaruh dari masing-masing perlakuan.



Gambar 5.13 Persentase Kerusakan Vili Usus di Ileum pada Kelompok Perlakuan Tikus Percobaan.

Selanjutnya untuk pemeriksaan histology jaringan usus dengan pewarnaan HE dilakukan untuk melihat bagaimana proses restorasi (perbaikan) jaringan setelah suplementasi kerang darah seperti yang ditunjukkan gambar 5.14.



Gambar 5.14 Fotomikrograf Sediaan Histologi Usus Halus Bagian Ileum Tikus dengan Pengecatan HE, Skala: 50µm pada; (KN) Tikus Kontrol Normal, K.kg(+) Tikus Kontrol Kurang Gizi yang diberi Ransum Non Protein, K.kg(-) Tikus Kontrol Kurang Gizi yang diberi Ransum Kasein Standar, P.kg1 Tikus Kurang Gizi yang Diberi Ransum Kasein Dan Tepung Kerang Darah 10% dan (P.kg2) Tikus Kurang Gizi yang diberi Tepung Kerang Darah 20%. Tanda → Menunjukkan Pelekatan Vili Usus

PEMBAHASAN

Ekspresi sIgA Mukosa Usus Tikus Malnutrisi setelah suplementasi Kerang Darah

Produksi imunoglobulin sekretori A (sIgA) merupakan komponen efektor terbaik yang dihasilkan oleh mukosa usus. Dalam kerjasamanya dengan faktor imun *innate* (bawaan), seperti *mucus*, sIgA dalam lumen usus akan mencapai “imun eksklusif” untuk melindungi permukaan mukosa (Blum dan Schiffrin, 2003). Sistem imun humoral di dalam sistem pertahanan mukosa diperani oleh imunoglobulin A tipe sekretori (sIgA) dan bekerja lebih awal saat antigen masih berada di luar sel.

Pengaruh pemberian kerang darah pada ekspresi imunoglobulin A sekretori

(sIgA) di jejunum dan ileum usus yang rusak sebagai akibat kurang gizi menunjukkan adanya perbaikan yang dibuktikan dengan pemeriksaan imunohistokimia. Gambaran ekspresi sIgA di bagian usus jejunum dan ileum pada kelompok kontrol normal (KN) dan kelompok perlakuan yang diberi ransum tepung kerang darah (P.kg2) di dapatkan kandungan sIgA secara deskriptif terbanyak disusul kelompok kombinasi kasein dan tepung kerang darah maupun hanya diberi kasein saja. Jika dibandingkan dengan kelompok kontrol positif yakni kelompok defisiensi non protein seperti yang ditunjukkan pada tabel 2. Pemeriksaan fotomikroskopik kandungan sIgA di bagian usus jejunum dan ileum pada kelompok defisiensi non protein didapat jumlah kandungan sIgA paling sedikit. Fakta ini membuktikan bahwa kerang darah dapat meningkatkan kadar sIgA di mukosa usus bagian jejunum maupun ileum. Immunoglobulin A (IgA) adalah antibodi yang berbentuk dimer tersimpan di dalam sel basal dan diubah menjadi sIgA melalui penambahan komponen sekretori yang kemudian disekresi ke dalam lumen usus atau ke bagian apeks dari epitel mukosa usus. Immunoglobulin A sekretori memiliki sifat resisten terhadap enzim pencernaan sehingga dapat mengikat agen infeksi maupun toksin yang menginvasi lumen maupun mukosa usus.

Antibodi sIgA yang dihasilkan oleh sel limfosit merupakan antibodi utama yang berperan di dalam sistem imun lokal di jaringan usus halus. Memiliki kemampuan mengaglutinasi agen infeksi dan memfasilitasi proses klirens mikroba tersebut melalui gerakan peristaltik dan gerakan mukosilier usus halus (Mestecky et al., 1999). Selain itu sIgA juga melekat secara selektif pada sel M dan ikut terangkut bersama antigen yang dibawa oleh sel M dan selanjutnya masuk ke dalam sel dendritik (Corthesy, 2007). Sel M adalah sel epitel yang memiliki bentuk berbeda yang melapisi bagian permukaan dari kelenjar *Peyer's patches* (PP). Sel M berfungsi membawa antigen yang ada di lumen usus ataupun yang melekat pada sel M, terangkut pula sIgA bersamanya yang kemudian mengalami internalisasi ke dalam sel dendritik (DC) yang dimediasi oleh *IgA moiety*. Immunoglobulin A sekretori yang terbawa bersama sel M maupun sel DC akan memudahkan pengambilan antigen berikutnya

oleh sel M, dan memicu migrasi sel DC ke dalam PP yang kaya akan sel limfosit T.

Peningkatan ROS dapat terjadi pada kondisi kurang gizi yang akan mengakibatkan apoptosis pada *antigen presenting cell* (APC), yang akan menurunkan ekspresi antigen. Apoptosis yang terjadi pada sel T-CD4⁺ dan APC akan menyebabkan penurunan ekspresi IgA. Hal ini menunjukkan bahwa produksi dan fungsi sIgA yang diskspresikan oleh sel plasma sangat dipengaruhi oleh keberadaan limfosit T(CD4⁺) di mukosa usus. fakta dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada tikus kurang gizi terjadi penurunan yang bermakna dari kandungan sIgA dibagian lapisan epitel dan *scrypt* mukosa dan akan diikuti oleh penurunan bermakna dari kandungan IgA di lamina propria. Mekanisme yang dapat menjelaskan hal ini adalah apabila timbul respon sel B penghasil IgA mukosa terhadap sel T dependen antigen, maka sel B akan diaktifkan oleh sel T helper di dalam *Peyer's patches*, melalui switch IgA, diferensiasi, dan *clonal expansion*. *Class switching* dan maturasi ke dalam sel plasma penghasil IgA diduga terjadi secara lokal di usus. Sel B terutama akan bermigrasi keluar dari *Peyer's patches* melalui pembuluh limfe ke kelenjar limfe mesenterika, mengalami proses maturasi menjadi sel plasma dan pada akhirnya kembali ke lamina propria melalui darah. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi kurang gizi terhadap sistem imun mukosa pada sel T helper dan produksi antibodi sIgA intestinal sangat penting bagi pertahanan di dalam usus tikus percobaan kurang gizi. Sebaliknya, meningkatnya sel plasma IgA di lamina propria akan mengaktifasi dan mengekspresi sIgA ke permukaan mukosa usus lebih banyak dan akan melindungi permukaan sel terhadap invasi antigen.

Restorasi Kerusakan Vili pada Mukosa Usus Jejunum dan Ileum Tikus Malnutrisi.

Kerusakan vili merupakan indikator terjadinya perlekatan usus yang mungkin disebabkan oleh kurangnya nutrisi yang diabsorpsi oleh usus dan menyebabkan kerusakan vili misalnya terjadi atrofi vilus. Terjadinya atrofi vilus juga dapat disebabkan adanya hipomotilitas usus dan disfungsi globulin yang akan mendorong proliferasi dan kolonisasi bakteri yang menginfeksi epitel

mukosa usus, yang akan menyebabkan nekrosis epitel dan atrofi vilus. Hal ini didukung hasil penelitian Duggan, *et al.*, (2002) yang menyatakan bahwa berkurangnya kemampuan adaptasi intestinal akan menyebabkan kerusakan epitel dan atrofi vilus terus menetap, sehingga timbul gangguan absorpsi dan sekresi usus yang berkepanjangan, dan bisa mungkin terjadi diare. Atrofi vili usus dapat pula dipicu oleh berkurangnya *insulin like growth factor-1* (IGF-1) dan *growth hormon* (GH) sebagai akibat defisiensi *zinc* dan protein (Ou, D. Lie, 2007).

Selain itu gambaran kerusakan vili pada mukosa usus dapat juga disebabkan oleh tingkat keasaman di usus meningkat sebagai akibat kurangnya aktivitas enzim sukrase yang biasa terdapat dibagian usus dan jejunum. Kondisi usus yang makin asam lebih mudah terjadi erosi atau kerusakan vili sehingga perbaikannya lebih lama dan sulit. Pendapat ini didukung oleh Petrof (2007), yang menjelaskan bahwa kondisi pH usus yang rendah akan memudahkan bakteri atau patogen berkembang di saluran pencernaan.

Ketika berada dalam kondisi kurang gizi, banyak sel yang hilang sebagai akibat apoptosis dan proliferasi yang berlebihan sehingga terjadi juga percepatan masa penggantian antar sel yang berakibat terbentuknya sel-sel epitel yang kurang terdeferensiasi yang kesemuanya berakibat pada penurunan fungsi absorpsi dari sel epitel intestinal (Blum *et al.*, 2003). Kerusakan epitel usus dan atrofi vilus yang terjadi akibat nekrosis epitel usus akan menambah luas permukaan vilus yang mengalami atrofi dan akan memperberat gangguan absorpsi dan sekresi usus seperti pada kondisi tikus percobaan kurang gizi.

Kelompok perlakuan yang diberikan suplemen kerang darah maupun kombinasinya dengan kasein menunjukkan persentase kerusakan vili yang semakin berkurang. Hal ini dapat dijelaskan melalui mekanisme perbaikan mukosa usus sebagai berikut:

Beberapa enzim lebih berperan pada mukosa usus normal karena terdapatnya *active site* yang banyak mengandung substrat dan kofaktor yang cukup merangsang aktivitas enzim dipermukaan mukosa usus. Permukaan mukosa memiliki enzim sukrase, maltase yang tersusun pada bagian membran mikrovili.

Protein dan enzim laktase yang terdapat pada bagian kript sel epitel usus diduga ikut serta berperan dalam perbaikan vili usus yang rusak (Petrof, 2007).

Perbaikan usus sebagai akibat asupan nutrisi yang baik seperti kandungan nutrisi yang berasal dari kerang darah dapat menjelaskan mekanisme perbaikan mikrovili usus dengan bantuan aktivitas beberapa enzim yang terdapat di mikrovili. Hasil penelitian Irawan (2011), menjelaskan bahwa aktivitas enzim yang diwakili oleh enzim maltase, sukrase dan protein *spectrin*, *clathrin* melalui jalur sinyal protein ERK-1 dan STAT-3 dapat memperbaiki mikrovili usus setelah diberi glutamin.

5. KESIMPULAN

1. Hasil pemeriksaan imunohistokimia suplementasi kerang darah dapat meningkatkan ekspresi sekretori immunoglobulin A (sIgA) di mukosa usus tikus (*R.norvegicus*) malnutrisi.
2. Keutuhan struktur epitel dan vili usus mengalami perbaikan (restorasi) sehingga lintas invasi sIgA dengan poli-IgA (reseptor) sampai ke lumen usus dapat berlangsung dengan baik. Selanjutnya sIgA dapat berfungsi menjaga sistem pertahanan mukosa intestinal.

6. REFERENSI

Abbas, A.K., Lichtman, A.H, 2011. Basic Immunology, *Functions and Disorders of the Immune system*, Saunder, Elsevier Philadelphia, Pa

Blum, Schiffrin, 2003. Intestinal Microflora And Homeostasis Of The Mucosal Immune Respose Implication For Probiotic Bacteria. *Curr. Issues Intestin Microbiol*, 4(2), pp. 53-60

Corthesy, B., Benureau, Y., Perrier, C., *et al*, 2006. Rotavirus Anti-VP6 Secretory Immunoglobuline A Contributes to Protection via Intracellular Neutralization but Not via Immune Exclusion, *J Virol* 06, 80(21), pp. 10692-10699.

Irawan, R., 2011. Efek Pemberian Glutamin terhadap Aktivitas *Sucrased, Maltase, Laktase* dan ekspresi *Spectrin, Clathrin* dalam

Perbaikan Mikrovili Usus, *Disertasi*, Pascasarjana Unair, Surabaya

Ischak. N.I., 2012., Profil Asam Amino dan asam Lemak Kerang Darah (Anadara granosa) Asal Pantai Pohuwato Gorontalo, *makalah* seminar Nasional Tadulako Palu

Jungueira, C., Carlos, L., Carniaro., 1997. *Histologi Dasar*. Ed 9, Alih, Jakarta: EGC, hal.256,301-3

Kaetzel, C.S, 1991. Fungsi IgA pada Sistem Imun, *Proc. Natl. Acad. Sci*, 188, hal. 8796-8800

Linder, Maria (2010). Biokimia Nutrisi dan Metabolisme dengan Pemakaian Secara Klinis, Penerjemah Aminudin Prakkasi. UI Press: Jakarta

Mestecky, J., Russel M.W., Elson, C.O., 1999. Intestinal IgA ; *Novel Views On Its Intestinal*

in the Defence Of the Largest Mucosal Surface. Gut,44, pp. 2-5.

Murray RK. Glikoprotein. dalam: Murray, R.K., D. Anner, P.A. Mayes dan V.M. Rodwell (Eds.). Biokimia Harper. Eds. 24. Jakarta: EGC; 2002. p.668-86.

Ou D, Li D, Cao Y, Li X, Yin J, Qiao S, Wu G (2007). Dietary Supplementation With Zinc Oxide Decreases Expression Of The Stem Cell Factor In The Small Intestine Of Weanling Pigs. *J. Nutr Biochem*.18:820-6

Petrof, Eo, Ciaancio, M.J., Chang, B.B., 2007. Role and Regulation Of Intestinal Epithelial Heat Shock Proteins In Healths and Disease, *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol*, 294, pp.808-818.

PROFIL KEMAMPUAN MOTORIK PASIEN STROKE PASCA TERAPI PIRASETAM DAN SITIKOLIN

Teti Sutriyati Tuloli¹, Nur Rasdianah³, Tria Anisa Spaer³

¹Dosen Jurusan Farmasi, FIKK, Universitas Negeri Gorontalo

²Asisten Apoteker Rumah Sakit Islam Gorontalo

Abstrak

Stroke merupakan penyakit serebrovaskuler yang terjadi secara tiba-tiba dan menyebabkan kerusakan neurologis. Jumlah penderita stroke di Indonesia terbanyak dan menduduki urutan pertama di Asia. Di Rumah Sakit Islam Gorontalo pilihan terapi utamanya adalah pirasetam dan sitikolin. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh terapi pirasetam, sitikolin dan kombinasinya pada perbaikan kemampuan motorik penderita stroke. Penelitian ini bersifat observasional dengan desain cross sectional menggunakan parameter Glasgow Coma Scale dan teknik pengambilan sampel menggunakan total sampling. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan total Glasgow Coma Scale dari 32 pasien stroke, kriteria GCS pasien setelah diberikan terapi neurotropik menunjukkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan kriteria GCS pasien sebelum diberikan terapi neurotropik. Hasil pengujian Odds Ratio menunjukkan pasien yang menerima terapi kombinasi 2,03 kali lebih besar mengalami perubahan pada kemampuan motorik dibandingkan pasien yang hanya menerima terapi tunggal pirasetam dan sitikolin

Kata Kunci : *Stroke, Pirasetam dan Sitikolin, GCS*

Abstract

Stroke is a cerebrovascular disease occurring in brain suddenly and causes neurological damages. The amount of stroke patients in Indonesia is the highest in Asia. The main choice of stroke medication in Islamic hospital is piracetam and cytikolin. The aim of this study was to know therapy influence on motoric capability improvement on stroke patients. The aim of this research was to know the influence of pirasetam, sitikolin and their combinations therapy on the patient motor skills stroke improvements. This research is an observational with cross sectional design use of Glasgow Coma Scale parameters, and the sampling technique using total sampling. The result showed that based on total Glasgow Coma Scale doubles from 32 stroke patient, patients GCS Criteria after neurotropik therapy indicating better result if compared with patient GCS criteria given neurotropik therapy. The odds ratio result showing that patient with combination therapy 2,03 times larger undergo a change in motor skills from being patients with received single therapy piracetam and sitikolin

Keywords: *cytikolin, GCS, piracetam, patient stroke*

1. PENDAHULUAN

Stroke (*cerebrovaskular accident/brain attack*) merupakan penyakit serebrovaskuler yang terjadi secara tiba-tiba dan menyebabkan kerusakan neurologis. Serangan stroke akan mengganggu atau mengurangi pasokan oksigen dan umumnya menyebabkan kerusakan yang serius atau nekrosis pada jaringan otak (Ikawati, 2011).

Data dari Yayasan Stroke Indonesia (2011), jumlah penderita stroke di Indonesia terbanyak dan menduduki urutan pertama di Asia. Penyakit stroke menjadi penyebab kematian kedua di dunia pada kelompok usia di atas 60 tahun dan urutan kelima pada usia 15-59 tahun (Ikawati, 2011). Angka kecacatan akibat stroke cenderung meningkat. Dari berbagai laporan rumah sakit, sebanyak 80 % penyakit serebrovaskuler akut merupakan stroke iskemik, selebihnya adalah stroke hemoragik (Nufus, 2012).

Data Kementerian Kesehatan Provinsi Gorontalo di tahun 2013, tingkat kejadian stroke meningkat dari 74 kasus menjadi 119 kasus untuk pasien pria dan 109 kasus meningkat menjadi 201 kasus pasien perempuan. Data pasien stroke di Rumah Sakit Islam Gorontalo pada bulan Januari sampai Oktober tahun 2012 adalah 32 kasus. Hal ini menunjukkan tren kenaikan tingkat kejadian stroke di Provinsi Gorontalo semakin besar.

Glasgow coma scale adalah salah satu metode yang paling sering digunakan secara klinis untuk mengukur tingkat kesadaran, kemampuan motorik dan fungsi neurologis pada pasien stroke. *Glasgow coma scale* didasari pada respon pasien terhadap pembukaan mata, fungsi verbal dan berbagai fungsi atau respon motorik terhadap berbagai stimulus (Bruns and Hauser, 2003). Glasgow coma scale diciptakan oleh Jennet dan Teasdale pada tahun 1974. Sejak saat itu GCS merupakan tolak ukur klinis yang digunakan untuk menilai beratnya cedera kepala (Sastrodiningrat, 2007).

Terapi untuk memulihkan fungsi neurologis salah satunya dengan pemberian neuroprotektan yang bertujuan meningkatkan kemampuan kognitif dengan meningkatkan

kewaspadaan dan mood, meningkatkan fungsi memori, menghilangkan kelesuan dan pening. Contoh neuroprotektan yang sering digunakan antara lain sitikolin dan pirasetam (Ikawati, 2011).

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengetahui efektivitas kedua obat tersebut terhadap pasien stroke. Berdasarkan *Randomized Control Trial* pada pasien stroke diketahui bahwa pemberian pirasetam tidak memberikan efek perbaikan neurologis pada pasien stroke (Alawneh *et al.*, 2008). Selain itu, dari hasil *Systematic Reviews* yang telah dilakukan menyatakan bahwa, penggunaan pirasetam tidak menunjukkan perbaikan dalam pengobatan demensia atau gangguan kognitif meskipun diperoleh kesan adanya perubahan global tetapi tidak ada perubahan yang menguntungkan secara spesifik (Evans dan Flicker, 2001). Sebaliknya, Berdasarkan 13 penelitian uji klinik menyatakan bahwa penggunaan sitikolin dapat meningkatkan fungsi neurologis dan dapat mempercepat penyembuhan pasien stroke dan gangguan CNS (Adibhatla dan Hatcher, 2005).

Berdasarkan data yang diperoleh dari Rumah Sakit Islam Gorontalo, pirasetam dan sitikolin merupakan neuroprotektor yang sering digunakan pada pasien stroke. Dari 32 kasus stroke yang terjadi pada bulan Mei-Desember 2013 terdapat 3 kasus stroke (9.40%) diobati dengan terapi tunggal pirasetam, 2 kasus (6.25%) menggunakan terapi tunggal sitikolin, dan 27 kasus (84.35%) menggunakan terapi kombinasi pirasetam dan sitikolin. Sehingga menjadi suatu hal yang sangat penting untuk melakukan penelitian untuk mengetahui apakah pirasetam dan sitikolin memberikan terapi neuroprotektor yang efektif pada pasien stroke hubungannya dengan kemampuan motorik pasien.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat observasional untuk mengetahui efek terapi dari pirasetam dan sitikolin pada kemampuan motorik pasien stroke. Desain penelitian adalah cross sectional dengan dengan parameter GCS (*Glasgow Coma Scale*). Lokasi penelitian di Rumah Sakit Islam Kota Gorontalo, pada

bulan juni tahun 2014. Sumber data diperoleh dari *medical record* pasien dengan jumlah sampel adalah 32 pasien stroke yang menggunakan terapi pirasetam, sitikolin dan atau kombinasi antara pirasetam dan sitikolin selama bulan Mei-Desember 2013 di Rumah Sakit Islam Gorontalo. Instrument pada penelitian ini adalah lembar data klinik pasien dan *Glasgow Coma Scale checklist*. Kriteria penilaian GCS adalah sebagai berikut (Mardjono dan Sidharta, 1997):

1. Eye :

- a) Saat dokter mendatangi pasien, spasi spontan membuka mata dan memandang dokter : skor 4.
- b) Pasien membuka mata saat namanya dipanggil atau diperintahkan untuk membuka mata oleh dokter : skor 3.
- c) Pasien membuka mata saat dirangsang nyeri (cubitan) : skor 2.
- d) Pasien tidak membuka mata dengan pemberian rangsang apapun: skor

2. Verbal

- a) Pasien berbicara secara normal dan dapat menjawab pertanyaan dokter dengan benar (pasien menyadari bahwa ia ada di rumah sakit, menyebutkan namanya, alamatnya) : skor 5.
- b) Pasien dapat berbicara normal tapi tampak bingung, pasien tidak tahu secara pasti apa yang telah terjadi pada dirinya, dan memberikan jawaban yang salah saat ditanya oleh dokter : skor 4.
- c) Pasien mengucapkan kata “jangan/stop” saat diberi rangsang

nyeri, tapi tidak bisa menyelesaikan seluruh kalimat, dan tidak bisa menjawab seluruh pertanyaan dari dokter : skor 3.

- d) Pasien tidak bisa menjawab pertanyaan sama sekali, dan hanya mengeluarkan suara yang tidak membentuk kata (bergumam) : skor 2.
- e) Pasien tidak mengeluarkan suara walau diberi rangsang nyeri (cubitan) : skor 1.

3. Motorik :

- a) Pasien dapat mengikuti perintah dokter, misalkan “tunjukkan padasaya 2 jari!” : skor 6.
- b) Pasien tidak dapat menuruti perintah, tapi saat diberi rangsang nyeri(penekanan ujung jari/penekanan stenum dengan jari-jari tanganterkepal) pasien dapat melokalisir nyeri : skor 5.
- c) Pasien berusaha menolak rangsang nyeri : skor 4.
- d) Saat diberi rangsang nyeri, kedua tangan pasien menggenggam dandikedua sisi tubuh di bagian atas sternum (posisi dekortikasi) : skor 3.
- e) Saat diberi rangsang nyeri, pasien meletakkan kedua tangannya secara lurus dan kaku di kedua sisi tubuh (posisi deserebrasi) : skor 2.
- f) Pasien tidak bergerak walaupun diberi rangsang nyeri : skor 1.

Total skor GCS diklasifikasikan seperti pada Tabel 1:

Tabel 1. Klasifikasi GCS

Skor	Klasifikasi	Karakteristik
14 – 15	Compos Mentis	Kesadaran normal, dapat berinteraksi dengan lingkungan
12 – 13	Apatis	Kesadaran normal, interaksi dengan lingkungan kurang
11 – 12	Somnolent	Kesadaran menurun namun dapat pulih jika dirangsang, respon dengan lingkungan melambat, dan mudah tertidur
8 – 10	Strupor	Tertidur lelap, ada respon terhadap nyeri
3 – 8	Koma	Tidak sadar

3. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Karakteristik sampel pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 2. Pada table ini terlihat bahwa jumlah pasien stroke terbanyak di Rumah Sakit Islam Gorontalo berusia 61-70 tahun (56%), dengan jumlah pasien laki-laki sebanding dengan julah pasien perempuan yakni 53.1% dan 46.9%. Tipe stroke terbanyak adalah stroke iskemik (88%). Tipe stroke

iskemik atau disebut juga tipe oklusif atau penyumbatan, adalah stroke yang disebabkan adanya penyumbatan pembuluh darah. Stroke iskemik dapat terjadi akibat penurunan atau berhentinya sirkulasi darah sehingga neuro-neuron tidak mendapatkan subsrat yang dibutuhkan. Efek iskemia yang cukup cepat terjadi Karena otak kekurangan pasokan glukosa (subsrat energy yang utama) dan memiliki kemampuan melakukan metabolisme anaerob (Sid, 2010)

Tabel 2. Karakteristik Sampel Penelitian

Karakteristik	Jumlah	Persentase (%)
Usia (Tahun) :		
1. 40 – 50	7	22
2. 51 – 60	7	22
3. 61 – 70	18	56
Jenis Kelamin :		
1. Laki-laki	17	53.1
2. Perempuan	15	46.9
Tipe Stroke:		
1. Iskemik	28	88
2. Hemorragik	4	12

Usia merupakan salah satu faktor resiko stroke yang tidak dapat diubah lagi, angka kejadian stroke meningkat seiring dengan bertambahnya usia, setelah berusia 55 tahun risikonya berlipat ganda setiap kurun waktu sepuluh tahun. Dua pertiga dari semua serangan stroke terjadi pada orang yang berusia diatas 60 tahun (Ikawati, 2011). Hal ini sesuai dengan hasil penelitian ini dimana pasien terbanyak berusia pada range 61-70 tahun.

Ardelt (2009) dalam bukunya berjudul *Handbook of Cerebrovascular Disease & Neurointerventional Technique* menyebutkan bahwa usia merupakan faktor risiko stroke iskemik yang paling kuat. Dengan meningkatnya usia, maka meningkat pula insiden iskemik serebral tanpa memandang etnis dan jenis kelamin. Setelah usia 55 tahun, insidensi akan meningkat dua kali tiap decade. Pada penelitian ini, karena terbanyak pasien berusia 61 – 70 tahun hal ini menjadi factor resiko terbesar menyebabkan terjadinya stroke iskemik pada pasien yang menjadi sampel pada penelitian ini yaitu sebanyak

88%. Jerry (2010) menyebutkan bahwa stroke iskemik dapat timbul akibat perubahan gaya hidup terutama di kota besar yang menyebabkan peningkatan prevalensi penyakit.

Angka kejadian stroke pada penelitian ini sedikit didominasi oleh pasien dengan jenis kelamin laki-laki (53.1%). Hal ini sejalan dengan penelitian Handayani (2013) yang memperlihatkan bahwa angka kejadian stroke pada laki-laki lebih tinggi dibandingkan perempuan dengan persentase masing-masingnya 68,9% laki-laki dan 31.1%. Pada laki-laki terdapat hormon testosterone yang dapat meningkatkan kadar LDL (*Low Density Lipoprotein*), kadar LDL yang tinggi dapat meningkatkan kadar kolesterol dalam darah yang merupakan faktor resiko terjadinya penyakit degeneratif seperti stroke. Epidemiologi stroke iskemik sering terjadi pada laki-laki daripada wanita tanpa memandang etnik dan asal. Wanita biasanya mendapat serangan yang lebih rendah pada masa dewasa daripada laki-laki. Pola serangan ini berhubungan dengan

perlindungan oleh hormone seksual wanita (Jerry, 2010).

Distribusi terapi neurotropik untuk pasien strok pada penelitian ini terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Distribusi Terapi Neurotropik

Neuroprotektif	Jumlah	Persentase (%)
Pirasetam	3	9.40
Sitikolin	2	6.25
Kombinasi Pirasetam-Sitikolin	27	84.35

Dari tabel 3 diketahui bahwa penggunaan terapi neurotropik kombinasi pirasetam dan sitikolin menempati peringkat terbesar yaitu sebanyak 27 kasus (84,35%), untuk penggunaan pirasetam tunggal sebanyak 3 (9,40%) dan untuk penggunaan sitikolin tunggal hanya 2 kasus dengan presentase 6,25%. Wahyudi (2013) dalam penelitiannya menemukan bahwa terdapat 62 pasien stroke yang menggunakan terapi pirasetam dan sitikolin di beberapa rumah sakit yang ada di Makassar. Dalam penelitian

yang dilakukan oleh Alhusni (2013) di RSUD Undata Palu obat neuroprotektan Pirasetam dan Sitikolin digunakan oleh 50% pasien stroke iskemik baik dalam bentuk tunggal maupun kombinasi keduanya dengan presentase terbanyak adalah kombinasi keduanya.

Total skor GCS awal dan total skor GCS akhir pasien stroke pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Total Skor *Glasgow Coma Scale*

Klasifikasi	Skor <i>Glasgow Coma Scale</i>			
	Awal		Akhir	
	Jumlah	Persentase (%)	Jumlah	Persentase (%)
Compos Mentis	1	3.12	2	6.25
Apatis	2	6.25	8	25
Sammolent	14	43.75	10	31.25
Strupor	11	34.37	10	31.25
Koma	4	12.5	2	6.25

Menurut Mackreth *et al.* (2005) kelompok pasien Compos Mentis dengan total skor 14-15 dapat dikategorikan sebagai stroke ringan, kelompok pasien Apatis dan Sommolent dikategorikan sebagai stroke sedang dan kelompok Struppor dan Koma dikategorikan sebagai stroke berat. Dari table 4 diketahui bahwa criteria GCS pasien setelah diberikan terapi neurotropik (GCS akhir) menunjukkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan kirteria GCS pasien

sebelum diberikan terapi neurotropik (GCS awal). Jumlah pasien pada klasifikasi compos mentis dan apatis semakin bertambah sementara jumlah pasien yang koma semakin berkurang dari 4 (empat) pasien menjadi 2 (dua) pasien setelah diterapi neurotropik.

Hasil pengujian *Odds Ratio* terhadap skor GCS pasien di sajikan pada Table 5.

Table 5. Hasil Pengujian *Odds Ratio*

Terapi	Perubahan GCS		P
	Ada	Tidak ada	
Pirasetam/sitikolin tunggal	1	4	0.200
Kombinasi pirasetam-sitikolin	15	12	

Odds Ratio (OR) = $1/15 : 4/12 = 2,03$

Dari tabel 5 terlihat bahwa nilai *Odds Ratio* yang diperoleh adalah 2,03. Hal ini bermakna bahwa pasien yang menerima terapi kombinasi 2,03 kali lebih besar mengalami perubahan pada skor GCS dibandingkan pasien yang hanya menerima terapi tunggal pirasetam dan sitikolin. Hal ini sesuai dengan penelitian dari Wahyudin (2013) yang meneliti tentang penggunaan pirasetam dan sitikolin serta kombinasinya yang menyebutkan bahwa terapi dengan kombinasi memberikan efek yang signifikan dalam perbaikan fungsi motorik pasien stroke. Hal ini menyimpulkan bahwa bahwa penggunaan kombinasi pirasetam dan sitikolin sebagai neuroprotektif lebih memberikan pengaruh positif pada perbaikan kemampuan motorik penderita stroke daripada hanya menggunakan satu jenis neuroprotektif pirasetam atau hanya sitikolin.

Pada pasien stroke pirasetam dapat meningkatkan kognisi setelah stroke dan mengurangi gejala afasia serta meningkatkan kognisi pada kasus stroke iskemik kronis (Azzam *et al.*, 2008). Sitikolin melindungi syaraf kolinergik dari otakanibalisme, suatu proses dimana fosfolipid membrane di katabolisme untuk mempertahankan neurotransmitter dimana dapat mempertahankan fosfolipid membran (terutama membrane Phosphatidyl-choline) untuk mencegah kematian sel saraf, sitikolin juga mempunyai kemampuan mengembalikan kadar phingomyelin pasca iskemia (Adibhatla dan Hatcher, 2005). Terapi kombinasi dari pirasetam dan sitikolin lebih baik digunakan pada pasien stroke karena dari kedua obat tersebut dapat saling berkaitan untuk meningkatkan kognitif paska stroke dan juga mencegah kematiannya sel saraf. Jika kedua obat digunakan secara bersamaan pada pasien stroke yang mengalami kerusakan neurologis, maka kombianasi dari kedua obat tersebut dapat meningkatkan fungsi kerja otak dalam hal memahami, mengingat dan berpikir

dan juga membantu menjaga rusaknya sel saraf pada otak (Ikawati, 2011).

3. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa, berdasarkan skor *Glasgow Coma Scale* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kriteria GCS pasien setelah diberikan terapi neurotropik menunjukkan hasil yang lebih baik bila dibandingkan dengan kirteria GCS pasien sebelum diberikan terapi neurotropik.
2. Pasien yang menerima terapi kombinasi 2,03 kali lebih besar mengalami perubahan pada kemampuan motorik dibandingkan pasien yang hanya menerima terapi tunggal pirasetam dan sitikolin

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang penggunaan obat neuroprotektif lain pada pasien stroke namun dengan menggunakan parameter yang berbeda
2. Perlu dilakukan penelitian dengan pada jumlah populasi yang lebih banyak untuk lebih mengetahui seberapa besar pengaruh yang diberikan oleh terapi neuroprotektif.

4 DAFTAR PUSTAKA

- Adibhatla, R. M., Hatcher, J. F. 2005. Cytidine 5-Diphosphocholine (CDP choline) in Stroke and other CNS disorder. *Journal Neurochemistry Res.*
- Alawneh, J., Clathwrthy, P., Morris R., Warburton E., 2008, *Clinical Evidence: Stroke Management. Neuroprotective Agents. British Medical Journal.*
- Alhusni elvia. 2013. *Perbandingan Efektivitas Pirasetam dan Sitikolin Pada Pasien Stroke Iskemik di*

- Bangsai Rawat Inap RSUD Undata Palu. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Ardelt, A.A., 2009. Acute Ischemic Stroke. In: Harrigan, M.R., & Deveikis, J.P., ed. Handbook of Cerebrovascular Disease & Neurointerventional Technique. New York: Humana Press, 571-605.
- Azzam M, Bhatti N, Shahab N. 2008. Piracetam in severe breath holding spells. *Int J Psychiatry* 28 (2):195-201.
- Burns, J., Jr., and Hauser, W.A., 2003. The Epidemiology Of Traumatic Brain Injury: A Review. *Epilepsia, Suppl 10* : 2-10
- Evans, G. J., Flicker, L. 2001. Piracetam for dementia or cognitive impairment (Review), *The Cochrane Database of Systematic Reviews Issue 2*. John Wiley & Sons. London.
- Handayani F. 2013. Angka Kejadian Serangan Stroke Pada Wanita Lebih Rendah Daripada Laki-Laki. Universitas Diponegoro. Semarang
- Ikawati, Z. 2011. Farmakoterapi Penyakit Sistem Syaraf Pusat. Bursa Ilmu. Yogyakarta
- Jerry M. 2010. Drug Related Problems Pada Pasien Rawat Inap Stroke Iskemik Di Ruang Perawatan Neurologi RSSN Bukittinggi. 1 : 9
- Mackreth B., Anastasia O. T., dan Monica Ester. Matanuska-Susitna Borough Dept of Public Safety. Glasgow coma scale training exercise. www.chems.alaska.gov/EMS/documents/GCS_Activity_2003. EGC. Jakarta. Diakses pada 25 april 2005
- Mardjono M., Sidharta P. 1997. Neurologi Klinis Dasar. 6th ed. Dian Rakyat. Jakarta
- Nufus, H. 2012. Peran Citicolin untuk Tatalaksana Stroke Iskemik Akut, *Majalah Fokus*, 38(1) : 1. www.webicina.com/personalized/recent/?source-2973&cat=0&page=1. Diakses pada 12 September 2012.
- Sastrodiningrat AG. 2007. Pemahaman Indikator-Indikator Dini Dalam Menentukan Prognosa Cedera Kepala Berat. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sid Shah. Stroke Pathophysiology, Foundation For Education And Research In Neurological Emergencies. <http://www.uic.edu/com/fere/pdf/pathophysol.pdf>. Diakses Pada 19 Oktober 2010.
- Wahyudin M. 2013. Perbandingan Efek Terapi Piracetam dan Sitikolin Terhadap Perbaikan Fungsi Kognitif Pasien Stroke Iskemik. Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.

KADAR KALIUM RENDAH SEBAGAI PREDIKTOR TERJADINYA STROKE

dr. Muhammad Isman Jusuf, Sp.S

Fakultas Ilmu-ilmu Kesehatan dan Keolahragaan
Universitas Negeri Gorontalo
Email: isjuf@yahoo.com

Abstrak

Stroke merupakan penyebab kematian yang utama. Stroke juga merupakan penyebab kecacatan yang utama. Berdasarkan data riset kesehatan dasar, prevalensi stroke di provinsi Gorontalo menempati urutan ketiga tertinggi nasional. Faktor risiko stroke terdiri atas faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi (umur, jenis kelamin, ras) dan faktor risiko yang dapat dimodifikasi (hipertensi, diabetes melitus, dislipidemia, obesitas, merokok). Sejumlah penelitian yang direview menunjukkan kadar kalium dalam darah yang rendah merupakan salah satu faktor risiko yang dapat memprediksi terjadinya stroke pada seseorang. Penelitian Ascherio *et al* (1998) didapatkan diet tinggi kalium menurunkan risiko stroke pasien laki-laki dengan hipertensi. Penelitian Fang *et al* (2000) menyimpulkan peningkatan asupan kalium berhubungan dengan penurunan tingkat kematian pasien laki-laki kulit hitam dengan hipertensi. Penelitian Bazarro *et al* (2001) menunjukkan masukan kalium yang rendah berhubungan dengan meningkatnya risiko stroke. Penelitian Brignall (2001) menunjukkan bahwa orang dengan diet rendah kalium, kejadian stroke mencapai 28%. Penelitian Green *et al* (2002) didapatkan risiko stroke meningkat pada kadar kalium yang rendah (<4.1 mEq/L) (RR 2,5; $p<0,001$). Penelitian pola makan terhadap 859 orang pria dan wanita berusia di atas 50 tahun di Kalifornia Utara, AS. Penelitian ini ingin melihat perbedaan konsentrasi kalium pada pola makan responden dan memprediksi resiko meninggal akibat stroke 12 tahun kemudian. Didapatkan bahwa responden yang asupan kaliumnya paling tinggi yaitu lebih dari 3.500 mg setiap hari, tidak ada yang meninggal akibat stroke. Sebaliknya, mereka yang mengkonsumsi kalium paling rendah yaitu kurang dari 1.950 mg setiap hari mempunyai risiko stroke 2,6 kali pada pria dan 4,8 kali pada wanita. Para peneliti menyimpulkan bahwa dengan mengkonsumsi satu porsi makanan kaya kalium minimal 400 mg setiap hari maka risiko terkena stroke bisa diturunkan sampai 40%. Kalium adalah kation terpenting dalam cairan intrasel yang berguna memelihara perbedaan potensial listrik antara ruang ekstra seluler dan intra seluler. Kalium dapat menurunkan tekanan darah, menurunkan perleketaan trombosit dan dapat meningkatkan fungsi integritas pembuluh darah. Kadar kalium dalam darah dikatakan turun apabila kadarnya kurang dari 3,5 mEq/L. Penyebab penurunan kadar kalium dalam darah diantaranya diet rendah kalium, malnutrisi, gangguan gastrointestinal atau konsumsi zat diuretika. Penurunan kadar kalium dalam darah dapat mempengaruhi peningkatan tekanan darah, agregasi trombosit, proliferasi otot halus dan radikal bebas yang dapat menyebabkan terjadinya stroke.

Keywords: Kadar Kalium rendah, Faktor risiko, Stroke

1. PENDAHULUAN

Stroke merupakan penyebab kematian yang utama. Stroke juga merupakan penyebab kecacatan yang utama. Berdasarkan data riset kesehatan dasar, prevalensi stroke di provinsi Gorontalo menempati urutan ketiga tertinggi nasional. Faktor risiko stroke terdiri atas faktor risiko yang tidak dapat dimodifikasi (umur, jenis kelamin, ras) dan faktor risiko yang dapat dimodifikasi (hipertensi, diabetes melitus, dislipidemia, obesitas, merokok). Selain faktor risiko tersebut, juga faktor risiko lain yang dikenal sebagai faktor risiko generasi baru yang dapat memprediksi terjadinya stroke, salah satunya adalah kadar kalium yang rendah atau hipokalemia (Short, 2002). Penulisan tinjauan pustaka ini bertujuan untuk melakukan pelacakan kepustakaan tentang kadar kalium rendah sebagai faktor risiko kejadian stroke, melakukan analisis terhadap kepustakaan tersebut dan melakukan komparasi hasil penelitian dari kepustakaan tersebut.

2. KAJIAN LITERATUR

Stroke merupakan salah satu penyakit tidak menular (PTM) yang dapat mengakibatkan kematian dan penyebab utama kecacatan. Stroke adalah kehilangan fungsi otak yang diakibatkan oleh berhentinya suplai darah ke bagian otak, dimana secara mendadak (dalam beberapa detik) atau secara cepat (dalam beberapa jam) timbul gejala dan tanda yang sesuai dengan daerah fokal yang terganggu (WHO MONICA, 1997). Faktor risiko stroke adalah suatu karakteristik yang ada pada seseorang (demografi, psikologik, anatomik, fisiologik, patologik) yang dapat menaikkan risiko stroke pada orang tersebut. Disimpulkan faktor risiko stroke terdiri dari: (1) Faktor risiko tunggal dan (2) Faktor risiko múltipleks. Faktor risiko tunggal dibagi lagi menjadi dua kelompok yaitu: (a) faktor risiko yang telah terbukti dengan pasti dan (b) yang kurang terbukti dengan pasti. Kemudian masing-masing kelompok (a) dan (b) tersebut dibagi lagi menjadi faktor risiko yang dapat

diobati dan yang tidak dapat diobati (Musfiroh dan Lamsudin, 1998).

Kalium adalah kation terpenting dalam cairan intrasel yang berguna memelihara perbedaan potensial listrik antara ruang ekstra seluler dan intra seluler. Di dalam sel, Kalium berfungsi mempengaruhi keseimbangan asam basa, tekanan osmotik, dan retensi air. Konsentrasi kalium intrasel yang tinggi diperlukan dalam metabolisme dan biosintesis protein oleh ribosom. Kalium dapat menurunkan tekanan darah, menurunkan perlekatan trombosit dan dapat meningkatkan fungsi integritas pembuluh darah. Kalium dapat mempengaruhi tekanan darah melalui berbagai faktor dalam tubuh manusia diantaranya sensitivitas baroreseptor, vasodilatasi, fungsi katekolaminergik, sistem saraf pusat, toleransi glukosa dan sistem renin-angiotensin-aldosteron. Kalium menghambat formasi radikal bebas pada tingkat endotelial, menghambat proliferasi sel otot polos dan agregasi trombosit. Olehnya kalium dapat menurunkan risiko stroke melalui mekanisme tekanan darah (Rubin, 2002).

Jumlah kalium tubuh kurang lebih 360 mEq dengan 65-70 mEq berada di ekstra seluler, sebagian besar kalium berada di intraseluler (98%). Kurang lebih 100 mEq kalium dikonsumsi dalam diet. Intake kalium dalam makanan 4 gram/hari. Kadar kalium yang tinggi ditemukan pada hati sapi, ayam, pisang, air jeruk, nenas, labu, brokoli, kentang dan rebung. Kadar kalium dalam darah dikatakan turun apabila kadarnya kurang dari 3,5 mEq/L. Dalam keadaan normal, 90% Kalium diekresi lewat ginjal (80-90 mEq/hari) dan 10% diekskresi lewat tinja (8-15 mEq/hari). Penyebab penurunan kadar kalium dalam darah diantaranya diet rendah kalium, malnutrisi, gangguan gastrointestinal atau konsumsi zat diuretika.

3. METODE

Untuk pelacakan jurnal melalui medline mulai tahun 1994 sampai 2014, dengan kata kunci: *hipokalemia, stroke, risk factor*. Pelacakan makalah diperoleh dari

sarana internet. Kriteria terpakai pada penulisan ini adalah (1) semua jurnal tentang hipokalemia sebagai faktor risiko stroke, (2) tahun publikasi 1994 sampai 2014, (3) naskah asli berbahasa Inggris. Setelah

dilakukan pelacakan didapatkan 5 jurnal tentang hipokalemia sebagai faktor risiko stroke, dalam kurun waktu 1994-2014, yang dipublikasikan oleh penerbitan jurnal ilmiah. Kelima jurnal tersebut adalah:

Nama Peneliti & tahun	Tempat	Metode	Lama penelitian	Jumlah sampel
Green et al., 2002	Boston	Kohort	4-8th	5600
Brignall, 2001	Amerika	Kohor	19 th	9805
Bazzaro et al., 2001	US	Kohort	19 th	9805
Fang et a l.,2000	US	Kohort	5 th	9866
Ascherio at al.,1998	US	Kohort	14 th	43738

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejumlah penelitian yang direview menunjukkan kadar kalium dalam darah yang rendah merupakan salah satu faktor risiko yang dapat memprediksi terjadinya stroke pada seseorang. Penelitian Ascherio *et al* (1998) didapatkan diet tinggi kalium menurunkan risiko stroke pasien laki-laki dengan hipertensi. Penelitian Fang *et al* (2000) menyimpulkan peningkatan asupan kalium berhubungan dengan penurunan tingkat kematian pasien laki-laki kulit hitam dengan hipertensi. Penelitian Bazarro *et al* (2001) menunjukkan masukan kalium yang rendah berhubungan dengan meningkatnya risiko stroke. Penelitian Brignall (2001) menunjukkan bahwa orang dengan diet rendah kalium, kejadian stroke mencapai 28%. Penelitian Green *et al* (2002) didapatkan risiko stroke meningkat pada kadar kalium yang rendah (<4.1 mEq/L) (RR 2,5; p<0,001).

Penelitian pola makan terhadap 859 orang pria dan wanita berusia di atas 50 tahun di Kalifornia Utara, AS. Penelitian ini ingin melihat perbedaan konsentrasi kalium pada pola makan responden dan memprediksi resiko meninggal akibat stroke 12 tahun kemudian. Didapatkan bahwa responden yang asupan kaliumnya paling tinggi yaitu lebih dari 3.500 mg setiap hari, tidak ada yang meninggal akibat stroke. Sebaliknya, mereka yang mengkonsumsi kalium paling rendah yaitu kurang dari 1.950 mg setiap hari

mempunyai risiko stroke 2,6 kali pada pria dan 4,8 kali pada wanita. Para peneliti menyimpulkan bahwa dengan mengkonsumsi satu porsi makanan kaya kalium minimal 400 mg setiap hari maka risiko terkena stroke bisa diturunkan sampai 40%. Penelitian santoso dkk di Surabaya mendapatkan kadar kalium serum yang rendah berhubungan dengan peningkatan risiko kejadian stroke iskemik trombotik, namun asupan kalium tidak berhubungan dengan peningkatan risiko kejadian stroke dan kadar kalium serum.

Penurunan kadar kalium dalam darah dapat mempengaruhi peningkatan tekanan darah, agregasi trombosit, proliferasi otot halus dan radikal bebas yang dapat menyebabkan terjadinya stroke. Peningkatan masukan kalium 30-45 mmol dapat menurunkan tekanan darah sistolik 2-3 mmHg, dan menurunkan risiko stroke melalui efek yang tidak langsung pada tekanan darah. Mekanisme alternatif kalium terhadap penurunan kejadian stroke melalui inhibisi formasi radikal bebas, proliferasi sel otot vaskuler dan trombosis arteri (He dan Mac Gregor, 2001).

5. SIMPULAN

Kadar kalium serum yang rendah dapat memprediksi terjadinya stroke pada seseorang.

6. REFERENSI

- Ascherio. A, Rimm.E.B, Hernan,M.A, Giovannucci. E.L, Kawachi.I, Stampfer.M.J, Willet.W.C, 1998, Intake of potassium, magnesium, calcium, and fiber and risk of stroke among US men In: *Circulation* Vol.98: 1198-1204
- Bazzano.L.A, He.J, Ogden.L.G, Loria. C, Vupputuri.S, Myers. L, Whelton. P.K, 2001, Dietary potassium intake and risk of stroke in US men and women national health and nutrition examination survey I Epidemiologic follow up study.In: *Stroke*.Vol.32: 1473-1480
- Brignall. M, 2001, Does Dietary Potassium Prevent Stroke? *Twinlab Answer For Life*.1-2
- Fang.J, Madhavan. S, Alderman. M.H., 2000, Dietary potassium intake and stroke mortality, *Stroke* 31: 1532-1537
- Green.M.D, Ropper. A.H, Kronmal. R.A., Pasty.B.M., Burke. G.L. 2002, Serum Potassium Level and Dietary Potassium Intake as Risk Factors for Stroke In *Neurology* 59: 314-320
- He.J.F., Macgregor., 2001, Beneficial Effects of Potassium, *BMJ* Vol.323:497-500
- Musfiroh S dan Lamsudin R, 1998.Faktor risiko stroke, *Suplemen Berita Kedokteran Masyarakat* XIV (1):39-44
- Novianto. B.S dan Susilo H., Kadar kalium serum dan asupan kalium yang rendah sebagai faktor risiko stroke iskemik trombotik, *Laporan penelitian*, SMF saraf FK Unair/RSUD dr. Soetomo
- Rubin. H, 2002, Reducing risk In: *Stroke III*. March 24, 1-3. www.therubins.com
- Short. R, 2002, Low Dietary of Serum Potassium Risk for Stroke In *DG Review*, Doctor Guide Channels
- WHO, MONICA, 1997, *Stroke trends in the WHO MONICA Project*,

IDENTIFIKASI KANDUNGAN UNSUR DARI TONASI BUAH KAKAO DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI UNSUR HARA TERSEDIA

Suherman¹ dan Tasrik²

¹Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

²Laboratorium Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

ABSTRAK

Buah kakao merupakan komoditi ekspor non migas yang permintaannya sangat tinggi, karena itu pemerintah menetapkan kakao sebagai komoditi strategis yang perlu ditingkatkan produktivitasnya. Namun dilemma yang terjadi saat sekarang adalah buah kakao banyak diserang hama penggerek buah (Conopomorpha cramerella), sehingga buah kakao menjadi hitam (Tonasi). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kandungan unsur dari buah kakao yang hitam untuk kemudian dapat dijadikan sebagai unsur hara tersedia pada tanaman kakao sendiri dalam meningkatkan produktivitasnya. Metode yang digunakan adalah pengabuan, aktivasi, dan analisis kandungan unsur dari tonasi buah kakao. Sampel tonasi di ambil dari 3 (tiga) lokasi. Hasil yang diperoleh adalah kandungan unsur yang paling tinggi adalah nitrogen 221 mg/L dilokasi Dalaga Kabupaten Parigi Moutong, 182 mg/L dilokasi Rantekala Kabupaten Sigi, dan 86 mg/L dilokasi Banawa Kabupaten Donggala. Sedang unsur mangan dan zink untuk ketiga lokasi tidak terdeteksi. Kesimpulan yang diperoleh adalah tonasi buah kakao memiliki kandungan unsur yang dapat dijadikan sebagai unsur hara tersedia pada tanaman (kakao).

Kata Kunci: *Tonasi buah kakao, Unsur hara, dan Produktivitas*

1. PENDAHULUAN

Tanaman kakao adalah salah satu tanaman perkebunan yang memberikan sumbangan ekonomi yang tinggi bagi Propinsi Sulawesi Tengah khususnya dan Negara pada umumnya serta merupakan sumber pendapatan bagi petani, karena sebagian besar perkebunan kakao merupakan perkebunan rakyat. Buah kakao merupakan komoditi ekspor non migas yang permintaannya sangat tinggi, karena itu pemerintah menetapkan kakao sebagai komoditi strategis yang perlu ditingkatkan produktivitasnya dan dikembangkan pemanfaatannya sebagai sumber pendapatan Sulawesi tengah dan Negara.

Dilemma yang dialami oleh petani kakao adalah tingkat produktivitas tanaman kakao berkurang setelah berumur ± 10 tahun, jumlah dan ukuran buah mulai berkurang, tidak tahan terhadap serangan hama terutama hama penggerek buah (*Conopomorpha cramerella Snellen*). Banyak usaha yang telah dilakukan

oleh petani dan pemerintah untuk menanggulangi serangan hama tersebut. Tujuannya adalah meningkatkan produktivitas tanaman kakao. Usaha tersebut belum banyak memberikan hasil, sehingga banyak perkebunan kakao rakyat yang terlantar, akibatnya pendapatan petani berangsur-angsur menurun (Suherman, 2014). Dibeberapa daerah sentra produksi tanaman kakao mengalami penurunan sekitar 80% akibat serangan hama penggerek buah kakao (PBK) artinya dari setiap 1 kg hasil panen buah kakao hanya 200 gram yang dapat diambil hasilnya (Bennu Has., 2002).

Suatu penelitian yang perlu ditindak lanjuti untuk mendapatkan solusi dari masalah petani kakao adalah perbaikan teknik budidaya yang mencakup berbagai aspek antara lain pemupukan, pengendalian hama, pemangkasan dan sanitasi lingkungan kebun (pusat penelitian kopi dan kakao, 2003). Berdasarkan kebutuhan unsur hara makro dan mikro oleh setiap tanaman, yaitu unsur hara tersebut tersedia untuk diserap

oleh akar, diteruskan kebatang, daun dan bungah/buah. Ketersediaan unsur hara berkaitan erat dengan pertumbuhan dan produktivitas yang optimal. Karena itu, pengendalian hama dapat dilakukan dengan memberikan pupuk yang cukup, maksudnya terpenuhinya unsure hara yang dibutuhkan tanaman akan memperlancar proses metabolisme tanaman (Bennu Hase, 2002). Lebih lanjut dikatakan bahwa, lancarnya proses tersebut akan mempercepat masakny buah, sehingga akan mengurangi serangan PBK. Apabila unsur hara yang tersedia berkurang, maka komponen buah dari tanaman tidak cukup mendapatkan unsur hara untuk mempertahankan buah sehingga rawang terhadap serangan hama, buah menjadi kurus kecoklatan atau buah menjadi hitam (Tonasi).

Tonasi dari buah kakao mengandung mineral yang dapat diubah menjadi unsur hara (meskipun relatif rendah) yang dibutuhkan oleh tanaman kakao itu sendiri tetapi tidak mencukupi. Karena itu, diperlukan subsidi dari material lain untuk memperkaya tonasi dari buah kakao. Mineral tersebut dapat diubah menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman kakao untuk meningkatkan produksi buah. Selain itu, mineral/unsure hara tersedia yang dibutuhkan oleh tanaman kakao juga berfungsi melawang serangan hama. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman kakao adalah unsur hara makro dan mikro. Namun kenyataan dilapangan adalah petani kakao umumnya hanya memberikan pemupukan yang mengandung unsur hara makro. Hal ini terjadi karena mahalny harga pupuk (Menas Tjonger, 2002).

Keseimbangan pemberian unsur hara makro dan mikro besar pengaruhnya pada pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Hal ini berpengaruh pada perkembangan akar dan daun tumbuhan. Rasio perkembangan akar dan daun (pucuk) tumbuhan kakao adalah memiliki perbandingan pertumbuhan yang signifikan dan tidak ada yang mendominasi. Rasio perbandingan perkembangan akar dan pucuk tumbuhan kakao ditentukan oleh konsentrasi nitrogen di dalam tanah. Bila konsentrasi N rendah akan berpengaruh pada turunnya rasio daun dan akar. Hal ini erat kaitannya dengan jumlah N yang diserap oleh akar karena akan segera dipergunakan untuk pembentukan asam amino di

dalam akar bersama-sama dengan karbohidrat yang turun dari daun membentuk protein melalui proses pembelahan dan pembesaran sel yang pada akhirnya akan dipergunakan untuk proses pembentukan akar. Rasio daun (pucuk) dan akar sangat menentukan perkembangan selanjutnya terutama dalam hal produksi. Bila pertumbuhan akar lebih cepat dari daun (pucuk) maupun sebaliknya akan berpengaruh kurang baik pada pertumbuhan dan produksi tanaman kakao. Karena itu diperlukan adanya keseimbangan antara pertumbuhan akar dan daun (Menas Tjonger, 2002)

Urgensi penelitian adalah tanaman kakao termasuk komoditi strategi dan komoditi unggulan yang banyak memberikan sumbangan ekonomi di Propinsi Sulawesi Tengah termasuk Bangsa Indonesia. Tanaman kakao merupakan perkebunan rakyat, produksinya adalah 0,87 ton/ha/tahun, sedang luas lahan perkebunan kakao adalah 162.444 ha. Jadi produk buah kakao di wilayah ini pertahun \pm 147.574 ton. (BPS Sulteng, 2008). Produk tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan potensi produk kakao yaitu 2 – 2,5 ton /ha/tahun (Raharjo, 1999 dan Suhendi, 2004). Berdasarkan potensi tersebut maka seharusnya produk buah kakao adalah 324.888 - 406.110 ton / tahun. Dengan demikian potensi produk (buah) kakao yang belum tercapai/tahun diatas 50%. Bila dinilai dari segi ekonomi, berapa besar sumbangan ekonomi yang hilang dari produk unggulan tanaman kakao untuk Propinsi Sulawesi Tengah ini bahkan untuk Negara Indonesia.

Faktor utama yang menyebabkan potensi produk kakao yang belum tercapai di atas 50% adalah hilangnya kesuburan tanah sehingga unsur hara yang dibutuhkan untuk tanaman kakao sampai ke buah sangat sedikit. Akibatnya rentang/ tidak tahan dengan serangan hama. Karena itu buah kakao menjadi kerdil, bijinya keras dan sampai menghitam (Tonasai). Di tonasi ini bukan berarti kehabisan unsur hara/kandungan mineral tetapi unsur hara yang dikandungnya tidak mampu bersaing untuk mengembangkan buah dengan menantang serangan hama.

Tonasi buah kakao, bagian kilit dan biji memiliki nilai produktif yang masih mengandung unsur hara/mineral K, N, serat, lemak dan sejumlah asam organik. Kandungan ini potensial

untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau bahan baku pupuk kompos/pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah (Erlan, 2010). Selanjut dijelaskan bahwa siklus pembentukan mineral di dalam tanah adalah ketersediaan/disediakan unsur hara atau mineral di dalam tanah untuk keperluan tumbuh dan produktivitas suatu tanaman. Unsur hara diserap oleh akar diangkut ke batang, selanjutnya ke daun dan buah. Semua bagian tersebut lapuk di dalam tanah dengan menguraikan mineral dan senyawa organik. Hasil penguraian tersebut dapat berfungsi sebagai suplemen unsure hara kembali pada tanaman.

2. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, neraca analitis, tanur yang berkapasitas 1200°C, AAS. Sedang bahan yang digunakan adalah ZnCl₂.

Lingkup Kerja

Tonasi buah kakao diabukan, selanjutnya dimasukkan dalam oven yang berkapasitas lebih besar sama 120°C selama 1 x 24 jam. Selanjutnya abu tonasi yang diperoleh diaktifkan dengan ZnCl₂ secara merata. Pengaktifan lebih lanjut yaitu abu tonasi dimasukkan dalam tanur yang berkapasitas 1200°C. Abu tonasi yang aktif diidentifikasi kandungan unsure kimianya untuk menentukan komposisi unsure hara tersedia pada tonasi buah kakao.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan unsure kimia sebagai unsure hara dari tonasi buah kakao berasal dari tiga wilayah yaitu di Banawa Selatan Kabupaten Donggala, di rantekala kabupaten Sigi Biromaru, dan di Dolago Kabupaten Parigi Moutong. Identifikasi kandungan unsure Tonasi buah kakao dari tigh wilayah tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel: Kandungan kimia dari tonasi buah kakao sebagai sumber unsur hara

No	Parameter	Satuan	Lokasi		
			Banawa (Donggala)	Rantekala (Sigi Biromaru)	Dolago (Parigi)
1	Phospor	mg/L	2,15	6,8	8,35
2	Kalium	mg/L	3,8	4,9	6,2
3	Nitrogen	mg/L	86	182	221
4	Besi	mg/L	0,1	0,47	0,17
5	Mangan	mg/L	T. Terdeteksi	0,25	T. Terdeteksi
6	Zink	mg/L	T. Terdeteksi	T. Terdeteksi	T. Terdeteksi
7	Tembaga	mg/L	1,32	1,46	1,59

Sumber: Hasil Analisis peneliti, Juli – Agustus 2014

Informasi yang dapat diperoleh dari table kandungan kimia tonasi buah kakao adalah, Tonasi buah kakao mengandung unsure hara makro dan mikro, namun unsure hara tersebut perlu diberikan unsure hara tambahan untuk dimanfaatkan sebagai pupuk pada buah kakao itu sendiri. Phospor, kalium, nitrogen sebagai unsure hara makro, sedang besi, mangan, Zink, dan Tembaga sebagai unsure hara mikro. Berdasarkan hal tersebut, maka secara teori kemungkinan, tonasi buah kakao dapat dijadikan pupuk untuk mensuplay unsure hara tersedia yang dibutuhkan oleh tanaman kakao.

Phospor, diserapoleh tanaman dalam bentuk H₂PO₄⁻, HPO₄²⁻, dan PO₄²⁻ atau tergantung dari nilai pH tanah. Phospor sebagai pupuk majemuk dalam bentuk NP dan KP terdapat dalam unsure hara makro dan mikro. Keunggulan dari pupuk KP adalah meminimalkan gugur bungah dan buah, meningkatkan kemampuan pengisian buah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit jamur dan bakteri. Pupuk KP sebagai P₂O₅ terdapat sebesar 50,67%, atau untuk mendapatkan produksi cokelat yang maksimal yaitu 1.010 kg biji

dibutuhkan 121 kg/ha P_2O_5 (Menas, 2002, dan Novizan 2002).

Kandungan phosphor dari tonasi buah coklat dari tiga wilayah yaitu Banawa (Donggala) sebesar 2,5 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 6,8 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 8,35 mg/L. Ini berarti tonasi buah kakao memiliki potensi sebagai sumber unsure hara makro dan mikro dari phosphor. Karena itu, dapat dijadikan sebagai pupuk, namun masih diperlukan unsure hara tambahan yang mengandung phosphor. Perlu diperhatikan adalah hindari terjadinya fiksasi unsure dalam tanah, yaitu untuk tanaman kakao pada tanah asam yang mengandung Fe (besi) dan Al (Aluminium) akan membentuk senyawa kompleks FeAl Phospat yang mengendap sehingga P tidak dapat diserap oleh akar tanaman.

Kalium, Bersama dengan phosphor, dapat membentuk unsure hara majemuk (KP) yaitu unsure hara makro dan mikro. Kalium diserap oleh akar dalam bentuk ion K^+ tidak ditemukan dalam bentuk senyawa organik, di dalam tanah ion tersebut bersifat sangat dinamis sehingga mudah dipindahkan dari suatu organ ke organ lain yang membutuhkan. Kalium pada tumbuhan mempermudah proses metabolisme seperti fotosintesis dan respirasi. Salah satu peran kalium pada tumbuhan adalah perpindahan gula pada pembentukan pati dan protein, membantu proses membuka dan menutup stomata. Banyaknya K_2O yang diperlukan untuk mendapatkan 1.010 kg biji/ha adalah 821 kg. (Novizan, 2002)

Besarnya unsure Kalium (K) yang terdapat dalam tonasi buah kakao adalah Banawa (Donggala) sebesar 3,8 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 4,9 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 6,2 mg/L. Kandungan unsure kalium tersebut dari tonasi buah kakao, memiliki potensi untuk di jadikan sebagai pupuk untuk mensuplai unsure hara pada tanaman kakao. Namun kandungan tersebut masih rendah sehingga perlu ditambahkan unsure hara K yang cukup.

Nitrogen, pada tanaman berfungsi untuk pembentukan daun dan akar. Perbandingan daun dan akar ditentukan oleh konsentrasi nitrogen dalam tanah. Bila konsentrasi nitrogen yang diserap oleh tanaman, maka perbandingan daun

dan akar menjadi turung. Nitrogen yang diserap oleh akar akan segera dipergunakan untuk pembentukan asam amino bersama-sama dengan karbohidrat yang turun dari daun membentuk protein melalui proses pembelahan dan pembesaran sel yang pada akhirnya akan dipergunakan untuk pembentukan akar (Menas, 2002)

Kadar nitrogen yang optimal dibutuhkan oleh tanaman kakao adalah 466 kg/ha untuk menghasilkan coklat 1.010 kg biji. Tonasi buah kakao mengandung kadar nitrogen sebesar (banawa-Donggala) 86 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 182 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 221 mg/L. Kandungan unsure hara N dalam tonasi buah kakao tersebut, memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk. Namun yang perlu diperhatikan adalah kandungan N nya yang rendah sehingga perlu ditambahkan material lain yang kaya nitrogen.

Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan ion ammonium (NH_4^+). Sebagian besar nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat karena ion tersebut bermuatan negative sehingga selalu berada dalam larutan tanah dan mudah terserap oleh akar. Sebaliknya ion ammonium bermuatan positif sehingga terikat oleh koloid tanah, ion tersebut tidak mudah hilang oleh proses pencucian. Nitrogen dalam bentuk pupuk cepat larut di dalam air dan lebih mudah tercuci. Karena itu, nitrogen dalam tanah akan berubah menjadi ammonium akan terikat langsung oleh koloid tanah. Koloid ini merupakan unsure hara tersedia di dalam tanah untuk diserap oleh akar.

Besi, diserap oleh tanaman dari dalam tanaman dalam bentuk ion Fe^{2+} , ion tersebut dibutuhkan untuk pembentukan klorofil, ia berfungsi sebagai aktifator untuk fotosintesis dan respirasi. Selain itu, ion Fe sebagai ion pembentuk beberapa enzim tanaman. Fe di dalam tanah akan berkurang akibat meningkatnya kadar Ca, P, atau Mn. Tanaman kakao kurang membutuhkan Fe. Berdasarkan hasil analisis kadar unsure hara dari tonasi buah kakao adalah Banawa (Donggala) sebesar 0,1 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 47 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 0,17 mg/L. Kadar Fe di dalam tanah dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil. Karena itu, kandungan kadar besi (Fe) dari tonasi buah kakao

sangat potensial sebagai unsure hara pada tanaman.

Tembaga, Merupakan unsure hara mikro dan berfungsi sebagai aktifator enzim dalam proses penyimpanan cadangan makanan. Tembaga diserap dalam bentuk Cu^{2+} atau Cu^{3+} . Kebutuhan normal ion tembaga pada tanaman sekitar 5 – 20 ppm. Ion tembaga dalam tanaman berperan sebagai katalisator dalam proses pernapasan dan perombakan karbohidrat, sebagai salah satu elemen dalam proses pembentukan vitamin A, dan pembentukan klorofil. Cu dalam tanaman berfungsi untuk meningkatkan produksi panen. Sebaliknya Cu dalam tanah terdapat dalam jumlah yang besar, maka akan berdampak meracuni tanaman. Dengan demikian, walaupun ketersediaan Cu dalam tanah terdapat dalam jumlah yang rendah, namun tidak dianjurkan untuk melakukan pemupukan dengan menggunakan pupuk yang mengandung ion Cu (Novisan, 2002).

Kadar Cu yang terdapat dalam tonasi buah kakao adalah 1,32 ppm (untuk Banawa), 1,46 ppm (untuk Rantekala), dan 1,59 ppm (untuk Dolago). Kadar tersebut cukup untuk mensuplai tanaman kakao sehingga tidak direkomendasikan untuk memberikan/ menambahkan ion Cu pada abu tonasi. Kadar ion Cu dalam abu tonasi sudah mencukupi untuk diserap oleh akar tanaman kakao, terutama untuk meningkatkan produksi buah dengan meningkatkan daya tahannya terhadap serangan hama (Novisan, 2002).

4. KESIMPULAN

Tonasi buah kakao mengandung unsure hara makro dan mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan produktifitas buah tanaman kakao itu sendiri. Karena itu, ia berpotensi sebagai bahan baku untuk pupuk daun dan buah. Namun untuk memaksimalkan kadar unsure haranya perlu diberikan unsure hara tambahan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini terlaksana dengan baik karena ketersediaan fasilitas dan bantuan dari: Bapak Rektor dalam hal ini ketua Lembaga Penelitian Universitas tadulako, Bapak/ibu dirjen pendidikan dan Kebudayaan RI yang memberikan sumbangan dana penelitian pada skim MP₃EI sehingga kami mengucapkan banyak terima kasih

5. DAFTAR PUSTAKA

- Benu Hase, 2002. Hama Penggerek Buah Kakao (PBK) dan Metode Pengendaliannya, *Abdi Tani- Wahana Informasi Pertanian, Vol. 3 no. 3/ edisi XII*
- BPS Sulawesi Tengah, 2008. Tanaman Kakao dan Produksinya, Palu
- Erlan, 2010. Komposisi Unsur Hara pada Daun dan Buah Kakao, *Bionatura, Vol.8 no.3*
- Marhaeni, 2007. Komposisi Buah Kakao dan Manfaatnya, Sinar Dunia, Jakarta
- Menas Tjonger's., 2002. Pentingnya Menjaga Keseimbangan Unsur Hara Makro dan Mikro untuk tanaman, *Abdi Tani- Wahana Informasi Pertanian, Vol. 3 no. 3/ edisi XII*
- Novizan, 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif, Agro Media Pustaka, Jakarta
- Pusat Penelitian Kopi dan kakao, 2008. Tanaman Kakao dan Permasalahannya. Dinas Pertanian dan Perkebunan Sulawesi Tengah, Palu
- Raharjo, 1999. Tanaman Kakao dan Potensinya, Sinar Mulya, Surabaya
- Suhendi, 2004. Tanaman Kakao di Indonesia, Carnesius, Jogyakarta
- Suherman, 2014. Kajian Kondisi Produktivitas Tanaman Kakao, Prosiding Seminar Nasional Kimia, Pascasarjana Kependidikan FKIP Universitas Mulawarman. Samarinda

IDENTIFIKASI SENYAWA AKTIF DAN UJI TOKSISITAS EKSTRAK DAUN BINAHONG (*ANREDERACORDIFOLIATEN. STEENIS*) DENGAN METODE *BRINE SHRIMP LETHALITY TEST* (BSLT)

Yuszda K. Salimi, Nurhayati Bialangi, RahmaTomayahu
Universitas Negeri Gorontalo

Abstract: Binahong leave is traditional herb to cure wound, hemorrhoids, renal damage, diabetes, and Uric acid/Urate. It was already conducted a research that aimed to identify active compound contained in binahong leaves and analysis of toxicity characteristic through *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) method in shrimp larvae of. It was preceded by extracting powder of binahong leaves (*A. cordifolia*) with methanol solvent. The technique used was maceration. Methanol extract was thickened and fractionated then phytochemical and toxicity test. The result of phytochemical test in binahong leaves showed that positive binahong contained flavonoid compound, steroid, terpenoid and saponin. Infrared analysis showed spectrophotometer OH functional group, C-H aromatic, C=C aromatic and C-OH of suspected flavonoid compounds. The result of toxicity test showed that methanol extract of binahong leaves was characterized by toxic for $LC_{50} \leq 1000$ ppm (447,96 ppm). Meanwhile, extract of n-hexane and ethyl acetate was not characterized by toxic for $LC_{50} \geq 1000$ ppm (3728,29 ppm and 12414,15 ppm). The increase of extract concentration was followed by the averaged increase of average mortality of shrimp larvae *Artemia Salina* Leach.

Keywords: *Anredera cordifolia*, fitokimia, BSLT, *Artemia salina* Leach.

1. PENDAHULUAN

Penggunaan obat tradisional secara umum dinilai lebih aman dari pada penggunaan obat modern. Hal ini disebabkan karena obat tradisional memiliki efek samping yang relatif lebih sedikit dari pada obat modern (Sari, 2006).

Tanaman yang biasa dimanfaatkan sebagai obat di antaranya adalah binahong (*Anredera cordifolia* Ten. Steenis). Tanaman ini sering digunakan oleh masyarakat sebagai obat-obatan tradisional. Tanaman tersebut sengaja dibudidayakan oleh warga di pekarangan rumah mereka agar mudah diambil saat dibutuhkan. Binahong digunakan untuk menyembuhkan luka. Cara tradisional yg dilakukan adalah mengambil beberapa pucuk daun lalu direbus dan air rebusannya diminum.

Daun binahong memiliki ciri-ciri seperti: berdaun tunggal, memiliki tangkai yang pendek (*subsessile*), tersusun berseling-seling, daun berwarna hijau, bentuk daun menyerupai jantung (*cordata*), panjang daun 5-10 cm sedangkan lebarnya 3-7 cm, helaian daun tipis lemas dengan ujung yang meruncing, memiliki

pangkal yang berlekuk (*emerginatus*), tepi rata, permukaan licin, dan bisa dimakan (Suseno, 2013).

Kandungan tanaman binahong belum banyak diketahui. Namun berdasarkan manfaat dan efek farmakologisnya jika dikonsumsi, binahong diduga memiliki kandungan antioksidan dan antivirus yang cukup tinggi. Ekstrak metanol daun binahong dapat menurunkan kadar glukosa darah (Sukandar, 2011., Makalalag, 2013). Salep ekstrak daun binahong memiliki efektivitas pada penyembuhan luka yang terinfeksi bakteri *Staphylococcus aureus* (Paju, 2013). Hasil uji fitokimia ekstrak daun binahong ditemukan senyawa polifenol, alkaloid dan flavonoid. Pada konsentrasi 25 % dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus*, pada konsentrasi 50% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Khunaifi, 2010), juga dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Shigella flexneri* (Ainurrochmah dkk, 2013).

Senyawa bioaktif umumnya hampir selalu toksik pada dosis tinggi. Toksisitas tanaman berkaitan erat dengan senyawa-senyawa metabolit sekunder yang ada di

dalamnya. Meyer (1982) mengemukakan bahwa salah satu metode awal yang sering dipakai untuk mengamati toksisitas senyawa dan merupakan metode penapisan untuk aktivitas anti kanker senyawa kimia dalam ekstrak tanaman adalah *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT), dengan menggunakan cara Meyer. Metode ini ditujukan terhadap tingkat mortalitas larva udang *Artemia salina* L. yang disebabkan oleh ekstrak uji. Hasil yang diperoleh dihitung sebagai nilai LC_{50} (*letal concentration*) ekstrak uji, yaitu jumlah dosis atau konsentrasi ekstrak uji yang dapat menyebabkan kematian larva udang sejumlah 50% setelah masa inkubasi 24 jam. Senyawa dengan $LC_{50} < 1000 \mu\text{g/ml}$ dapat dianggap sebagai suatu senyawa aktif (Lisdawati dkk, 2006).

Penelitian ini ditujukan untuk mengetahui kandungan senyawa aktif dalam daun binahong dan toksisitas senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak daun binahong dengan menggunakan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT).

2. METODE

Bahan

Tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagian daun dari tanaman binahong (*Androdera cordifolia*) yang diperoleh dari Desa Toima Kecamatan Bunta Kabupaten Luwuk. Bahan kimia yang digunakan terdiri dari akuades, metanol, n-heksan, etil asetat, reagen Hager, reagen Dragendrof, reagen Mayer, reagen Wagner, asam asetat glacial, HCl pekat, serbuk Mg, NaOH, H₂SO₄ pekat, kloroform, dietil eter, kloroform amonikal.

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik, blender, seperangkat alat gelas, pipet mikro, pengaduk kaca, aluminium foil, statif, klem, lampu dan aerator.

Cara Kerja

Serbuk halus daun binahong sebanyak 250 gram diekstraksi dengan cara maserasi menggunakan metanol. Maserasi dilakukan selama 3x24 jam, dimana setiap 24 jam ekstrak disaring, dan dimaserasi lagi dengan metanol yang baru. Ekstrak disatukan, sehingga diperoleh filtrat metanol. Filtrat metanol dievaporasi pada suhu 30-40°C dengan

menggunakan penguap vakum, diperoleh ekstrak kental metanol.

Ekstrak kental metanol disuspensi dengan metanol:air (1:2) dan dipartisi dengan menggunakan pelarut n-heksan, menghasilkan fraksi n-heksan. Fraksi n-heksan dievaporasi diperoleh ekstrak n-heksan. Fraksi air dipartisi dengan etil asetat sehingga diperoleh fraksi air dan fraksi etil asetat. Hasil partisi dari fraksi-fraksi tersebut dievaporasi pada suhu 30-40°C sampai diperoleh ekstrak air dan etilasetat. Selanjutnya ekstrak yang diperoleh diuji fitokimia.

Uji toksisitas dilakukan terhadap larva udang *Artemia salina* Leach. Telur *Artemia* sebanyak 2 gram dimasukkan dalam 400 ml air laut yang telah diaerasi dan diberi penerangan dengan cahaya lampu. Telur akan menetas dalam waktu 24-48 jam dan disiapkan untuk digunakan sebagai target uji toksisitas.

Perlakuan uji toksisitas dilakukan sebanyak 2 kali pengulangan pada masing-masing ekstrak sampel. Larutan stok dibuat dengan konsentrasi 2000 ppm. Daril larutan stok dibuat pengenceran hingga konsentrasi larutan menjadi 1000, 500, 200, 100, dan 50 ppm. 10 ekor larva udang dimasukkan dalam wadah uji yang berisi 5 ml larutan uji. Kontrol dibuat dengan memasukkan 10 ekor larva udang dalam 5 ml air laut tanpa penambahan ekstrak. Pengamatan dilakukan selama 24 jam dengan selang waktu 8 jam terhadap jumlah kematian larva udang. Analisis data dilakukan untuk mencari LC_{50} dengan analisis probit menggunakan program MC excel, dimana hubungan nilai logaritma konsentrasi bahan toksik uji dan nilai probit dari persentase mortalitas hewan uji merupakan fungsi linear $y = a + bx$.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Maserasi dan Fraksinasi

Metode ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemisahan secara maserasi. Sampel daun binahong yang telah dihaluskan, ditimbang sebanyak 250 gr dan dimaserasi dengan metanol 1 x 24 jam. Maserat dievaporasi pada suhu 30-40°C dengan bantuan alat pompa vakum. Ekstrak kental metanol yang diperoleh seluruhnya adalah 24,04 gr dengan persentase rendemen 9,61%. Fraksinasi dengan pelarut n-heksan dan etil asetat menghasilkan rendemen 9,2% dan 31,6% dengan berat masing-masing 0,92 gr dan

3,16 gr. Masing-masing ekstrak kental yang diperoleh dilakukan uji fitokimia (terlihat pada tabel 1).

Skrining fitokimia terhadap daun binahong telah dilaporkan oleh Astuti (2012), bahwa pada daun binahong memiliki senyawa fitokimia saponin, terpenoid, steroid, fenol, flavonoid dan alkaloid. Ekstrak etanol positif

mengandung flavonoid (Rahmawati dkk, 2012). Ekstrak etanol dan n-heksan positif mengandung alkaloid (Titis dkk, 2013). (Murdianto, 2012), ekstrak n-heksan positif mengandung senyawa golongan triterpenoid. Ekstrak etil asetat daun binahong mengandung senyawa polifenol dan saponin (Sulistiyani dkk, 2012).

Tabel 1. Hasil Uji Fitokimia Berbagai Ekstrak Daun Binahong

Ekstrak	Uji Fitokimia	Pereaksi	Standar	Hasil Uji
Metanol	Flavonoid	Mg-HCl	Perubahan warna (hijau muda)	+++
		H ₂ SO ₄	Perubahan warna (hijau tua)	+++
		NaOH	Perubahan warna (kuning muda)	++
	Alkaloid	Mayer	Tidak terbentuk endapan	-
		Wagner	Tidak terbentuk endapan	-
Hager		Tidak terbentuk endapan	-	
Saponin	Aquades panas	Terbentuk busa	-	
Steroid	Liebarman Bauchar	Warna hijau	+	
	Terpenoid	Liebarman Bauchar	Warna merah kecoklatan	++
n-Heksan	Flavonoid	Mg-HCl	Perubahan warna (hijau tua)	++
		H ₂ SO ₄	Perubahan warna (hijau tua)	++
		NaOH	Perubahan warna (kuning)	+
	Alkaloid	Mayer	Tidak terbentuk endapan	-
		Wagner	Tidak terbentuk endapan	-
		Hager	Tidak terbentuk endapan	-
	Saponin	Aquades panas	Tidak ada busa/buih	-
	Steroid	Liebarman Bauchar	Warna hijau tua	++
		Terpenoid	Liebarman Bauchar	Tidak terbentuk warna merah kecoklatan
	Etilasetat	Flavonoid	Mg-HCl	Perubahan warna (hijau muda)
H ₂ SO ₄			Perubahan warna (hijau tua)	+++
NaOH			Perubahan warna (kuning)	++
Alkaloid		Mayer	Tidak terbentuk endapan	-
		Wagner	Tidak terbentuk endapan	-
		Hager	Tidak terbentuk endapan	-
Saponin		Aquades panas	Terbentuk busa/buih	-
Steroid		Liebarman Bauchar	Warna hijau tua	++
		Terpenoid	Liebarman Bauchar	Tidak terbentuk warna merah kecoklatan

Ket: (+++): Intensitas Kuat, (++) : Sedang, (+): Lemah, (-): Tidak Terdeteksi

Bagi manusia, kandungan metabolit sekunder dari tumbuhan dapat digunakan untuk mengobati berbagai penyakit. Beberapa metabolit sekunder lainnya digunakan juga dalam memproduksi sabun, parfum, minyak herbal, pewarna, permen karet, dan plastik alami seperti resin, antosianin, tanin, saponin, dan minyak volatil.

Aktivitas flavonoid sebagai antimikroba yang dapat mempercepat proses penyembuhan luka disebabkan oleh kemampuannya untuk menumbuk kompleks dengan protein ekstraseluler dan terlarut, dan dengan dinding sel. Flavonoid yang bersifat lipofilik mungkin juga akan merusak membran sel mikroba. Rusaknya membran dan dinding sel akan menyebabkan metabolit penting di dalam sel akan keluar, akibatnya terjadi kematian sel (Noorhamdani dkk, 2012).

Alkaloid memiliki kemampuan sebagai antibakteri. Mekanisme yang diduga adalah dengan cara mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada sel bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk secara utuh dan menyebabkan kematian sel tersebut (Robinson, 1995 dalam Khunaifi, 2010).

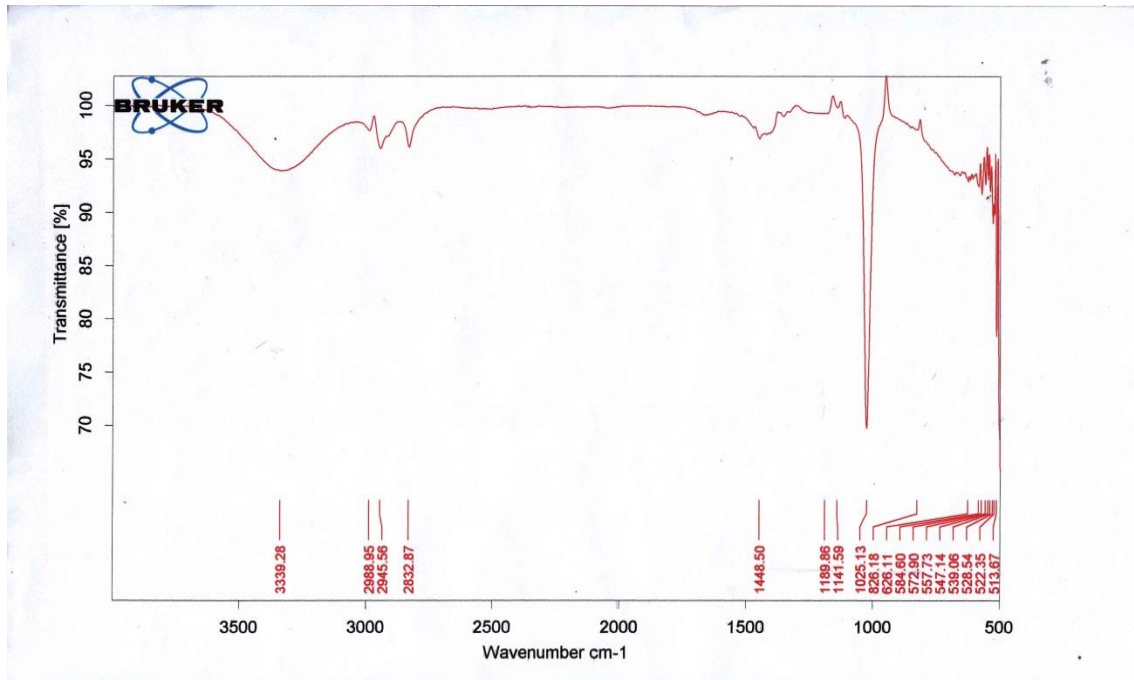
Terpenoid disebut sebagai terpen, adalah kelompok terbesar dari senyawa alami. Banyak terpen memiliki aktivitas biologis dan digunakan untuk pengobatan penyakit manusia. Terpenoid memiliki aktivitas biologis untuk melawan kanker, malaria, peradangan, dan berbagai penyakit menular (virus dan bakteri) (Wang dkk, 2005).

Saponin memiliki sifat antimikroba, baik triterpen maupun steroidal (Naidu, 2000 dalam Kusuma, 2012). Saponin memiliki rasa pahit menusuk dan menyebabkan bersin serta iritasi pada selaput lender (Kusuma, 2012).

Identifikasi Gugus Fungsi

Gugus fungsi yang terdapat dalam ekstrak daun binahong diidentifikasi dengan menggunakan spektrofotometer IR, yang merupakan alat untuk mengukur resapan radiasi inframerah pada pelbagai panjang gelombang. Skala pada spektra adalah bilangan gelombang, yang berkurang dari 4000 cm^{-1} ke sekitar 670 cm^{-1} atau lebih rendah.

Spektrum inframerah pada gambar 1 memperlihatkan bahwa senyawa yang terkandung dalam daun binahong menunjukkan serapan melebar pada daerah bilangan gelombang $3339,28\text{ cm}^{-1}$ yang diduga adalah serapan uluran O-H. Serapan pada bilangan gelombang $1025,13\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya uluran C-OH siklik dengan pita yang kuat dan tajam ($990-1100\text{ cm}^{-1}$). Pita serapan pada daerah bilangan ini dapat memberikan gambaran bahwa senyawa yang terkandung dalam ekstrak daun binahong merupakan senyawa siklik yang mengandung gugus -OH. Hal ini diperkuat oleh adanya serapan tajam dan lemah tekukan O-H aromatik pada panjang gelombang $1141,59\text{ cm}^{-1}$. Serapan uluran C-H alifatik yang tajam dan lemah muncul pada daerah bilangan gelombang $2988,95\text{ cm}^{-1}$ dan $2832,87\text{ cm}^{-1}$. Hal ini diperkuat oleh tekuk C-H aromatik pada serapan $626,18\text{ cm}^{-1}$. Serapan tajam dan lemah pada cincin aromatik C=C muncul pada daerah bilangan gelombang $1448,50\text{ cm}^{-1}$. Dengandemikian, senyawa yang terkandung dalam ekstrak metanol daun binahong diduga adalah senyawa aktif flavonoid.

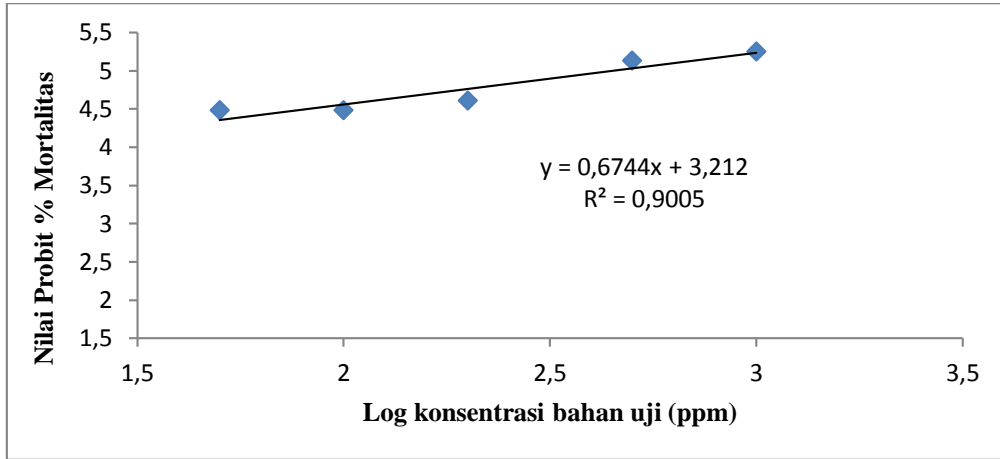


Gambar 1. Spektrum Inframerah dari Ekstrak Daun Binahong

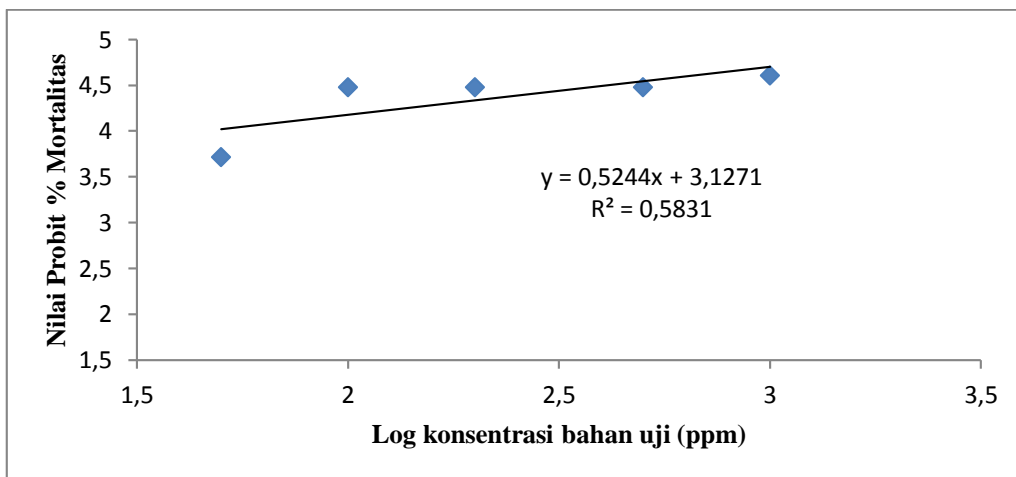
Uji Toksisitas

Toksisitas suatu ekstrak dinilai berdasarkan tingkat mortalitas larva udang yang digunakan sebagai bahan uji. Data dianalisis untuk memperoleh nilai LC_{50} . LC_{50} (*Lethal Concentration 50%*) adalah tingkat konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari hewan yang diuji. Sehingga, apabila jumlah mortalitas lebih dari 50% dapat dipastikan nilai $LC_{50} < 1000 \mu\text{g/mL}$ atau 1000 ppm. ketentuan ini menunjukkan bahwa ekstrak tersebut aktif (Hidayati, 2000). Hasil uji toksisitas ketiga ekstrak daun binahong dapat dilihat pada gambar 1, 2 dan 3 di bawah ini. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa hasil analisis regresi linier pengaruh log konsentrasi terhadap nilai probit mortalitas didapatkan persamaan regresi linier untuk ekstrak metanol (gambar 2), n-heksan (gambar 3) dan etil asetat (gambar 4) berturut-turut adalah: $y = 3,212 +$

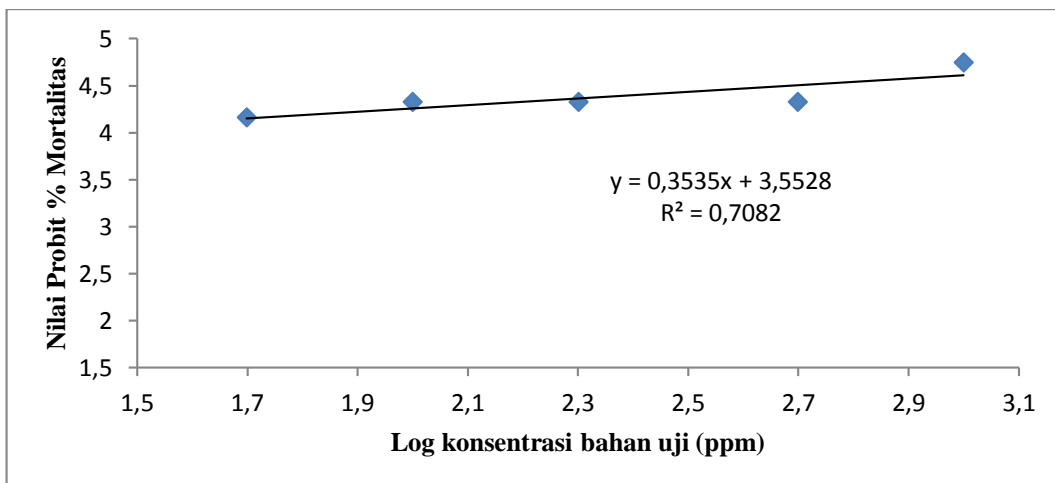
$0,6744x, y = 3,1271 + 0,5244x, y = 3,5528 + 0,3535x$. Tingkat konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari hewan yang diuji (LC_{50}) untuk ekstrak metanol, n-heksan dan etil asetat masing-masing adalah 447,96 ppm, 3728,29 ppm dan 12414,15 ppm. Suatu zat dikatakan aktif atau toksik jika nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun binahong bersifat toksik dengan nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm sedangkan ekstrak n-heksan dan etil asetat bersifat tidak toksik dengan nilai $LC_{50} > 1000$ ppm. Konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh yang berbeda-beda pada kematian larva udang. Pada umumnya, semakin besar konsentrasi suatu larutan uji mengakibatkan naiknya angka kematian larva (hewan uji).



Gambar 2. Pengaruh Log Konsentrasi Ekstrak Metanol Daun Binahong terhadap Probit Mortalitas.



Gambar 3. Pengaruh Log Konsentrasi Ekstrak n-Heksan Daun Binahong terhadap Probit Mortalitas



Gambar 4. Pengaruh Log Konsentrasi Ekstrak Etil Asetat Daun Binahong terhadap Probit Mortalitas

Sifat toksik dari suatu tanaman berkaitan dengan kandungan senyawa aktif di

dalamnya. Dari hasil uji fitokimia sebelumnya menunjukkan bahwa pada ekstrak daun

binahong positif mengandung senyawa aktif flavonoid, steroid, terpenoid dan saponin. Senyawa-senyawa tersebut diduga toksik pada kadar tertentu. Cara kerjanya adalah dengan bertindak sebagai stomach poisoning atau racun perut. Bila senyawa-senyawa ini masuk ke dalam tubuh larva, alat pencernaannya akan terganggu. Senyawaini juga menghambat reseptor perasa pada daerah mulut larva. Akibatnya, larva gagal mendapatkan stimulus rasa sehingga tidak mampu mengenali makanannya sehingga

4. SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak daun binahong (*Anredera cordifolia* Ten Steenis) adalah flavonoid, steroid, terpenoid dan saponin.
2. Hasil analisis spektrofotometer IR menunjukkan gugus fungsi O-H, C-H aromatik, C=C aromatik, dan C-OH yang diduga adalah senyawa flavonoid.
3. Hasil uji toksisitas berdasarkan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menunjukkan ekstrak metanold daun binahong bersifat toksik dengan nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm (447,96 ppm), ekstrak n-heksan dan etil asetat daun binahong bersifat tidak toksik dengan nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm (3728,29 ppm dan 12414,15 ppm). Kenaikan konsentrasi ekstrak diikuti dengan kenaikan rata-rata kematian larva (hewan uji).

Saran

Dengan adanya hasil penelitian yang menunjukkan bahwa ekstrak metanol daun binahong bersifat toksik, maka perlu adanya penelitian lanjutan tentang isolasi senyawa aktif dari uji BSLT yang terdeteksi dari uji fitokimia serta uji toksisitas isolat murni pada tikus atau mencit.

DAFTAR PUSTAKA

- Ainurrochma, A., Evie, R., Lisa, L. 2013. *Efektivitas Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia) terhadap Penghambatan Pertumbuhan Bakteri larvamati kelaparan* (Padua, 1999 dalam Widiyanti, 2009). Pada manusia, senyawa metabolit sekunder yang bersifat toksik pada kadar tertentu, dapat mengakibatkan gangguan pada sistem metabolisme tubuh, dimana senyawa aktif tersebut dapat menjadi inhibitor pada enzim sehingga mengganggu proses replikasi DNA
- Shigella flexneri* dengan Metode Sumuran. *Lentera Bio*. 3(2): 233-237.
- Astuti, Sri Murni. 2012. *Skrining Fitokimia dan Uji Aktifitas Antibiotika Ekstrak Etanol Daun, Batang, Bunga dan Umbi Tanaman (Anredera cordifolia (Ten) Steenis)*. Universitas Malaysia Pahang (UMP).
- Hidayati, L. Fitroh. *Penuluruhan Bioaktivitas Senyawa Kandungan Tubuh Buah Ganoderma Lucidum Asal Kaliurang dan Lembang Berdasarkan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)*. Skripsi. Teknologi Pertanian; Institut Pertanian Bogor.
- Khunaifi, Mufid. 2012. *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten.) Steenis) Terhadap Bakteri Staphylococcus aureus dan Pseudomonas aeruginosa*. Skripsi. Malang. Sains dan Teknologi; Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim.
- Kusuma, R.A., Andrawulan, N. 2012. *Aktivitas Antioksidan Ekstrak Buah Tokokak (Solanum torvum S.)*. Skripsi. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan. Institut Pertanian Bogor.
- Lisdawati, V., S. Wiryowidagdo, Broto, K. 2006. *Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) Dari Berbagai Fraksi Ekstrak Daging Buah dan Kulit Biji Mahkota Dewa*. *Bul. Penel. Kesehatan*. 3(34): 111-118.
- Makalalag, I. Wirasuasty., Adeanne, W., Weny, W. 2013. *Uji Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia Steen.) Terhadap*
- Ainurrochma, A., Evie, R., Lisa, L. 2013. *Efektivitas Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia) terhadap Penghambatan Pertumbuhan Bakteri*

- KadarGula Darah Pada Tikus Putih Jantan Galur Wistar (Rattus norvegicus) yang Diinduksi Sukrosa.* Jurnal Ilmiah Farmasi.1(2): 2302-2493.
- Murdianto, Agus Ria., Enny, F. Dewi, K. *Isolasi, Identifikasi Serta Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa Golongan Triterpenoid Dari Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten.) Steen) Terhadap Staphylococcus aureus dan Escherichia coli.* Universitas Diponegoro.
- Noorhamdani, As., R. Setyohadi, Akmal Fawzi Y.U. 2012. *Uji Efektifitas ekstrak daun binahong (Anredera cordifolia (Ten.)Steenis) sebagai antimikroba terhadap bakteri Klebsiellapneumoniae sesara In Vitro.* Pendidikan Dokter FKUB.
- Paju, Niswah., Yamlean, V.Y. Paulina., Kojong, Novel. 2013. *Uji Efektivitas Salep Ekstrak Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten.)Steenis) pada Kelinci (Oryctolagus cuniculus) yang Terinfeksi BakteriStaphylococcus aureus.* Jurnal Ilmiah Farmasi. 1(2): 2302-2493.
- Rahmawati, Lina., Enny, F. Dewi, K. 2012. *Isolasi, Identifikasi dan Uji Antioksidan Senyawa Flavonoid Daun Binahong (Anredera cordifolia (Ten.) Steenis).* Semarang. Universitas Diponegoro.
- Sari, Lusiana Oktora Ruma Kumala. 2006. *Pemanfaatan Obat Tradisional Dengan Pertimbangan Manfaat dan Keamanannya.* Majalah Ilmu Kefarmasian. 1(3):01-07.
- Sukandar, E.Y., Atun, Q., Lady, L. 2011. *Efek Ekstrak Metanol Daun Binahong (Anredera cordifolia (TEN.) STEENIS) Terhadap Gula Darah Pada Mencit Model Diabetes Melitus.* Universitas Garut. Jurnal Medika Planta.4(1).
- Sulistiyani, Nanik., Lilies, K.W. 2012. *Uji Aktifitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Daun Binahong (Anredera scandens (L. Moq.) Terhadap Shigella flexneri Beserta Profil Kromatografi Lapis Tipis.*Jurnal Ilmiah Kefarmasian. 1(2): 1-16.
- Titis, Muhammad., Enny, F. Dewi, K. 2013. *Isolasi, Identifikasi dan Uji Aktifitas Senyawa Alkaloid Daun Binahong (Anredera cordifolia (Tenore) Steenis).* Universitas Diponegoro. Chem Info. 1(1): 196-201.
- Widianti, Andika., Suhardjono. 2009. *Uji Toksisitas Akut Ekstrak Etanol Buah Cabai Rawit (Capsicum frutescens) Terhadap Larva Artemia salina Leach dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT).* Semarang. Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

MINERALOGI DAN SIFAT-SIFAT KIMIA TANAH PADA DUA PEDON TANAH SAWAH TIADAH HUJAN DI SIDOMUKTI, GORONTALO

Nurdin

Fakltas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

Email: nurdin@ung.ac.id

Abstract

This study aims to determine the soil mineralogy and soil chemical properties at two rainfed soil pedons in Sidomukti, Gorontalo. This study was conducted at 2 pedon of rainfed paddy soils from Sidomukti Village Mootilango District of Gorontalo Regency. Implementation of the field based on the location of the example profile (pedon). The soil profile is made and sampled in accordance with the principles of soil surveying. Result of this research showed that Pedon PNS1 had easily weathered minerals (albite, sanidin and green hornblende) more than pedon PNS2. While the clay mineral content of pedon PNS1 dominated by smectite and kaolinite. Both pedon generally pH slightly acid to slightly alkaline and negatively charged clean, C-organic content is very low, bases-dd predominantly calcium (Ca-dd) with the sequence: Ca > Mg > K > Na, cation exchange capacity and base saturation dominant high and very high. However, the pedon PNS1 was better than pedon PNS2 of soil fertility.

Keywords: Mineralogy, chemistry, properties, pedon, soil.

1. PENDAHULUAN

Tanah sawah tadah hujan (TSTH) di wilayah Paguyaman dominan sumber airnya berasal dari curah hujan dan hanya sebagian kecil wilayah yang dapat diairi melalui teknologi pemompaan. Data Stasiun Iklim Sidodadi dan Molombulahe selang tahun 2007-2013 menunjukkan bahwa daerah Paguyaman menurut Zona Agroklimat (Oldeman dan Darmiyati 1977) termasuk E4 karena memiliki 6-9 bulan kering (<100 mm) dan 1 bulan basah (≥ 200 mm). Rata-rata curah hujan bulanan stasiun Sidodadi hanya sebanyak 93 mm bulan⁻¹. Kondisi ini menyebabkan terjadinya perbedaan masa pembasahan dan kering yang cukup jelas, sehingga akan mempengaruhi proses pelapukan. Salah satu hasil dari proses pelapukan adalah mineral, baik mineral primer maupun sekunder.

Menurut Bahcri *et al.* (1993), geologi daerah Paguyaman dominan berkembang dari bahan lakustrin yang terdiri dari batu liat (*claystones*), batu pasir (*sandstones*), dan kerikil (*gravel*) pada epoch kuartar pleistosen dan holosen. Sementara Prasetyo (2007) melaporkan bahwa daerah Paguyaman mengandung mineral kuarsa dan dalam jumlah yang lebih sedikit masih dijumpai mineral ortoklas, sanidin dan andesin. Mineral epidot, amfibol, augit dan hiperstin dijumpai dalam

jumlah sangat sedikit, sehingga cadangan hara di daerah ini tergolong sedang.

Melihat kondisi tersebut, maka daerah ini mempunyai faktor pembatas penggunaan lahan yang optimal, antara lain ketersediaan hara yang minim sehingga akan mempengaruhi pertumbuhan dan hasil pada TSTH ini. Padahal, daerah Paguyaman dikenal sebagai kawasan padi sawah dan tanaman palawija yang dikembangkan sejak program transmigrasi dijalankan sejak tahun 1965. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui mineralogi tanah dan sifat-sifat kimia tanah pada dua pedon tanah sawah tadah hujan di Sidomukti, Provinsi Gorontalo.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Van Bemmelen (1949) menyatakan bahwa bahan endapan yang terdapat di sekitar Sungai Paguyaman merupakan lakustrin dan termasuk dalam zona Limboto dan zona patahan yang memanjang sampai ke Gorontalo akibat kegiatan volkanisme. Djaenuddin *et al.* (2005) melaporkan bahwa daerah Paguyaman diduga merupakan bekas kaldera sebagai hasil volkanisme, yang tidak mempunyai *outlet* ke laut. Patahan ini menyebabkan terbentuknya celah/retakan yang memungkinkan air danau mengalir keluar dan mengering yang akhirnya membentuk dataran luas. Peta Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi Skala 1 : 250.000 (Bachri

et al. 1993) menunjukkan bahwa sebagian besar daerah Paguyaman termasuk formasi endapan danau atau lakustrin (Qpl) yang terdiri dari batu liat (*claystones*), batu pasir (*sandstones*), dan kerikil (*gravel*) pada zaman kuarter pleistosen dan holosen.

Djaenuddin *et al.* (2005) melaporkan bahwa bahan induk tanah di daerah Paguyaman diantaranya adalah endapan danau, berusunan liat berwarna kelabu padat, yang sebagian tertutup aluvium. Hal inilah yang menyebabkan banyak lahan setempat digunakan untuk sawah.

Tanah sawah merupakan tanah yang digunakan atau potensial digunakan untuk pertumbuhan padi akuatik (Kyuma 2004). Menurut Sanchez (1993), tanah sawah tadah hujan (TSTH) serupa dengan tanah sawah irigasi hanya berbeda pada tidak adanya pengaturan air. Pengolahan tanah dalam keadaan tergenang serta tindakan penggenangan yang sengaja dilakukan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan sifat morfologi, fisik, kimia dan biologi tanah (Raves 2000). Koenigs (1950) menyatakan bahwa morfologi profil tanah sawah bersifat tipikal pada tanah kering yang disawahkan di sekitar Bogor, yaitu adanya lapisan olah, lapisan tapak bajak, lapisan besi (Fe), lapisan mangan (Mn), serta lapisan tanah asal yang tidak dipengaruhi penyawahkan.

Menurut Gong (1986), pembentukan tanah sawah meliputi: (1) eluviasi, dan (2) pengaruh penanaman dan pemupukan. Eluviasi dipercepat karena terjadi perkolasi air irigasi. Sementara, kondisi reduksi memungkinkan terjadinya pencucian beberapa unsur yang tidak dapat tercuci pada kondisi lahan kering. Sedangkan Moormann dan Van Breemen (1978) menyatakan bahwa perubahan sifat yang terjadi pada tanah sawah dapat dibedakan atas perubahan yang bersifat sementara dan permanen. Perubahan yang bersifat sementara pada tanah yang disawahkan berkaitan dengan pengolahan tanah dalam keadaan tergenang (pelumpuran) dan perubahan sifat kimia yang berhubungan dengan proses reduksi-oksidasi. Perubahan tersebut akan menyebabkan perubahan sifat morfologi tanah.

Raves (2000) menyatakan bahwa perubahan yang bersifat permanen terlihat dari sifat morfologi profil tanah yang seringkali menjadi sangat berbeda dengan profil tanah asalnya. Sementara Moormann dan Van

Breemen (1978), Kanno (1978), serta Ghildyal (1978) menjelaskan bahwa pengolahan tanah menyebabkan perubahan sifat fisik tanah, yaitu hancurnya agregat tanah, pori-pori kasar berkurang dan halus meningkat dan tanah mengalami pelumpuran yang menyebabkan partikel-partikel halus bergerak ke bawah bersama air perkolasi membentuk lapisan tapak bajak di bawah lapisan olah, sehingga bobot isi pada lapisan tersebut menjadi meningkat.

Penyebab perubahan yang bersifat permanen, yaitu (a) perataan dan penterasan dalam pembuatan sawah yang dipengaruhi oleh kemiringan tanah asal, (b) perubahan sifat fisik tanah tertentu karena tindakan budidaya padi, dan (c) perubahan sifat kimia dan mineralogi tanah yang merupakan bagian dari proses pembentukan tanah, seperti eluviasi dan iluviasi Fe dan Mn, proses ferolisasi, pembentukan oksida besi, Mn dan lainnya (Moormann dan Breemen 1978).

Tanah sawah yang berkembang di daerah aluvial umumnya sudah mempunyai warna glei dan karatan, karena tanah ini terbentuk pada kondisi muka air tanah yang dangkal (Prasetyo 2008). Djaenuddin *et al.* (2005) melaporkan bahwa pada profil tanah di daerah Paguyaman ditemukan karatan besi dan mangan, konkresi dan nodul dalam jumlah cukup sampai banyak pada kedalaman 0-110 cm. Kondisi ini juga dialami oleh TSTH, kecuali pengolahan tanah dan pelumpuran dalam kondisi tergenang yang tidak seintensif tanah sawah pada umumnya (irigasi). Analisis mineral fraksi pasir dilakukan untuk mengetahui komposisi dan cadangan mineral yang ada dan menduga jenis bahan induk tanah (Prasetyo 1990; Hardjowigeno 1993; Rachim 2007). Dengan demikian, maka mineralogi dan sifat-sifat kimia TSTH memiliki sifat yang tipikal, sehingga menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada 2 pedon tanah sawah tadah hujan di Desa Sidomukti Kecamatan Mootilango Kabupaten Gorontalo. Penelitian dimulai dari bulan April sampai Agustus 2013.

Alat yang digunakan terdiri dari: pisau tanah, buku *munsell soil colour chart*, blangko pengamatan profil tanah, meteran, ring

sampel, pacul, skop, parang, GPS, dan seperangkat alat analisis laboratorium.

Pelaksanaan lapang didasarkan pada lokasi contoh profil (pedon). Profil tanah dibuat dan diambil contohnya sesuai dengan prinsip-prinsip survei tanah (NSSC-NCRS USDA 2002 dalam Abdullah 2006). Deskripsi dan klasifikasi tanah di daerah penelitian disajikan pada Tabel 1 dan 2. Contoh tanah dianalisis dengan sifat-sifat tanah dan metodenya yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Deskripsi dan klasifikasi tanah pedon PNS1

Klasifikasi Tanah

Taksonomi (USDA) : *Ustik Endoaquert*
PPT : *Eutrik Grumusol*

Bahan Induk : Endapan Danau

Posisi Fisiografik : Kaki Lereng, Depresi

Elevasi : 58 m dpl

Drainase : Buruk

Vegetasi : Padi (*Oryza sativa* L.)

Kedalaman (cm)	Horison	Uraian
0-12	Apg1	Kelabu (10YR 5/1); lempung berliat; struktur masif; sangat lekat, plastis; perakaran halus, banyak; jelas rata
12-31	Apg2	Kelabu (10YR 5/1); lempung berliat; struktur gumpal bersudut, halus, lemah; sangat lekat, plastis; karatan coklat (10YR 5/3), biasa, halus, jelas, bintik, tajam; perakaran halus, banyak; berangsur rata
31-53	Bwg1	Kelabu (10YR 5/1); liat; struktur gumpal bersudut sedang, lemah; sangat lekat, plastis; perakaran halus, sedikit; baur rata
53-71/92	Bwg2	Kelabu (10YR 6/1); liat; struktur gumpal bersudut, kasar, lemah; sangat lekat, plastis; jelas berombak.
71/92-119	Bwssg	Kelabu gelap (10YR 4/1); liat; struktur gumpal bersudut, sedang, sedang; sangat lekat, plastis; ada bidang kilir; karatan coklat (10YR 5/3), biasa, halus, jelas, tabung, jelas; baur rata.
119-150	BCg1	Kelabu gelap (10YR 4/1); liat; struktur gumpal bersudut, kasar, kuat; sangat lekat, plastis; karatan coklat (10YR 5/3), biasa, halus, jelas, tabung, jelas; jelas rata.
150-200	BCg2	Kelabu gelap (10YR 4/1); liat; sangat lekat, sangat gembur; baur rata.

Tabel 2. Deskripsi dan klasifikasi tanah pedon PNS2

Klasifikasi Tanah

Taksonomi (USDA) : *Endoaquert Vertik*
PPT : *Gleisol Vertik*

Bahan Induk : Endapan Danau

Posisi Fisiografik: Punggung Lereng, Depresi

Elevasi : 59 m dpl

Drainase : Buruk

Vegetasi : Padi (*Oryza sativa* L.)

Kedalaman (cm)	Horison	Uraian
0-10	Apg1	Coklat kekelabuan (10YR 5/2); lempung; struktur masif; lekat, plastis; perakaran halus, banyak; berangsur rata.
10-31	Apg2	Coklat kekelabuan (10YR 5/2); lempung; struktur gumpal bersudut, sedang, lemah; lekat, plastis; perakaran halus, banyak; jelas rata.
31-64	Bwg1	Kelabu terang kecoklatan (10YR 6/2); lempung berliat; struktur gumpal bersudut, sedang, lemah; sangat lekat, plastis; perakaran halus, sedang; baur nyata.
64-84/103	Bwg2	Kelabu terang kecoklatan (10YR 6/2); liat; struktur gumpal bersudut, sedang, lemah; sangat lekat, plastis; karatan coklat (10YR 5/3), sedikit, halus, baur, bintik, tajam; jelas berombak.
84/103-150	Bwg3	Kelabu gelap (10YR 4/1); liat; struktur gumpal bersudut, sedang, sedang; sangat lekat, plastis; karatan coklat (10YR 5/3), sedikit, halus, baur, bintik, tajam; baur rata.
150-200	BCssg1	Kelabu gelap (10YR 4/1); liat; struktur sedang, sedang, gumpal bersudut, sangat lekat, sangat plastis, ada bidang kilir, baur rata.
>200	BCssg2	Kelabu gelap (10YR 4/1), liat, struktur gumpal bersudut, sedang, sedang; sangat lekat, sangat plastis; ada bidang kilir; baur rata.

Tabel 3. Parameter dan Metode Analisis

No	Sifat Tanah	Metode Analisis
<i>A Sifat Mineralogi</i>		
1	Mineral Liat	X-Ray Difaktrometer
2	Mineral Fraksi Pasir	Mikroskop
<i>B Sifat Kimia</i>		
1	pH H ₂ O dan KCl	pH meter
2	C-Organik	Walkley dan Black
3	KTK	NH ₄ OAc 1 N pH 7, Titiasi
4	Kation-Kation Basa: Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , K ⁺ , Na ⁺	Ekstraksi NH ₄ OAc 1 N pH 7, untuk Ca ²⁺ , Mg ²⁺ menggunakan AAS. Sedangkan K ⁺ dan Na Flamefotometer
5	N total	Kjeldahl, Titiasi
6	P ₂ O ₅ tersedia	Bray 1, Spektrofotometer
7	Kejenuhan Basa	Perhitungan

Analisis mineral fraksi pasir menggunakan metode *line counting* dengan mikroskop polarisasi. Sementara untuk analisis mineral liat menggunakan *X-Ray Diffractometer*. Penilaian sifat kimia tanah mengacu pada kriteria Pusat Penelitian Tanah (1983)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mineralogi Tanah

Hasil analisis mineral fraksi pasir pada pedon PNS1 dan PNS2 tertera pada Tabel 4. Khusus untuk mineral yang jumlah persentasenya sedikit (sp) tidak dicantumkan karena sifatnya kualitatif.

Tabel 4. Persentase Mineral Fraksi Pasir

Pedon		MSL			Jumlah	MML										Jumlah	MSL/MML
Horison	Kedalaman	Op	Qz	Lm		Ab	Ol	An	La	Or	Sn	Ao	Hh	Ep	En		
	cm%.....															
<i>PNS1</i>																	
Bwg2	53-71/93	2	58	1	61	4	-	-	1	1	3	1	8	1	1	20	3,05
<i>PNS2</i>																	
Bwg2	64-84/103	1	78	-	79	2	1	-	1	-	4	-	1	1	-	10	7,90

Op=opak, Qz=kuarsa, Lm=limonit, Σ=jumlah, Ab=albit, Ol=oligoklas, An=andesine, La=labradorit, Or=ortoklas, Sn=sanidin, Ao=anortoklas, Hh=hornblende hijau, Ep=epidot, En=enstatit, MSL=mineral sukar lapuk, MHL=mineral hasil lapukan.

Pada semua pedon TSTH umumnya telah banyak kehilangan MML yang ditunjukkan oleh persentasenya di bawah 60%. Mineral fraksi pasir pada pedon PNS1 relatif telah mengalami pelapukan lebih intensif dibandingkan pedon PNS2 karena dominasi MSL (kuarsa).

Tingkat pelapukan dapat juga dilihat dari nisbah MSL/MML (Birkeland 1974; Hardjowogeno 1993), dimana rasio jumlah MML dengan MSL menurun dengan meningkatnya pelapukan. Pada tanah yang mengalami penyawahan intensif cenderung lebih tinggi pelapukannya.

Pada pedon PNS1, nisbah MSL/MML lebih rendah (3,05) dibanding pedon PNS2 sebesar 7,89 karena penyawahannya lebih intensif. Rendahnya, MML pada pedon PNS2 diduga karena mineral tersebut telah mengalami pengangkutan karena erosi dan diendapkan di daerah yang lebih rendah. Tingkat pelapukan tanah berdasarkan nisbah MSL/MML disajikan dalam bentuk deret sebagai berikut:

PNS2>PNS1. Hal ini sejalan dengan pernyataan Rayes (2000) bahwa penyawahan cenderung memacu proses pelapukan karena pengaruh air dan suasana reduksi oksidasi secara bergantian.

Opak sebagai mineral paling resisten ditemukan pada semua pedon dengan persentasi <10% saja. Menurut Rachim (1994), opak merupakan mineral tidak tembus cahaya, sehingga di mikroskop berwarna hitam, biasanya magnetit atau dapat juga kongresi besi. Keberadaan opak ini menentukan jenis bahan induk. Magnetit merupakan mineral pengiring ketika magma membeku yang umum terdapat pada batuan

basaltik dan resisten seperti halnya kongresi besi. Jika tanah melapuk semakin tinggi, maka jumlah magnetit semakin meningkat pula. Namun, bila jumlahnya cukup rendah dalam bahan induk, maka peningkatannya dibandingkan dengan mineral lain menjadi tidak jelas (Hurlbut dan Klein 1977). Peningkatan persentase kuarsa dan mineral resisten lainnya merupakan hasil dari pelapukan mineral feromagnesium dan MML pada umumnya.

Data mineral fraksi pasir ini memberikan petunjuk bahwa kuarsa dan mineral resisten lainnya sumbernya *in situ* yang ditunjukkan oleh peningkatan persentase kuarsa dan mineral resisten lainnya diikuti oleh rendahnya magnetit (opak). Hal ini sejalan dengan pernyataan Rachim (1994) bahwa meningkatnya mineral resisten diikuti oleh jumlah magnetit yang rendah hingga sangat rendah. Jika tidak demikian, maka mineral resisten yang tinggi berasal dari tempat lain.

Tabel 5. Hasil Analisis Mineral Fraksi Liat pada Contoh Tanah Terpilih

penting antara lain mempunyai muatan negatif (*negative charge*) menyebabkan mineral ini

Pedon/Horison	Puncak Difraksi XRD (Å)	Jumlah/Keterangan	Jenis Mineral
<i>PNS1</i>			
Bwg2	15.20; 5.03; 16.15; 12.31; 10.07 7.29; 3.56 9.29 3.20 4.26; 3.33	+++ (Banyak) +++ (Banyak) + (Sedikit) + (Sedikit) + (Sedikit)	Smektit Kaolinit Illit Feldspar Kuarsa
BCg2	15.07; 5.00; 18.68; 12.71; 10.07 7.32; 3.58 10.34 3.20 4.26; 3.33	+++ (Banyak) +++ (Banyak) + (Sedikit) + (Sedikit) + (Sedikit)	Smektit Kaolinit Illit Feldspar Kuarsa
<i>PNS2</i>			
Bwg2	15.05; 5.00; 17.04; 12.61; 10.01 7.19; 3.56 10.20 3.20 4.26; 3.33	+++ (Banyak) +++ (Banyak) + (Sedikit) + (Sedikit) + (Sedikit)	Smektit Kaolinit Illit Feldspar Kuarsa
BCssg2	15.35; 5.00; 18.68; 13.03; 10.21 7.19; 3.56 9.02 3.20 4.26; 3.33	+++ (Banyak) ++ (Sedang) + (Sedikit) + (Sedikit) + (Sedikit)	Smektit Kaolinit Illit Feldspar Kuarsa

Menurut Bachri *et al.* (1993) bahwa wilayah penelitian terdiri dari formasi endapan danau (Qpl) yang diantaranya terdiri atas batu liat (*clay stone*) dan batu pasir (*sand stone*). Bahan endapan berasal dari *hinterland*, dimana sungai mengalir. Dengan demikian, maka jenis mineral bahan endapan tergantung bahan yang dierosikan. Hal ini menyebabkan mineral resisten akan lebih menonjol. Bahan yang diendapkan di danau atau laut akan memadat dan mengeras menjadi batu. Di samping itu, liat dapat terbentuk secara *in situ*, tergantung kondisi lingkungannya. Suharta dan Prasetyo (2008) melaporkan bahwa kandungan kuarsa pada tanah berbahan induk batu pasir (lebih tinggi (>80%) dibandingkan dengan tanah berbahan induk batu liat. Batu liat tidak berkembang atau berasal dari silika abu vulkanik tipikal (Bohor dan Meier 1990).

Hasil analisis mineral liat menunjukkan bahwa kedua pedon yang diteliti didominasi oleh mineral smektit (Tan 1998) yang merupakan mineral liat tipe 2 : 1 dengan jumlah sedang, banyak sampai dominan, sehingga tergolong kelas mineralogi smektitik (Tabel 5). Menurut Prasetyo (2007), mineral smektit dapat mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah. Sifat fisik yang penting antara lain kemampuannya mengembang (*swelling*) bila basah ataupun mengkerut (*shrinkking*) bila kering. Sedangkan sifat kimia yang

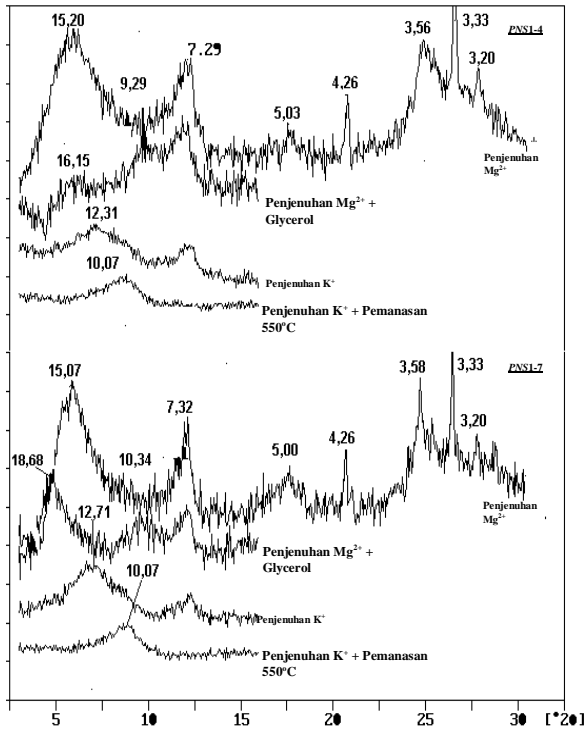
sangat reaktif dalam lingkungan dan mempunyai KTK yang tinggi.

Mineral lain yang ditemukan di semua pedon adalah kaolinit, illit, feldspar dan kuarsa (Tan 1998) dalam jumlah yang jauh lebih sedikit. Hal ini sejalan dengan pernyataan Prasetyo (2008), bahwa smektit dijumpai bersama mineral illit dan kaolinit.

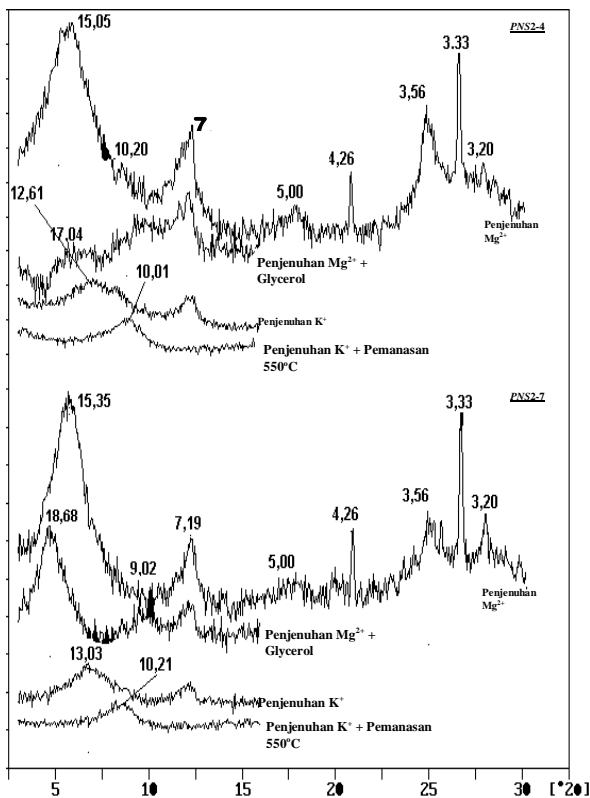
Pada pedon TSTH jumlah kaolinit yang ditemukan adalah banyak. Keberadaan kaolinit ini diduga merupakan hasil pelapukan smektit di daerah hulu yang berpH masam dan terendapkan di daerah aluvial. Hal ini disebabkan karena pH tanah di hampir semua pedon perwakilan adalah agak masam sampai agak alkali yang tidak memungkinkan terjadinya pelapukan smektit. Menurut Wilson dan Cradwick (1972), mineral smektit menjadi tidak stabil pada kondisi pH masam sampai sangat masam dan akan melapuk membentuk kaolinit atau *pedogenic chlorite* (Borchardt 1989).

Mineral illit ditemukan dalam jumlah sangat sedikit sampai sedikit di semua pedon. Keberadaan illit bersama smektit merupakan bagian dari transformasi illit-smektit. Menurut Borchardt (1989), kondisi yang memungkinkan transformasi illit-smektit adalah suhu dan tekanan rendah, konsentrasi Al dan K harus rendah, konsentrasi Si(OH)₄ harus tinggi dan pH >6,5. Hal ini ditunjang

oleh data kimia tanah yang menunjukkan bahwa konsentrasi Al dan K adalah sangat rendah serta pH netral sampai agak alkali.



Gambar 1. Difraktogram Pedon PNS1 terpilih (Fraksi <math>< 2 \mu</math>)



Gambar 2. Difraktogram Pedon PNS2 terpilih (Fraksi <math>< 2 \mu</math>)

Sifat-Sifat Kimia Tanah

Reaksi tanah yang diteliti umumnya agak masam sampai agak alkali, atau mulai pH >5,38 - <7,91 (Tabel 6). Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian merupakan depresi, sebagaimana ditunjukkan oleh formasi geologi. Dalam hal ini, daerah penelitian merupakan tempat akumulasi basa-basa yang dibawa air pencucian dari bagian *hinterland* dan akumulasi basa lebih tampak pada tanah yang berdrainase lebih buruk.

Tampaknya, kedua pedon memiliki nilai pH dengan pola tidak beraturan (Tabel 6). Namun, pedon PNS2 lebih tidak beraturan dibanding pedon PNS1. Hal ini menunjukkan pencucian cukup intensif jika terjadi hujan karena drainase yang relatif buruk. Walaupun demikian, nilai pH masih tergolong agak masam sampai agak alkali sebagaimana daerah ini juga merupakan endapan lakustrin. Nilai pH pada horison bagian atas umumnya lebih rendah dari horison bagian bawah sebagai akibat dari pencucian ke bawah solum dan serapan hara oleh tanaman. Menurut Dent (1978), nilai pH tanah yang cocok untuk tanah sawah adalah 4-7, tetapi nilai pH yang paling baik adalah sekitar 5-6.

Selisih nilai pH KCl dan pH H₂O (Δ pH) semua pedon yang diteliti mempunyai pH negatif. Hal ini berarti bahwa semua pedon yang diteliti bermuatan bersih negatif (Uehara dan Gilman 1981). Lebih lanjut Suharta (2007) melaporkan bahwa nilai pH KCl yang lebih rendah dari pH H₂O menunjukkan tanah-tanah ini didominasi oleh mineral liat bermuatan negatif. Jika dihubungkan dengan jenis mineral liat, maka fenomena tersebut bersesuaian. Hasil analisis mineral liat (Tabel 5), menunjukkan mineral yang dominan adalah smektit yang merupakan tipe liat 2 : 1.

Pada pH > 6, terjadi muatan tergantung pH (*pH depending charge*) yang menghasilkan muatan negatif. Peningkatan muatan ini disebabkan oleh kenaikan pH karena ionisasi gugus OH⁻. Sedangkan pada pH < 6, muatannya permanen (*permanently charge*) karena terjadi substitusi isomorfik.

Tingginya pH tanah ini juga menyebabkan muatan bersih negatif terhadap kaolinit dan illit. Hal ini disebabkan kaolinit muatannya sangat tergantung pH tanah. Semakin tinggi pH, maka muatannya semakin tinggi. Menurut Dixon (1989), kaolinit mempunyai muatan bersih negatif walaupun sangat rendah. Nilai

pH tanah yang netral sampai agak alkali merupakan petunjuk bahwa tanah ini belum mengalami pelapukan lanjut. Hal ini disebabkan karena kurangnya pencucian, sehingga basa masih tinggi dan kompleks jerapan didominasi oleh gugus OH⁻.

horison B yang terus menurun sesuai kedalaman, sebagaimana pola yang dilaporkan Prasetyo (2007). Hal ini merupakan pola umum tanah yang telah berkembang. Adanya bahan organik yang sedikit naik turun pada beberapa pedon, nampaknya merupakan sisa turunan bahan induk yang dideposisikan oleh air. Secara umum, tanah-tanah yang

Tabel 6. Sifat-Sifat Kimia Tanah

Horison	Kedalaman cm	pH Tanah			C- Organik (%)	Basa-Basa dapat Ditukar (dd)				Σ Basa- dd	Kemas.-dd		KTK Tanah	Kej. Basa (KB)	Kej. Al
		H ₂ O	KCl	Δ pH		Ca	Mg	K	Na		Al	H			
						----- me 100 g ⁻¹ -----					----- me 100 g ⁻¹ -----				
<i>PNS1</i>															
Apg1	0-12	6,13	5,39	-0,74	0,93	14,63	5,51	0,22	0,45	20,81	0,00	0,04	29,95	69,50	0,00
Apg2	12-31	6,83	5,88	-0,95	0,45	15,16	6,58	0,25	0,55	22,55	0,00	0,08	31,91	70,66	0,00
Bwg1	31-53	6,55	5,02	-1,53	0,26	16,32	13,74	0,43	1,02	31,51	0,00	0,06	37,18	84,76	0,00
Bwg2	53-71/92	5,95	4,33	-1,62	0,33	19,42	17,36	0,53	1,31	38,62	0,00	0,12	51,49	75,01	0,00
Bwssg	71/92-119	6,20	4,51	-1,69	0,27	27,78	26,48	0,56	1,95	56,77	0,00	0,06	63,44	89,48	0,00
BCg1	119-150	7,09	5,35	-1,74	0,27	25,05	26,52	0,47	2,13	54,17	0,00	0,04	64,07	84,55	0,00
BCg2	150-200	7,70	6,17	-1,53	0,26	27,83	13,56	0,39	2,34	44,13	0,00	0,04	23,29	>100	0,00
<i>PNS2</i>															
Apg1	0-10	6,35	5,23	-1,12	0,71	10,33	2,52	0,15	0,27	13,26	0,00	0,04	36,63	36,20	0,00
Apg2	10-31	7,26	5,90	-1,36	0,38	11,03	3,03	0,21	0,67	14,93	0,00	0,02	23,91	62,47	0,00
Bwg1	31-64	5,91	4,07	-1,84	0,26	15,71	6,18	0,39	1,34	23,62	0,27	0,24	37,84	62,44	0,72
Bwg2	64-84/103	5,38	3,74	-1,64	0,13	14,53	6,50	0,39	1,64	23,06	1,60	0,37	61,71	37,36	2,60
Bwg3	84/103-150	6,73	5,00	-1,73	0,13	26,36	19,21	0,48	2,79	48,84	0,00	0,04	47,66	>100	0,00
BCssg1	150-200	7,74	5,97	-1,77	0,19	23,44	16,98	0,58	2,54	43,54	0,00	0,00	46,37	93,89	0,00
BCssg2	>200	7,91	6,16	-1,75	0,13	21,42	16,86	0,49	2,30	41,07	0,00	0,04	34,40	>100	0,00

Menurut Tisdale dan Nelson (1975); Soepardi (1983) dan Tan (1998) bahwa bahan organik adalah salah satu sumber kemasaman dalam tanah. Senyawa tersebut dapat mempengaruhi pH melalui pembentukan asam organik, atau gugus fungsional yang seperti karboksil dan fenol. Rachim (1994) menyatakan bahwa pengaruh bahan organik akan cukup jelas di permukaan tanah karena pada bagian ini bahan organik terakumulasi. Sementara, basa pada kompleks jerapan liat akan mempengaruhi ion H⁺ dalam larutan tanah, sehingga konsentrasi antara keduanya akan mempunyai hubungan terbalik. Semakin tinggi jumlah basa-dd, maka semakin rendah H-dd. Lebih lanjut dikatakannya bahwa basa-basa dipermukaan mengalami perubahan karena tiga hal, yaitu pencucian alamiah, diserap tanaman dan manipulasi manusia. Dua hal pertama menyebabkan berkurangnya basa-basa di lapisan atas dan meningkat ke bagian bawah solum dan hal yang terakhir dapat meningkatkan basa-basa di lapisan olah.

Karbon organik (C-Organik) merupakan indikator penentu banyak sedikitnya bahan organik di dalam tanah. Tabel 6 menunjukkan bahwa kedua pedon mempunyai kandungan C-organik sangat rendah (<1,0%). Pola sebaran C-organik pada umumnya cenderung tinggi di permukaan, dan menurun secara drastis pada

mengandung liat 2 : 1 dominan mengandung C-organik yang rendah pula. Hal ini juga merupakan ciri tanah tersebut (Dudal dan Soepraptohardjo 1957; Soepraptohardjo 1961). Kandungan C-organik yang relatif tinggi di permukaan mencirikan aktivitas bahan yang lebih intensif dibanding bagian bawah.

Pola Sebaran C-organik dan jumlah basa-dd ternyata berbeda dengan pola sebaran pH tanah pada semua pedon yang diteliti dengan pola kecenderungan saling berlawanan arah. Pada pedon PNS1 dan PNS2, horison permukaannya memperlihatkan pola terbalik antara pH tanah dan bahan organik, dimana pH rendah sementara bahan organik tinggi, tetapi berpola sama dengan jumlah basa-dd.

Basa-dd pada semua pedon yang diteliti dominan adalah kalsium (Ca-dd) sebanyak 10,33-36,47 me 100 g⁻¹ dan tergolong tinggi sampai sangat tinggi menurut Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983). Berdasarkan jumlahnya, maka basa-dd dapat disajikan sesuai deret: Ca>Mg>K>Na. Tingginya basa-dd dapat disebabkan oleh tingkat pencucian basa-basa yang rendah mengingat tekstur tanah dominan halus sampai sangat halus, bahan induk yang kaya sumber hara. Tabel 4 menunjukkan bahwa fraksi pasir di semua pedon memiliki hornblende (hijau dan coklat),

dan hiperstin yang merupakan sumber Ca dan Mg. menurut Mohr *et al.* (1972), sumber Ca dalam tanah di antaranya hiperstin (19-25% CaO), dan sumber Mg adalah hornblende (2-25% MgO). Selain itu, dijumpainya mineral labradorit yang termasuk kelompok plagioklas juga merupakan sumber Ca dalam tanah. Selain itu, hasil analisis mineral liat (Tabel 6) menunjukkan bahwa semua pedon perwakilan mempunyai mineral feldspar yang mungkin terdiri dari Ca-felspar, Mg-felspar dan K-felspar sebagai sumber basa-basa di atas, walaupun dalam jumlah sedikit. banyaknya Ca di dalam tanah karena sumber Ca juga banyak.

Bandangan relatif Ca/Mg menunjukkan bahwa kedua pedon berkisar antara 2,1:1-4,1:1. Setyorini *et al.* (2004) melaporkan bahwa untuk pertumbuhan padi yang optimal, bandangan Ca/Mg adalah 3:1-4:1, sementara pada masa bunting sampai pembungaan adalah 1:1 hingga 1,5:1. Dengan demikian, maka pedon PNS1 lebih ideal untuk tanaman padi sawah.

Natrium (Na) sebagai salah satu basa-dd yang dijumpai mempunyai jumlah yang tinggi sampai sangat tinggi pada kedua pedon berdasarkan kriteria Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah (1983). Kandungan Na pada semua pedon diduga merupakan hasil akumulasi ketika bahan induk masih sebagai endapan lakustrin. Selain itu, plagioklas feldspar berupa oligoklas juga mengandung Na. Hal ini sejalan dengan pernyataan Hurlbut dan Klein (1977) yang menyatakan bahwa kandungan Na pada oligoklas sebagai fecies plagioklas feldspar lebih banyak dibanding Ca. Sebaran jumlah basa-dd pada pedon PN1 dan PNS2 menunjukkan pola yang bersinergi. Namun, jumlah basa-dd paling banyak terdapat pada pedon PNS1.

Kapasistas tukar kation (KTK) untuk kedua pedon tergolong sedang sampai sangat tinggi, tetapi lebih didominasi KTK yang tinggi dan sangat tinggi (Tabel 6). Beberapa faktor yang mempengaruhi KTK di antaranya adalah bahan organik dan jenis mineral liat (Prasetyo *et al.* 2007). Semua pedon mempunyai kadar C-organik yang rendah, sehingga yang paling berpengaruh terhadap KTK adalah jenis mineral, terutama smektit (Tabel 5).

Penurunan nilai KTK tanah pada horison permukaan umumnya berhubungan dengan derajat pelapukan antara lapisan atas dan

lapisan bawah yang diawali dengan penurunan pH tanah, sebagaimana terjadi pada pedon PNS1. Smektit adalah mineral liat 2:1 yang mempunyai nilai KTK tinggi. Borchard (1989) menyatakan bahwa nilai KTK mineral smektit berkisar antara 47-162 me 100 g⁻¹. Namun, hal tersebut umumnya hanya terjadi pada lapisan permukaan. Sedangkan dari horison B ke horison di bawahnya, nilai KTK tanah meningkat sampai mencapai nilai sangat tinggi. Jika pelapukan smektit terjadi dengan kondisi pH rendah, maka KTK akan menurun dan terbentuk kaolinit yang mempunyai KTK sangat rendah. Menurut Lim *et al.* (1980), nilai KTK kaolinit murni antara 0-1 me 100 g⁻¹. Sedangkan KTK kaolinit dari tanah berkisar antara 1.2-12.5 me 100 g⁻¹ (Briendly *et al.* 1986); (Prasetyo dan Gilkes 1997).

Nilai KTK tanah berpengaruh pada potensi kejenuhan basa (KB). Kedua pedon yang diteliti menunjukkan dominasi KB yang sangat tinggi. Kondisi ini terjadi karena jumlah basadd lebih besar dari KTK tanah untuk nilai KB tinggi sampai sangat tinggi, sementara jika jumlah basa lebih kecil dari KTK tanah, maka KB cenderung lebih rendah, walaupun masih tergolong sedang.

Nilai KB terendah terdapat pada pedon PNS2 yang hanya sebesar 36.20% saja. Kemungkinan lain adalah pengestrak yang digunakan, yakni amonium asetat (NH₄OAc) pada pH 7 mampu melarutkan basa-basa, sehingga jumlah basa semakin banyak. Padahal kemungkinan kondisi aktual jumlah basa tidak demikian adanya. Jika dilihat dari nilai KTK, jumlah basa dan KB, tanah-tanah yang diteliti menunjukkan tingkat kesuburan yang cukup baik dan mencirikan tanah yang masih muda. Hal ini sesuai dengan umur bahan induk Holosen dan merupakan bahan endapan lakustrin.

5. KESIMPULAN

Pedon PNS1 mengandung mineral mudah lapuk (albit, sanidin dan hornblende hijau) lebih banyak dibandingkan pedon PNS2. Sementara kandungan mineral liat pedon PNS1 didominasi oleh mineral smektit dan kaolinit.

Kedua pedon umumnya ber-pH agak masam sampai agak alkali dan bermuatan bersih negatif, kandungan C-organik sangat rendah, basa-dd didominasi kalsium (Ca-dd) dengan deret: Ca > Mg > K > Na, kapasistas

tukar kation dan kejenuhan basa dominan tinggi dan sangat tinggi. Namun, pedon PNS1 tingkat kesuburan tanah lebih baik dibanding pedon PNS2.

6. REFERENSI

Abdullah TS. 2006. Buku lapang untuk pendeskripsian dan pengambilan contoh tanah berdasarkan Taksonomi Tanah USDA. Bogor: Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Institut Pertanian Bogor.

Birkeland PW. 1974. Pedology, weathering and geomorphological research. New York: Oxford University Press.

Briently GW, CC Kao, JL Harison, M Lipsicas, R Raythatha. 1986. Relation between structural disorder and other characteristics of kaolinite and dickites. *Clays and Clay Mineral* 34:239-249.

Borchardt GA. 1989. Montmorillonite and other smectite minerals. Di dalam: JB Dixon and SB Weed (*Eds*); Minerals in soil environments. *Soil Sci Soc Am.* Madison, Wisconsin.

Bohor BF, AL Meier. 1990. Rare earth element abundance of tonsteins and cretaceous-tertiary claystones by introduction couple plasma mass spectrometry. Denver USA. Lunar and Planetary Institute NASA LPSC XXI: 109-110

Bahcri S, Sukido, Ratman N. 1993. Peta geologi lembar tilamuta, Sulawesi Skala 1 : 250.000. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Dudal R, M Soepraptohardjo. 1957. Soil classification in Indonesia. Bogor: *Cont. Gen Agr. Res. Sta.* No. 148.

Dent FJ. 1978. Land suitability classification. Di dalam: IRRI; soil and paddy. Los Banos, Philippines. 273-294.

Dixon JB. 1989. Kaolin and serpentine group minerals. Di dalam: JB Dixon and SB Weed (*Eds*); Minerals in soil environments. *Soil Sci Soc Am.* Madison, Wisconsin, 467-525.

Djaenuddin D, Hendrisman M. 2005. Evaluasi lahan secara kuantitatif: studi kasus pada tanaman jagung, kacang tanah dan kacang hijau di daerah Paguyaman Kabupaten

Boalemo Provinsi Gorontalo. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 7:27-35.

Ghildyal BP. 1978. Effect of compaction and puddling on soil physical properties and rice growth. Di dalam: Soils and rice. Los Banos Laguna Phillipines: IRRI. hlm 317-336.

Gong Z. 1986. Origin, evolution and classification of paddy soils in china. *Advanced in Soil Science* 5:179-200.

Hurlbut CSJr, C Klein. 1977. Manual of mineralogy (after JD Dana). 19th Edition. New York: John Wiley and Sons.

Hardjowigeno S. 1993. Klasifikasi tanah dan pedogenesis. Edisi ke-1 Cetakan ke-1. Jakarta: Akademika Pressindo.

Koenigs FFFR. 1950. A 'sawah' profile near Bogor (Java). Bogor: Contri of General Agriculture Research Station.

Kanno I. 1978. Genesis of rice soils with special reference to profil development. Di dalam : Soils and rice. Los Banos Laguna Philippines: IRRI. hlm 237-254.

Kyuma K. 2004. Paddy soil science. Kyoto Jepang dan Victoria Australia: Kyoto University Press dan Trans Pacific Press.

Lim CH, ML Jackson, RD Koons, PA Helmke. 1980. Kaolins: sources of differences in cation-exchange capacities and cesium retention. *Clays Clay Mineralogy* 28:223-229.

Mohr EGJ, FA Van Baren, J Van Schuylenborgh. 1972. Tropical soil. Third Edition. Hague Paris-Jakarta.

Moormann FR, Breemen NV. 1978. Rice: soil, water, land. Los Banos Laguna Philippines: IRRI.

Oldeman LR, Darmiyati, S. 1977. An agroclimatic map of sulawesi scale 1 : 2.500.000. *Bulletin* No ke-60. Bogor: Contri Centre Research Institute of Agriculture.

PPT. 1983. Terms of reference survei kapabilitas tanah no 22/1983. Bogor: Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian RI.

Prasetyo BH, RJ Gilkes. 1997. Properties of kaolinite from oxisols and alfisols in west java. *Agrivita* 20 (4): 220-227.

- Prasetyo BH. 2007. Perbedaan sifat-sifat tanah vertisol dari berbagai bahan induk. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 9:20-31.
- Prasetyo BH, H Suganda, A Kasno. 2007. Pengaruh bahan vulkan pada sifat tanah sawah. *Jurnal Tanah dan Iklim* 259:45-57.
- Prasetyo BH, D Setyorini. 2008. Karakteristik tanah sawah dari endapan aluvial dan pengelolaannya. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 2:1-14.
- Ruhe RV. 1956. Geomorphic surface and the nature of soil. *Soil Sci Journal* 82:441-445.
- Rachim DA. 1994. Karakterisasi tanah berliat aktivitas rendah dan pengaruh besi oksida terhadap beberapa sifat tanah [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Rachim DA. 2007. Dasar-dasar genesis tanah. Bogor: Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Rayes ML. 2000. Karakteristik, genesis dan klasifikasi tanah sawah berasal dari bahan vulkan merapi [disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Soeprtohardjo M. 1961. Tanah merah di Indonesia. *Pemberitaan Balai Besar Penyuluhan Pertanian* 161:1-22.
- Soepardi G. 1983. Sifat dan ciri tanah. Bogor: Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Staf Peneliti Pusat Penelitian Tanah. 1983. Term of reference klasifikasi kesesuaian lahan. Proyek Penelitian Pertanian Menunjang Transmigrasi (P3MT) Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian RI. Bogor: PPT.
- Sanchez PA. 1993. Sifat dan pengelolaan tanah tropika. Bandung: ITB.
- Setyorini D, LR Widowati, S Rochayati. 2004. Teknologi pengelolaan hara tanah sawah intensifikasi. Di dalam: Agus F, A Adimiharja, S Harjowigeno, AM Fagi, W Hartatik (Eds); Tanah sawah dan teknologi pengelolaannya. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, 137-168.
- Suharta N. 2007. Sifat dan karakteristik tanah dari batuan sedimen masam di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim* 25:11-26.
- Suharta N, BH Prasetyo. 2008. Susunan mineral dan sifat fisiko-kimia tanah bervegetasi hutan dari batuan sedimen masam di Provinsi Riau. *Jurnal Tanah dan Iklim* 28:1-14.
- Tisdale SL, WL Nelson. 1975. Soil fertility and fertilizers. Fourth Edition. New York: MacMillan Publ. Co, Inc.
- Tan KH. 1998. Principles of soil chemistry. Third Edition, Revised and Expanded. Basel Switzzerland: Marcel Dekker AG, Inc.
- Uehara G, G Gilman. 1981. The mineralogy, chemistry, and physics of tropical soils with variable charge clays. Colorado USA: Westriew Press Inc Boulder.
- Van Bemmelen RW. 1949. The geology of Indonesia; general geology of indonesia and adjacent archipelagoes. Vol ke-1A. Hague: Goverment Printing Office.
- Wilson MJ, PW Cradwick. 1972. Occurance and interstratified kaolinite-montmorillonite in some scottish soils. *Clay Mineralogy* 9: 435-437.

PEMANFAATAN LABU AIR (*Lagenaria siceraria (molina) standly*) SEBAGAI HEPATOPROTEKTOR PADA MENCIT JANTAN YANG DI INDUKSI PARASETAMOL

Widysusanti Abdulkadir¹, Moh. Adam Mustapa¹, Hardiyanti Hineo¹

¹Jurusan Farmasi, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia
Email: widysusanti@rocketmail.com

Abstrak

Tanaman Labu air di Gorontalo sering dimanfaatkan sebagai tumbuhan obat tradisional oleh masyarakat sebagai hepatoprotektor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek hepatoprotektor dari Labu air dan mengetahui konsentrasi tanaman ini sebagai hepatoprotektor pada mencit jantan yang di induksi parasetamol dosis toksik. Penelitian ini adalah penelitian eksperimental berskala laboratorium yang menghubungkan konsentrasi dan efek hepatoprotektor. Dosis hepatotoksik parasetamol yang digunakan adalah 250mg/kg BB. Sampel sebanyak 15 ekor mencit jantan yang dibagi dalam 5 kelompok yang masing-masing terdiri dari 3 ekor mencit jantan, yaitu kelompok kontrol, kelompok I (dosis toksik parasetamol), kelompok II (aquades), kelompok III (10%), kelompok IV (15%), kelompok V (20%). Semua kelompok mencit di ambil darahnya untuk pengukuran SGPT dan SGOT. Analisis statistik menggunakan One Way Anova. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi penurunan SGOT dan SGPT yang optimal pada konsentrasi 20% sebagai hepatoprotektor pada mencit jantan yang di induksi parasetamol

Kata kunci: *Hepatoprotektor, Labu Air*

1. PENDAHULUAN

Labu air adalah salah satu tanaman yang digunakan sebagai hepatoprotektor di daerah Gorontalo, menurut Panchal C.V (2012) labu air adalah tanaman yang dapat digunakan sebagai hepatoprotektor. Hati adalah organ tempat nutrien diserap dari saluran cerna, diolah dan disimpan untuk dipakai oleh bagian tubuh lain. Hati jadi perantara antara sistem pencernaan dan darah, salah satu fungsi hati yang penting ialah melindungi tubuh terhadap terjadinya penumpukan zat berbahaya yang masuk dari luar misalnya obat, oleh sebab itu hati mempunyai kemungkinan yang cukup besar mengalami kerusakan oleh obat. Hepatitis karena obat pada umumnya tidak menimbulkan kerusakan permanen, tetapi kadang dapat berlangsung lama dan fatal (setiabudi, 1979).

Hepatotoksin didefinisikan sebagai senyawa kimia yang memiliki efek toksik pada sel hati. Dengan dosis berlebihan (dosis toksik) atau pemejanaan dalam jangka waktu yang lama senyawa yang bersangkutan dapat menimbulkan kerusakan hati akut maupun kronis (Zimmerman, 1978). Parasetamol adalah hepatotoksin yang predictable (teramalkan)

yaitu merupakan obat yang dapat dipastikan selalu akan menimbulkan kerusakan sel hati bila diberikan ke setiap penderita dengan dosis yang cukup tinggi. Parasetamol adalah hepatotoksin yang predictable yang merusak secara tidak langsung yang masih banyak digunakan. Parasetamol dapat menimbulkan nekrosis hati.

2. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian adalah eksperiment laboratorium yang dilaksanakan di laboratorium Farmakologi-Toksikologi. Waktu penelitian dilakukan bulan Mei-Juni 2014. Subyek penelitian yang digunakan adalah mencit jantan (*Mus musculus*) umur 2-3 bulan dengan berat 20-30 gram. Sampel yang digunakan adalah Labu air yang diambil dari Gorontalo dimana sampel labu air terlebih dahulu disortasi basah, dibersihkan dan dicuci kemudian di blender menjadi jus. Buah labu air dibuat dalam konsentrasi 10% b/v, 15% b/v dan 20% b/v. Pembuatan suspensi parasetamol dosis toksik dalam CMC 1%.

Mencit yang digunakan dibagi dalam 5 kelompok yang terdiri dari : kelompok I

Kontrol Parasetamol (Suspensi parasetamol dosis toksik 250mg/kg), Kelompok II (aquadest), Kelompok III (jus labu air 10% b/v), Kelompok IV (jus labu air 15% b/v), Kelompok V (jus labu air 20%). Pada hari ke-1 semua mencit diambil sampel darah awalnya untuk diukur SGOT/SGPT awal. Kemudian hari ke-2 sampai ke-7 kelompok I dan II diberikan aquadest, sedangkan kelompok III,

IV dan V diberi jus labu air dengan konsentrasi 10%, 15% dan 20%. Hari ke-8 semua kelompok (I, III, IV dan V) diberi parasetamol dosis hepatotoksik 250mg/kg. Setelah 48 jam perlakuan tersebut, semua mencit disemua kelompok (I, II, III, IV dan V) diambil darahnya melalui vena latelaris ekor dan dilihat aktivitas SGOT/SGPT. Analisis data menggunakan analisis One Way Anova.

Tabel 1. Nilai SGOT/SGPT untuk pengujian efek hepatoprotektor

Kelompok	SGOT rata-rata			SGPT rata-rata		
	Normal (u/l)	Sebelum perlakuan (u/l)	Setelah perlakuan (u/l)	Normal (u/l)	Sebelum perlakuan (u/l)	Setelah perlakuan (u/l)
Kelompok I (kontrol parasetamol)	23,2 - 48,4	- 45,3	113,3	2,1-23,8	24,3	106
Kelompok II (aquadest)	23,2 - 48,4	- 33,6	33,3	2,1-23,8	22,6	22,6
Kelompok IV (10%)	23,2 - 48,4	- 30,6	27,6	2,1-23,8	21	20,3
Kelompok V (15%)	23,2 - 48,4	- 43	31	2,1-23,8	23	21,6
Kelompok V (20%)	23,2 - 48,4	- 31	23	2,1-23,8	22,3	14,3

Tabel 2. Anova

ANOVA							
SGOT							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		17351.333	4	4337.833	30.124	.000
	Linear Term	Contrast	10046.700	1	10046.700	69.769	.000
		Deviation	7304.633	3	2434.878	16.909	.000
Within Groups			1440.000	10	144.000		
Total			18791.333	14			

ANOVA							
SGPT							
			Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	(Combined)		17979.333	4	4494.833	65.459	.000
	Linear Term	Contrast	10193.633	1	10193.633	148.451	.000
		Deviation	7785.700	3	2595.233	37.795	.000
Within Groups			686.667	10	68.667		
Total			18666.000	14			

Tabel 3. Uji Duncan

SGPT (Uji Duncan)				SGOT (Uji Duncan)			
Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.01		Perlakuan	N	Subset for alpha = 0.01	
		1	2			1	2
Jus Buah Labu Air 20%	3	14.3333		Jus Buah Labu Air 20%	3	23.0000	
Jus Buah Labu Air 10%	3	20.3333		Jus Buah Labu Air 10%	3	27.6667	
Jus Buah Labu Air 15%	3	21.6667		Jus Buah Labu Air 15%	3	31.0000	
Kontrol Negatif	3	22.6667		Kontrol Negatif	3	33.3333	
Kontrol Positif Hepatotoksik	3		106.0000	Kontrol Positif Hepatotoksik	3		113.333
Sig.		.277	1.000	Sig.		.348	1.000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan parasetamol sebagai penginduksi kerusakan sel-sel hati karena masih banyak obat yang mengandung parasetamol untuk tujuan analgesik antipiretik yang digunakan dalam waktu jangka panjang pada anak-anak dan orang dewasa. Parasetamol pada normalnya akan dimetabolisme hati 90% dibiotransformasi menjadi metabolit sulfat dan glukuronat (melalui reaksi sulfat konjugasi dan glukuronat konjugasi), senyawa ini tidak toksik dan akan dieksresi melalui urin, kemungkinan 4% dari dosis dimetabolisme oleh sitotokrom P-450 menjadi senyawa aktif metabolit yaitu N-asetil-p-benzoquinonimin (NABQI) dimana secara normal NABQI didetoksifikasi oleh reaksi konjugasi dengan glutathion dan

selanjutnya dieksresi. Tetapi glutathion yang ada dapat dihabiskan oleh sejumlah besar parasetamol sehingga NABQI berikatan dengan protein sel hati secara irreversibel dan akan mengalami nekrosis.

Enzim SGOT/SGPT digunakan sebagai indikator kerusakan hati karena enzim ini dilepaskan oleh sitoplasma dan mitokondria sehingga kadarnya meningkat dalam darah karena kenaikan kadar transaminase terjadi paling awal dalam perjalanan penyakit hati sebelum terjadi perubahan nilai yang lain, kadar serum transaminase adalah tes yang paling akhir normal dalam perjalanan penyakit hati dan kadar serum transaminase dapat dipakai sebagai petunjuk dari adanya kekambuhan dari suatu penyakit hati.

Pada pengujian hepatoprotektor semua kelompok mencit diberikan jus labu air selama

7 hari dan pada hari ke-8 diberikan parasetamol dosis toksik. Pada kelompok tanpa pemberian jus labu air yaitu kelompok kontrol parasetamol terjadi kenaikan nilai SGOT/SGPT dimana nilai SGOT terjadi kenaikan 2,5 kali dari nilai normal sedangkan nilai SGPT terjadi kenaikan 4,3 kali dari nilai normal (Tabel 1). Peningkatan nilai SGOT/SGPT menandakan terjadinya kerusakan sel-sel hati sehingga reaksi transaminase terganggu. Pada kelompok III, IV dan V untuk nilai SGOT/SGPT sudah mengalami penurunan mencapai nilai normal tetapi nilai optimal diperlihatkan pada kelompok IV (20%).

Berdasarkan hasil statistik uji Anova (Tabel 2) menunjukkan bahwa terdapat perbedaan aktivitas SGOT/SGPT antar kelompok ditunjukkan dalam nilai F hitung $> F$ tabel pada taraf 1% yaitu SGOT $30,124 > 5,994$ dan SGPT $65,459 > 5,994$ dan nilai sig $< \alpha$ yaitu $0,000 < 0,01$. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang sangat nyata pada nilai SGOT/SGPT pada Kelompok I (kontrol parasetamol), Kelompok II (aquadest) dan Kelompok III (10%), Kelompok IV (15%), Kelompok V (20%). Pada pengujian lanjut yaitu uji Duncan (Tabel 3) untuk nilai SGOT/SGPT menunjukkan bahwa pada kelompok II (aquadest), Kelompok III (10%), Kelompok IV (15%) dan Kelompok V (20%) tidak terdapat perbedaan yang sangat nyata tetapi ke 4 kelompok tadi mempunyai perbedaan yang sangat nyata dengan Kelompok I (kontrol parasetamol). Hal ini menggambarkan bahwa jus Labu Air asal Gorontalo dapat digunakan sebagai efek hepatoprotektor, dan dengan pemakaian 7 hari dapat melindungi hati dari pemberian

parasetamol.

4. KESIMPULAN

Labu air dengan konsentrasi 20% optimal dapat menunjukkan aktivitas hepatoprotektor akibat pemberian parasetamol dalam mencegah kerusakan hati yang ditunjukkan dengan nilai aktivitas SGOT/SGPT yang normal.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arfeliana, C. 2010. Pengaruh Pemberian Teh Hitam terhadap Kadar SGOT dan SGPT Mencit Balb. Artikel Karya Tulis Ilmiah. Universitas Diponegoro
- Ari Satia., Ninisita Sri Hadi, Sri Untari. 2008. Efek Hepatoprotektif Ekstrak Buah Merah (*Pandanus conoideus* Lam.) pada Hati mencit Jantan galus Swiss induksi dengan CCl₄. *Jurnal Natur Indonesia* 11 (1): 24-30
- Phanchal, C.V., A Jyotiram B. N. Sawale Poul, and K.R. Khandelwal. 2012. Hepatoprotective Activity of *Lagenaria siceraria* (Molina) Standley fruits Against Paracetamol Induced Hepatotoxicity in Mice. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 4 (1): 371-377
- Setiabudi, R. 1979. Hepatitis karena Obat. *Bagian Farmakologi FK-UI. Cermin Dunia Kedokteran* No. 15, 10-12 (online). (<http://hepatitisobat>, diakses 2014)
- Zimmerman H.J., 1978. *Drug-Induced Liver Disease*. academic Press. Inc. New York

DAUN GEDI (*Abelmoschus manihot* (L) Medik) SEBAGAI SUMBER ASAM FOLAT ALAMI

Sri Mulyani Sabang

Pendidikan Kimia Jurusan PMIPA
FKIP Universitas Tadulako Palu

Abstrak :

Tanaman gedi (*Abelmoschus manihot* (L) Medik, suku Malvaceae, merupakan tumbuhan tahunan yang berbatang tegak. Secara tradisional telah lama dikenal sebagai tanaman sayuran yang banyak tumbuh dan dikonsumsi oleh masyarakat. Daun gedi kaya akan vitamin A, Fe, dan serat yang baik untuk pencernaan. Secara tradisional daun gedi biasa digunakan bagi wanita hamil untuk memperlancar kelahiran anak. Olehnya itu dilakukan suatu penelitian untuk mengetahui kandungan asam folat dari daun gedi, yang dapat dijadikan sebagai sumber asam folat alami. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimen laboratorium dengan menggunakan metode Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (KCKT) untuk menganalisis kadar asam folat dari kedua jenis daun Gedi yaitu daun gedi merah (*Abelmoschus manihot* (L) Medica) (*forma platidactylus*, Bakh)) dan daun gedi putih (*Abelmoschus manihot* (L) Medica) (*forma leptodactylus*, Bakh). Berdasarkan hasil analisis didapatkan bahwa kadar asam folat daun gedi putih 54,65 ppm lebih tinggi dari pada daun gedi merah 20,69 ppm.

Kata kunci: daun gedi, asam folat

1. PENDAHULUAN

Tanaman Gedi (*Abelmoschus manihot*) merupakan tumbuhan atau pohon yang dimanfaatkan sebagai sayuran dan obat paling favorit di Sulawesi pada umumnya. Tanaman Gedi ini terdiri dari dua jenis yaitu Gedi merah dan Gedi putih. Daun Gedi ternyata dipercaya memiliki khasiat obat antara lain untuk menyembuhkan asam urat, diabetes, darah tinggi, susah buang air besar, maag dan lain-lain. Bagi wanita hamil, sayur ini sangat disarankan untuk memperlancar kelahiran anak. Daun Gedi kaya akan vitamin A, Fe, dan serat yang baik untuk pencernaan. Kolagen dalam daun Gedi berkhasiat sebagai antioksidan, dan menjaga kesehatan kulit. Serat daun akan menyerap kolesterol dan lemak, hingga tanaman ini dipercaya dapat membantu menurunkan kadar kolesterol dan hipertensi.

Kandungan serat yang tinggi pada daun gedi dapat memberikan manfaat yang besar terutama dalam melancarkan pencernaan. Penyerapan serat tinggi dapat meningkatkan sistem pencernaan dan mencegah sembelit saat buang air besar. Serat

membantu mempercepat sisa-sisa makanan melalui saluran pencernaan untuk disekresikan keluar. Serat juga berfungsi untuk mengikat kolesterol didalam saluran pencernaan sehingga kolesterol tersebut tidak dapat diserap kembali oleh tubuh. Selain itu daun gedi adalah tanaman yang berhijau daun. Tanaman atau sayuran hijau yang berwarna hijau merupakan sumber asam folat yang potensial. Tanaman yang mengandung asam folat bermanfaat bagi kesehatan tubuh wanita hamil. Asam folat tidak hanya dapat mencegah anemia tetapi juga mempercepat pengembangan sistem saraf untuk janin. Menurut penelitian medis, asam folat berlimpah terkandung dalam vegetarian dan hewani. Ibu hamil dapat mengkonsumsi sayuran hijau dan hati hewan untuk suplemen asam folat.

Folasin atau asam folat termasuk vitamin yang jarang dikenal masyarakat Indonesia meskipun peranannya sangat penting bagi tubuh manusia. Bahan-bahan pangan yang menjadi sumber folat masih belum banyak dikenal dan diteliti. Penentuan kandungan folat dalam makanan merupakan masalah analitik yang sulit karena bentuk biologi aktif vitamin

ini sangat beragam yang secara alami berada dalam ikatan poliglutamat. Folat sensitive terhadap panas, asam kuat, oksidasi dan cahaya. Karena itu komponen ini susah untuk diekstrak dari makanan tanpa teroksidasi atau terdekonjugasi.

2. METODE PENELITIAN

2.1.1 Sampel

Sampel dalam penelitian ini adalah tanaman Gedi merah (*Abelmoschusmanihot*L. *Medica Forma Platidactylus*, Bakh) dan Gedi putih (*Abelmoschusmanihot*L. *Medica Forma Leptodactylus*, Bakh) yang tumbuh di daerah kota Palu, Sulawesi Tengah.

2.2 Alat dan Bahan Yang Digunakan

2.2.1 Alat yang digunakan

Alat sokletasi, baskom, batang pengaduk, botol vial, cawan petri, cawan porselin, corong Buchner (Scott), eksikator, erlenmeyer (Pyrex), gelas piala (Pyrex), gelas ukur (Pyrex), labu ukur (Pyrex), KCKT, neraca analitik (Sartorius), pendingin balik, pipet volume, rak tabung, sendok tanduk, sentrifus, spatula, syringe filter, tabungsentrifus, water bath

2.2.2 Bahan yang digunakan

Aquadest, Etanol 96%, Asam folat, Asam askorbat, Buffer Na-asetat 0,1 M pH 4,5 yang mengandung asam askorbat 0,25%, Buffer Na-fosfat 0,1 M pH 7,0 yang mengandung 0,25% asam askorbat., Fase Gerak : Kalium fosfat 0,033 M pH 2,3 : Asetonitril (9:1), Sampel daun Gedi Merah dan daun Gedi putih, ketas saring.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pengolahan sampel

Sampel daun gedi disortasi terlebih dahulu untuk selanjutnya dicuci dengan air yang mengalir, lalu disortasi kembali. Sampel kemudian dipotong-potong menjadi bagian-bagian kecil untuk mempercepat p[re]ses pengeringan, selanjutnya dikeringanginkan untuk menghilangkan air dalam sampel sehingga dapat mencegah pertumbuhan mikroorganisme. Sampel yang telah kering

diblender kemudian diayak untuk mendapatkan serbuk daun gedi.

2.3.2 Pembuatan larutan standar folat

Menimbang dengan saksama Kristal asam folat sebanyak 5 mg, kemudian dilarutkan dengan sempurna dalam 5 ml buffer Na-fosfat 0,1 M pH 7,0 yang mengandung 0,25% asam askorbat. Pengenceran yang dilakukan adalah 10x dan 100x.

2.3.3 Ekstraksi folat

Prosedur ekstraksi komponen folat dari jaringan tanaman diawali dengan homogenisasi masing-masing sampel (daun Gedi merah dan daun Gedi putih) sekitar 25 gram dengan 125 ml buffer Na-asetat 0,1 M pH 4,5 yang mengandung 0,25% asam askorbat sebagai antioksidan pada suhu 10°C. larutan kemudian dipanaskan pada penangas air pada suhu 100°C selama 10 menit. Filtrate yang diperoleh diukur volumenya untuk pengukuran konsentrasi.

2.3.4 Penetapan kadar asam folat

Penyaringan selalu dilakukan terhadap ekstrak sampel dengan syringe filter yang mempunyai ukuran membrane 0,22 mikron, sebelum ekstrak sampel diinjeksikan ke KCKT. Kemudian ekstrak yang sudah disaring diambil secukupnya dan dimasukkan ke dalam botol vial khusus yang ditempatkan di dalam alat injector otomatis, selanjutnya sampel tersebut siap untuk dianalisis. Jumlah ekstrak sampel yang diinjeksikan sebanyak 10 µl (harus sama dengan jumlah larutan standar yang diinjeksikan).

Kolom yang dipakai untuk analisis KCKT adalah kolom TSK-GEL ODS 80 TM (25 cm x 4,6 mm) dengan kolom pengaman jenis filter Novapak C-18. Fase gerak yang digunakan adalah Kalium fosfat 0,033 M pH 2,3 : acetonitril (9:1) dengan laju aliran 0,8 ml/menit. Deteksi diperoleh pada panjang gelombang UV 280 nm.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Analisis

Dari hasil penelitian analisis kadar asam folat daun gedi merah dan daun gedi putih

yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3.1 Hasil Analisis Asam Folat Daun Gedi Merah dan Daun Gedi Putih

Sampel	Brt. Sampel (gram)	Hasil Perolehan Asam Folat	
		($\mu\text{g/mL}$)	mg/100g
Gedi Merah	2,51270	20,69	164,683
Gedi Putih	2,51580	54,65	1086,14

3.2 PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah daun gedi merah (*Abelmoschus manihot* L. Medica (*forma platidactylus*, Bakh)) dan daun gedi putih (*Abelmoschus manihot* L. Medica (*forma leptodactylus*, Bakh)).

Untuk analisis asam folat diperoleh hasil untuk gedi merah 20,69 $\mu\text{g/mL}$ dan gedi putih 54,65 $\mu\text{g/mL}$. Dari data tersebut diperoleh hasil kadar asam folat (mg/100g) gedi merah adalah 164,683 mg/100g dan gedi putih 1086,14 mg/100g. Dalam hal ini dapat disimpulkan bahwa dari data yang diperoleh daun gedi putih memiliki kadar asam folat lebih besar dari pada daun gedi merah. Tingginya asam folat yang terkandung dalam daun gedi putih kemungkinan dikarenakan perbedaan warna daunnya, dimana warna hijau daun gedi putih lebih nampak dibandingkan dengan daun gedi merah yang penampakannya agak coklat kemerahan, berdasarkan literatur umumnya asam folat terdapat dalam sayuran hijau.

Asam folat merupakan salah satu dari beberapa jenis vitamin B yang sangat penting bagi tubuh. Asupan asam folat dapat diperoleh dari makanan, sayuran hijau, serta buah-buahan. Asam folat memiliki fungsi sebagai kofaktor enzim untuk sintesis deoxyribonucleic acid (DNA) dan ribonucleic acid (RNA) yang berperan dalam replikasi sel dan juga dibutuhkan untuk mengubah homosistein menjadi metionin. Folat terutama terdapat dalam sayuran hijau (istilah folat berasal dari kata latin folium, yang berarti daun hijau), hati, daging tanpa lemak, sereal utuh, biji-bijian, kacang-kacangan, dan jeruk. Vitamin C dalam jeruk menghambat kerusakan folat.

Menurut anjuran WHO, orang dewasa membutuhkan 400 mikrogram asam folat per hari, sedangkan wanita hamil membutuhkan minimal 800 mikrogram asam folat per hari karena asupan asam folat memang sangat penting bagi wanita hamil. Folat berperan untuk mencegah terjadinya neural tube defect (NTD), yaitu cacat bawaan yang sering terjadi pada bayi yang kekurangan folat sejak masih janin dalam kandungan ibunya. Sebuah penelitian memperlihatkan bahwa konsumsi asam folat 0,4 miligram sebelum hamil dapat menurunkan risiko NTD sebesar 50%. Sementara itu, penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa risiko NTD dapat turun hingga 85% dengan cara mengonsumsi asam folat 0,4 miligram sebelum dan juga di awal kehamilan.

Tubuh kita memang sangat tergantung pada konsumsi makanan sebagai sumber asam folat. Walaupun kita sudah memiliki bakteri yang mampu memproduksi folat dalam sistem pencernaan, namun kontribusinya relatif kecil. Selain itu konsumsi asam folat dari makanan alami sehari-hari juga cukup kecil bahkan hanya 50% dari total kebutuhan harian. Sementara itu, daya serap untuk asam folat dalam bentuk sintesis bisa mencapai 85-100%. Dalam tubuh, cadangan asam folat akan di simpan dalam hati. Bila kita mengonsumsi asam folat secara berlebihan, maka tubuh akan membuangnya melalui sistem urine. Karena keterbatasan serapan asam folat dari makanan sehari-hari, maka disarankan untuk menambahkan folat dari sumber makanan lainnya. Sumber tersebut dapat diperoleh darisayuran daun gedi yang mudah tumbuh dipekarangan rumah. Kekurangan asam folat menyebabkan gangguan metabolisme DNA. Akibatnya terjadi perubahan dalam morfologi intisel terutama sel-sel yang cepat membelah, seperti sel darah merah, sel darah putihserta sel-sel epitel lambung danusus, vagina, dan servik rahim. Kekurangan folat menghambat penyembuhan, menyebabkan anemia megaloblastik dengan gguan darah lain, pera dan gan lidah (glositis) dengan gguansaluran cerna. Alkohol mengganggu absorpsi dan meningkatkan ekskresi folat. Kekurangan folat dapat terjadikarena kurangnya konsumsi, terganggunya absorpsi, kebutuhan metabolisme yang meningkat akan vitamin ini atau pada pembelahan sel yang berjalan sangat cepat. Pengaruh obat-obatan dan

kecanduan alkohol. Kurangnya konsumsi folat terutama terjadi pada masyarakat berpenghasilan rendah yang tidak dapat memperoleh makanan kaya folat secara teratur. Kurang konsumsi dapat juga terjadi pada manula yang susunan makanannya terbatas.

Olehnya itu sangat dianjurkan untuk mengkonsumsi sayuran yang banyak mengandung asam folat. Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa daun gedi kaya akan kandungan asam folat. Sehingga daun gedi khususnya daun gedi putih dapat dijadikan sebagai sumber asam folat alami yang murah dan mudah didapatkan. Karena daun gedi dapat tumbuh dengan subur di pekarangan rumah.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis kandungan asam folat daun gedi, didapatkan bahwa kandungan daun gedi putih lebih tinggi dari pada daun gedi merah dimana kandungan asam folat daun gedi putih sebesar 1086,14 mg/100g dan daun gedi merah 164,683 mg/100g.

4.2 Saran

1. Diharapkan kepada seluruh masyarakat agar membudidayakan tanaman gedi sebagai tanaman obat untuk pengembangan lebih lanjut.
2. Diharapkan kepada peneliti selanjutnya melakukan analisis kandungan asam folat untuk jenis sayuran hijau yang lain, sebagai sumber asam folat alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2000. Parameter Standar Umum Ekstrak Tumbuhan Obat.
Amol Tadarwal, Pritam Jain, Sanjai Bari. 2011. *Abelmoschus manihot* Linn: *tehnobotany, phytochemistry and*

pharmacology. Asian Journal of Traditional Medicines. Vol. 4. No. 1: 21 – 25

- Direktorat Jendral Pengawasan Obat dan Makanan, Dep. Kes RI. Jakarta. 10.
Lexy Mamahit. 2010. *Satu Senyawa yang Diisolasi dari Daun Gedi (Abelmoschus manihot L. Medik) Asal Sulawesi Utara*. Teknologi Pertanian Universitas Sam Ratulangi. Manado
Lin-lin W., Xin-bo Y., Zheng-ming H., He-zhi L., Guang-xia W., 2007, In vivo and in vitro antiviral activity of hyperoside extracted from *Abelmoschus manihot* (L) medik, *Acta Pharmacol Sin* 28 (3):404-409.
Pamela J. Bagley and Jacob Selhub. 2000. *Analisis of Folate form Distribution by Affinity Followed by Reversed-phase Chromatografi with Elektrochemical Detection*. Journal Clinical Chemistry. Vol. 43, No. 3: 404 – 411
Riestya, Shandra. 2012. *Pentingnya Asam Folat Bagi Wanita Hamil*.
Silalahi, J. 2006. *Makanan Fungsional*. Yogyakarta: Kanisius.
Sirait, M. 1993. *Penapisan Farmakologi Pengujian Fitokimia dan Pengujian Klinik*. Jakarta. 15-17.
Winarsi, Hery. 2007. *Antioksidan Alami dan Radikal Bebas*. Penerbit Kasinus. Yogyakarta. 79-81

PENGEMBANGAN BENTUK SEDIAAN GEL ARBUTIN TERHADAP PENGHAMBATAN HIPERPIGMENTASI MELANIN SECARA INVIVO

Nur Ain Thomas¹, Yusri Noe¹, Robert Tungadi¹

¹Fakultas Ilmu Kesehatan dan Keolahragaan, Universitas Negeri Gorontalo

Email: nurain.thomas@gmail.com

ABSTRAK

Latar Belakang : Melanin merupakan pigmen yang berperan dalam menentukan warna kulit. Produksi melanin dapat berlebih diakibatkan karena paparan radiasi ultra violet atau kelainan hiperpigmentasi. Arbutin digunakan secara topikal dalam konsentrasi 1-5% sebagai zat depigmentasi untuk kulit pada gangguan hiperpigmentasi. **Tujuan penelitian:** yaitu memformulasi dan mengoptimasi gel arbutin dengan melihat penghambatan hiperpigmentasi pada hewan kelinci jantan (*Orictolagus cuniculus*) secara *In Vivo*. **Metode penelitian :** Optimasi basis gel dilakukan pada tiga variasi yang berbeda yaitu 5%, 10% dan 15%. Formula basis gel yang baik dilanjutkan pada formulasi gel arbutin dengan tiga variasi konsentrasi 1%, 1.5% dan 2%. Ketiga formula gel arbutin dilakukan uji organoleptis dan homogenitas, uji stabilitas, uji iritasi serta dilakukan penghambatan hiperpigmentasi secara *invivo*. **Hasil penelitian:** Hasil yang diperoleh bahwa senyawa arbutin dengan konsentrasi 1.5% tidak mengiritasi dan dapat diformulasi dalam bentuk sediaan gel serta memberikan efektivitas penghambatan hiperpigmentasi yang baik yang dilakukan secara *In Vivo*. Uji kestabilan pH dan viskositas dilakukan pada suhu 40°C dan 5°C selama 30 hari atau tujuh siklus tidak terdapat perbedaan yang signifikan ($p > 0.01$).

Kata Kunci: Arbutin, Melanin, Hiperpigmentasi, Kelinci Jantan

ABSTRACT

Background: Melanin is a pigment having role in determining skin color. The melanin production can excess in the skin because it exposures to radiation particularly ultraviolet or hyperpigmentation abnormality. Arbutin is 1-5% topically as depigmentation material for skin on disturbing of hyperpigmentation. **The aim of this study** was gell dosage form development on the inhibition of mellanin hyperpigmentation *in vivo*. **Method:** Optimization of gel basis was done on three different concentrations i.e. 5%, 10% and 15%. Formulas of gel basis showing the best performance were continued by formulating arbutin gel using three concentration variation i.e. 1%, 1.5% and 2%. After that, all formulas were observed by organoleptic test, homogeneity test, and irritation test. The test of hyperpigmentation was done on rabbit that is before induced by UV lamp. The stability test of pH and viscosity were at 5°C and 40°C for 30 days or 7 cycles. The test result showed that arbutin compound 1.5% can be formulated and optimized in the form gel. Besides that, arbutin gel gave good effectiveness in inhibiting hyperpigmentation *In Vivo*.

Keywords : Arbutin, Melanin, Hyperpigmentation, Rabbit

1. PENDAHULUAN

Warna kulit setiap manusia berbeda-beda ada yang terang, kuning langsung, sawo matang, coklat, dan hitam. Perbedaan warna kulit ini disebabkan karena adanya perbedaan

kandungan melanin dalam tubuh. Melanin merupakan pigmen yang sangat berperan dalam menentukan warna kulit manusia. Proses pembentukan melanin ini disebut dengan pigmentasi. Pigmentasi pada keadaan tidak normal mengakibatkan kandungan melanin

pada kulit tidak tersebar secara merata yang disebut dengan hiperpigmentasi. Kelainan ini dapat mengubah penampilan dan menimbulkan keluhan estetika bahkan gangguan psikososial. Tirosinase merupakan enzim yang dapat mengkatalis sintesis melanin dimelanosit oleh karena itu mekanisme penghambatan enzim tirosinase dapat dilakukan melalui formulasi sediaan kosmetik pemutih kulit.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa arbutin dapat menurunkan biosintesis melanin melalui penghambatan aktivitas tirosinase. (Al-Ash'ary, M. Titin S, Zackiyah. 2010). Arbutin merupakan senyawa yang tidak toksik dan aman digunakan dibandingkan dengan senyawa yang lainnya. Senyawa arbutin memiliki sifat hidrofilik (Huangbet al. 2004) sehingga sangat baik diformulasi dalam bentuk sediaan gel. Bentuk sediaan topikal yang populer dipasarkan saat ini adalah krim dan gel. Masing-masing bentuk sediaan tersebut memiliki keunggulan tersendiri. Gel merupakan sediaan semipadat, berbentuk suspensi partikel dengan pelarut air. Gel memiliki beberapa keuntungan antara lain efek pendinginan pada kulit saat digunakan, penampilan sediaan yang jernih dan elegan, pada pemakaian dikulit setelah kering meninggalkan film tembus pandang, elastis, daya lekat tinggi dan mudah dicuci dengan air. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dilakukan Pengembangan bentuk sediaan gel arbutin dalam penghambatan hiperpigmentasi pada kelinci jantan (*Oryctolagus cuniculus*) secara *In Vivo*.

2. METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Arbutin, Trietanolamin, Propilenglikol, Metil Paraben, Gliserin, Viscolam, Asam Fosfat, Natrium Fosfat, Aquades.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan analitik (KERN), spektrofotometer UV-Vis, pipet, batang pengaduk, dan alat-alat gelas, sentrifugasi, penangas, cawan porselin, beker

gelas, labu ukur (pyrex), lampu UV, magnetik stirer, viskositas brokvilt, pH meter, vortex, lemari pendingin.

Penentuan Spektrum Serapan dan Panjang Gelombang Maksimal Arbutin

Spektrum serapan arbutin ditentukan dengan menggunakan alat spektrofotometer pada panjang gelombang serapan maksimumnya adalah 280 nm.

Optimasi basis Gel

Dilakukan optimasi basis gel dengan menggunakan Viskolam sebagai *gelling agent* dengan tiga konsentrasi 5%, 10% dan 15%. Basis gel yang baik diteruskan dalam pembuatan sediaan gel arbutin.

Tabel 3.1 Optimasi Basis Gel

Bahan	F ₁ (%)	F ₂ (%)	F ₃ (%)
Viscolam	5	10	15
Gliserin	15	15	15
Propilen glikol	5	5	5
Metil paraben	0.3	0.3	0.3
Trietanolamin	2.5	2.5	2.5
Asam fosfat	0.498	0.498	0.498
Natrium fosfat	0.425	0.425	0.425
Air	Add	Add	Add
	100	100	100

Pembuatan Sediaan Gel Arbutin

ditambahkan air diaduk menggunakan stirer dengan kecepatan 500 rpm selama 2-3 menit. Kemudian setelah homogen ditambahkan Triethanolamine secukupnya sampai terbentuk gel yang transparan dengan viskositas yang sesuai. (Campuran 1). Kemudian kedalam campuran 1 ditambahkan Propilenglikol, Metilparaben, Propilenglikol, gliserin dan dapar fosfat yang kemudian diaduk menggunakan stirer homogenizer dengan kecepatan 500 rpm selama 2-3 menit sampai homogen.

Tabel 3.2 Formulasi Sediaan Gel Arbutin

Bahan	F_{2A} (%)	F_{2B} (%)	F_{2C} (%)
Arbutin	1	1.5	2
Viscolam	10	10	10
Gliserin	15	15	15
Propilen glikol	5	5	5
Metil paraben	0.3	0.3	0.3
Trietanolamin	2	2	2
Asam fosfat	0.498	0.498	0.498
Natrium fosfat	0.425	0.425	0.425
Air	Add	Add	Add
	100	100	100

Uji Iritasi

Uji iritasi kulit dilakukan pada punggung kelinci yang sebelumnya telah dibersihkan dari bulu dengan menggunakan alat pencukur listrik. Kelinci dibiarkan selama 24 jam sebelum perlakuan. Kelinci yang digunakan harus sehat, tidak boleh ada luka dan kelainan pada kulit. Sediaan ditimbang 0.5 gram dan dioleskan pada bagian punggung yang telah ditetapkan, ditutup dengan kasa hidrofili, plastik selofan, kemudian direkatkan dengan plester hipovalorgik dan terakhir ditutup dengan kapas.

Punggung kelinci dibalut dengan perban dan kelinci dibiarkan 24 jam dalam kandang. Eritema dan edema diamati 24 jam setelah perlakuan, dan dilanjutkan 72 jam berikutnya. Ditentukan indeks iritasi primer kutan basis dan sediaan. Iritasi ditentukan dengan menggunakan tiga ekor kelinci. Nilai skor iritasi ketiga ekor kelinci dihitung totalnya berdasarkan pedoman skor iritasi metode Draize.

Perlakuan Penginduksian Radiasi UV dan Penentuan Penghambatan Hiperpigmentasi Pada Hewan Kelinci

Perlakuan penginduksian radiasi UV dan penentuan penghambatan hiperpigmentasi dilakukan pada tiga ekor kelinci. Kelinci yang digunakan adalah kelinci yang sehat dengan

berat badan 2.5-3 kg dengan perlakuan dimana punggung kelinci dicukur dan dibersihkan, kemudian disinari lampu UV selama 2 atau 3 jam sampai terlihat pigmen melanin dipunggung tersebut. Setelah itu dioleskan gel sebanyak 0.5 gram dibagian punggung kelinci yang berada melanin. Gel dioleskan pada kulit dengan luas daerah sekitar 2x2 cm dan dibiarkan kemudian dilakukan pengamatan pada punggung kelinci setiap saat dan diamati perubahan warna kulit punggung kelinci jantan (*Oryctolagus cuniculus*).

Uji Stabilitas Sediaan Gel Arbutin

Uji Organoleptis

Evaluasi organoleptis dilihat secara langsung menggunakan panca indra mulai dari bentuk, warna, dan bau dari sediaan yang telah dibuat (Anief, 1997).

Uji Homogenitas

Pengujian homogenitas dilakukan dengan cara sampel gel dioleskan pada sekeping kaca atau bahan transparan lain yang cocok, sediaan harus menunjukkan susunan yang homogen dan tidak terlihat adanya butiran kasar (Dirjen POM, 1985).

Uji pH Sediaan Gel Selama 30 Hari

Gel disimpan pada ruang bersuhu 40°C dan 5°C selama 30 hari, pH gel diukur tiap rentang waktu tertentu selama 30 hari menggunakan pH meter. Hal ini dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran pH terhadap sampel yang berbeda dari tiap formula sehingga data yang diperoleh merupakan rata-rata dari tiga sampel tersebut.

Pengukuran Viskositas Gel Selama 30 Hari

Gel disimpan pada ruang bersuhu 40°C dan 5°C selama 30 hari, viskositas gel diukur tiap rentang waktu tertentu selama 30 hari menggunakan viskometer. Hal ini dilakukan sebanyak 3 kali pengukuran viskositas terhadap sampel yang berbeda dari tiap formula sehingga data yang diperoleh merupakan rata-rata dari tiga sampel tersebut.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengembangan bentuk sediaan gel arbutin dalam penghambatan hiperpigmentasi melanin

pada hewan kelinci dimana terlebih dahulu dilakukan optimasi basis gel dengan menggunakan Viscolam sebagai basis gel, dimana Viscolam merupakan bentuk polimer yang memiliki keuntungan yaitu dapat digunakan dalam proses panas maupun dingin. Gliserin digunakan sebagai humektan, Propilenglikol sebagai penetran enhancer, Metil Paraben sebagai pengawet, Trietanolamin sebagai pengalkali, Asam fosfat dan Natrium fosfat sebagai buffer. Optimasi gel dilakukan dengan tiga variasi konsentrasi basis gel yaitu formula basis gel dengan konsentrasi 5% (F_1), 10% (F_2), dan 15% (F_3) yang dapat dilihat pada tabel 3.1. Menurut Ansel tahun (2008) menyatakan bahwa tahap optimasi berguna untuk mempertimbangkan suatu bentuk sediaan terhadap karakteristik, kimia dan biologis dari semua bahan-bahan obat dan bahan-bahan farmasetik yang akan digunakan dalam membuat sediaan gel. Obat dan Adjuvan farmasetik yang digunakan harus tercampurkan satu dengan lainnya untuk menghasilkan suatu produk obat yang stabil, manjur, menarik, mudah dibuat dan aman. Dari ketiga basis gel yang dibuat dilakukan evaluasi secara organoleptis dan viskositas. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut bahwa basis gel pada F_1 sediaanannya agak cair, F_3 sediaanannya sangat kental, sedangkan F_2 memiliki konsistensi sediaan yang baik. Viskositas merupakan masalah yang penting dalam formulasi sediaan gel. Viskositas sediaan yang terlalu besar pada sediaan topikal dapat menyebabkan kesulitan pada saat penggunaannya di permukaan kulit. Viskositas yang tinggi juga dapat mempengaruhi laju difusi sesuai dengan persamaan Stokes dan Einstein yaitu laju difusi berbanding terbalik dengan viskositas (Devisquet dan Aiache, 1993) sehingga hal ini akan mempengaruhi jumlah obat yang berpenetrasi ke dalam lapisan kulit bagian bawah. Dari hasil pengujian tersebut F_2 yang dipilih untuk dilanjutkan dalam formulasi gel arbutin yang dapat dilihat pada tabel 3.2.

Pada tabel 3.2 terdapat tiga formula yaitu F_{2A} , F_{2B} dan F_{2C} dengan variasi konsentrasi arbutin 1%, 1.5% dan 2%. Ketiga formula tersebut dilakukan pengujian meliputi organoleptis yaitu warna, bau dan homogenitas, pengujian pH dan Viskositas. Dari hasil pengamatan diperoleh formula F_{2A} dan F_{2B} warnanya bening, tidak memiliki bau serta

homogeny, pH nya memenuhi range pH kulit dan viskositasnya sangat baik. Sedangkan F_{2C} memiliki tampilan fisik yang keruh. Setelah formula pada tabel 3.2 dievaluasi secara organoleptis, semua formula dilanjutkan dengan uji iritasi. Iritasi adalah suatu kondisi pada kulit yang muncul akibat kontak berkepanjangan dengan zat kimia tertentu. Setelah beberapa waktu, kulit akan mengering terasa nyeri, mengalami perdarahan, dan pecah-pecah. Kondisi ini diakibatkan oleh solven, asam, alkali (basa), detergen. Begitu kontak dengan zat kimia yang menyebabkan kondisi tersebut dihentikan, kulit akan pulih seperti sedia kala. Gejala umum yang dapat terjadi jika terjadi iritasi seperti panas, disebabkan karena dilatasi pembuluh darah pada daerah yang terkena yang dapat dilihat dengan timbulnya kemerahan pada daerah kulit tersebut (eritema). Selain itu dapat juga menyebabkan terjadinya udema, yang dapat diamati dengan terjadinya perbesaran plasma yang membeku pada daerah yang terluka (World Health Organization, 2005). Berdasarkan hal tersebut, maka harus dilakukan uji iritasi sebelum pemakaian pada manusia sehingga mencegah reaksi hipersensitivitas. Apabila terdapat tanda-tanda iritasi pada kulit hewan coba, maka ada kemungkinan terjadi iritasi pada kulit manusia. Pengujian iritasi ini berlangsung selama tiga hari atau selama 72 jam. Setiap 24 jam diamati punggung kelinci tersebut, dilihat adanya eritema atau udema yang terjadi. Pengamatan uji iritasi menggunakan metode Draize dilakukan berdasarkan 2 hal, yaitu pada penampakan eritema dan bentuk luka, serta besarnya udema yang ditimbulkan. Setelah diuji iritasi dilanjutkan pada tahap uji penghambatan hiperpigmentasi pada kelinci jantan (*Oryctolagus cuniculus*). Pada pengujian penghambatan pigmen melanin digunakan formula F_{2A} dan F_{2B} . Formula F_{2A} dan F_{2B} memiliki efektivitas dalam menghambat hiperpigmentasi dengan variasi waktu penghambatan yang berbeda. Pada F_{2A} perubahan warna kulit mulai terjadi pada hari ke 5 terlihat sedikit perubahan warna. Warna kulit kembali ke normal berada pada hari ke 15. Formula F_{2B} penghambatannya lebih cepat dibandingkan dengan formula F_{2A} konsentrasi 1%, dimana pada hari ke 4 sudah mulai terjadi perubahan warna kulit. Pada hari ke 7 perubahan warna kulit mulai terlihat jelas. Pada hari ke 11 pigmen melaninnya tinggal

sedikit. Kemudian pada hari ke 13 warna kulit kelinci kembali ke normal. Untuk konsentrasi arbutin 1.5% penghambatannya hampir sama

dengan kontrol positif. Hasil penghambatan pigmen dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 3.3 Hasil Uji Penghambatan Hiperpigmentasi

K	Formula	Waktu (hari)										
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	F _{2A} A ₁	-	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0
A	F _{2A} A ₂	-	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0
	F _{2A} A ₃	-	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0
	F _{2B} B ₁	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0
B	F _{2B} B ₂	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0
	F _{2B} B ₃	-	+	+	+	0	0	0	0	0	0	0
Kontrol +		+	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0

- (-) = Belum terjadi perubahan
- (+) = Sudah terjadi perubahan
- 0 = Tidak dilanjutkan pengamatan
- K = Kelinci

Arbutin secara topikal digunakan sebagai zat depigmentasi untuk kulit pada gangguan hiperpigmentasi (Sweet S, 2009). Menurut (Maeda, K. Fukuda, M. 1996; Lim, Y J. dkk. 2009) bahwa arbutin bekerja dengan cara menurunkan sintesis tirosonase pada konsentrasi tidak toksik atau menghambat aktivitasnya yang berlebih yang mengakibatkan hiperpigmentasi pada kulit. Tirosinase merupakan enzim yang mengatur biosintesis melanin. Pembentukan melanin dapat dihambat dengan cara menurunkan sintesis tirosonase atau menghambat aktivitasnya (Hartanti, L. 2009 dalam Fransiska M A. dkk. tanpa tahun).

Melanin merupakan pigmen yang dapat melindungi jaringan kulit dari penghamburan sinar UV (Chang, T S. 2009). Melanin juga merupakan pigmen utama menentukan warna kulit (Bauman, L. 2009 dalam hindritiani, R. dkk. 2013) yang disintesis pada melanosom yaitu organela khusus pada melanosit yang terletak pada lapisan basal epidermis (Park, H Y. 2012 dalam hindritiani, R. dkk. 2013). Melanin terbentuk melalui rangkaian oksidasi dari amino tirosin dengan melibatkan enzim tirosonase (Chang, T S. 2009). Jika jumlah melanin yang terbentuk

berlebihan akan dapat menimbulkan hiperpigmentasi yang ditandai dengan adanya perubahan warna kulit. Pada manusia proses pembentukan melanin dapat terjadi dengan bantuan biokatalis (enzim) dan sinar UV yang terdapat dalam matahari. Biokatalis yang berperan dalam reaksi pencoklatan ini adalah tirosinase. Setelah dilakukan tahap pengujian hiperpigmentasi, dilanjutkan uji stabilitas pH dan viskositas.

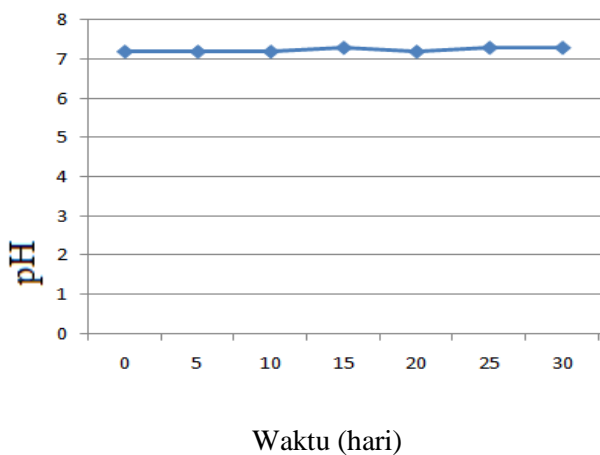
Dalam penelitian ini formula F_{2B} merupakan sediaan yang dipilih untuk dilanjutkan pada uji stabilitas selama satu bulan. Uji stabilitas yang diamati yaitu uji stabilitas pH dan uji stabilitas viskositas yang dilakukan pada dua kondisi yang berbeda yaitu pada suhu 40°C dan pada suhu 5°C selama satu bulan atau tujuh siklus. Dimana dalam satu siklus terdiri dari 48 jam pada suhu 5°C dan 48 jam pada suhu 40°C, dan setiap siklus diperiksa pH dan viskositasnya. Hasil pengukuran pH dan viskositas dapat dilihat pada gambar 3.4 dan 3.5. Hasil pengukuran pH dan viskositas dilanjutkan dengan analisis statistik menggunakan uji Anova One-way dengan taraf signifikan 99% (p>0.01). Hasil pengujian Anova One-way terlihat bahwa tidak ada

perbedaan secara signifikan pada formula F_{2B} dari hari pertama sampai pada hari terakhir pengujian.

Tabel 3.4 Uji Stabilitas pH Formula F_{2B}

T (hari)	pH
0*	7.2 ± 0.05
5	7.2 ± 0.05
10	7.2 ± 0.05
15	7.3 ± 0
20	7.2 ± 0.05
25	7.3 ± 0
30	7.3 ± 0

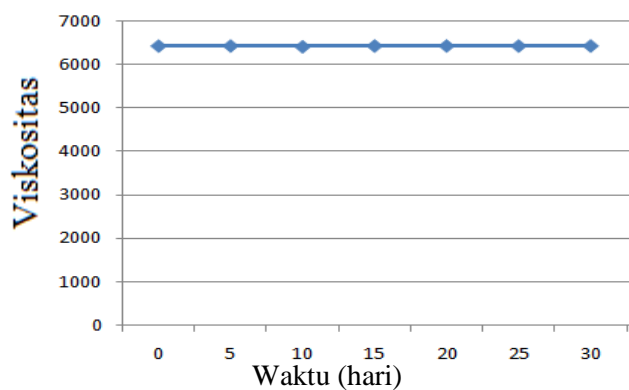
Grafik Pengujian pH



Tabel 3.5 Uji Viskositas formula F_{2B}

T (hari)	Viskositas
0*	6450 ± 2.5
5	6451 ± 1.7
10	6433 ± 1.1
15	6451 ± 2.0
20	6452 ± 2.5
25	6451 ± 1.0
30	6451 ± 1.1

Grafik Pengujian Viskositas



4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Senyawa arbutin dapat dioformulasi dan dioptimasi dalam bentuk sediaan gel dengan formulasi arbutin 1.5%, Viskolam 10%, gliserin 15%, Propilenglikol 5%, Metil Paraben 0.3%, Trietanolamin 2.5%, Asam Fosfat 0.498%, Natrium Fosfat 0.425% dan air ditambahkan sebanyak 100%, stabil berdasarkan evaluasi organoleptis, viskositas dan pH selama 30 hari.
2. Sediaan gel arbutin dengan konsentrasi arbutin 1.5% berdasarkan uji penghambatan hiperpigmentasi secara *in vivo* memberikan efektivitas penghambatan yang baik.

Saran

Perlu dilakukan pengujian stabilitas penentuan kadar arbutin dalam formulasi gel arbutin selama 30 hari.

5. DAFTAR PUSTAKA

Anief, M. 1997. *Ilmu Meracik Obat*. Gajah Mada University Press : Yogyakarta.

Anonim. 2006. *Chemical Information Review Document for Arbutin [CAS No. 497-76-7] and Extracts from Artostaphylos uva-ursi*. Diambil dari http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/htdocs/ChemicalBackground/ExSumPdf/Arbutin_508.pdf diakses 16 Februari 2014 Pukul 10.27

Ansel, H. 2008. *Pengantar Bentuk Sediaan Farmasi Edisi Keempat*. UI Press : Jakarta

Bakri, A S. 2011. *Pengaruh Emulgator Novemer® Dan Viscolam® Terhadap Kestabilan Fisik Krim Dari Kombinasi Ekstrak Etanol Akar Murbei (Morus alba L.) Dan Buah Mahkota Dewa (Phaleria macrocarpa Boerl.)*. Diambil dari <http://www.scribd.com/doc/112312113/>

[3/11-3-2Hubungan-Melanin-dengan-Pigmentasi](#) diakses pada tanggal 16 Februari 2014 Pukul 17.00 WITA

- Bauman, L. 2009 dalam Hindritiani, R. Dhianawaty, D. Sujanto, M. Sutejda, E. Setiawan. 2013. *Penurunan Aktivitas Tirozinase dan Jumlah Melanin oleh Fraksi Etil Asetat Buah Malaka (Phyllanthus emblica) pada Mouse Melanoma B16 Cell-Line*. Vol 45 No 2 P: 118-124
- Chang, T S. 2009. *An Updated Review of Tyrosinase Inhibitors*. Department of Biological Science and Technology. National University Tainan Taiwan
- Corwin, E. 2007. *Buku Saku Patofisiologi Edisi 3*. Buku Kedokteran EGC : Jakarta
- Devissaquet, J. Aiache, JM. 1993. *Galenica 2-Biopharmacie*. Airlangga University Press : Surabaya
- Draize, J.H. 1959. *Dermal Toxicity*. The Association of Food and Drug Officials of the United States, Bureau of Food and Drugs, Austin, TX. pp. 46-49. Available as PDF file.
- Dekker, M. 2001. *Handbook of Cosmetic Science and Technology Second Edition*. Madison Avenue: New York
- Dirjen POM. 1979. *Farmakope Indonesia Edisi Ketiga*. Depkes RI : Jakarta
- Dirjen POM. 1985. *Formularium Kosmetika Indonesia*. Depkes RI : Jakarta
- Djajadisastra, J., A. Mun'im, dan Dessy. N.P. 2009. *Formulasi Gel Topikal dari Ekstrak Nerii Folium Dalam Sediaan Anti Jerawat*. Jurnal Farmasi Indonesia. 4(4):210-216.
- Fitrie, Amila, A. 2004. *Histologi Dari Melanosit*. e-USU Repository : Fakultas Kedokteran Bagian Histologi Universitas Sumatera Utara.
- Garg, A., Aggarwal, D., Garg, S., and Sigla, A.K. 2002. *Spreading of Semisolid Formulation: An Update*. Pharmaceutical Tecnology. September 2002 : 84- 102.
- Hartanti, L. Setiawan H K. 2009 dalam Fransiska M A. Batubara, I. Darusman, I K. tanpa tahun. *Penapisan Inhibitor Tirozinase Pada Empat Spesies Famili Asteraceae Chrysantemum morifolium, Gerbera jamesonii, Dahlia rosea, dan Tagetes erecta*. P: 36-42.
- Huang, S.-C., Lin, C.-C., Huang, M.-C., and Wen, K.-C. 2004. *Simultaneous Determination of Magnesium Ascorbyl Phosphate, Ascorbyl Gucoiside, Kojic Acid, Arbutin, and Hydroquinone in Skin Whitening Cosmetics by HPLC*. J Food Drug Anal, 12(1):13-18.
- Jones, Bartlet. 1994. *Anatomi dan Fisiologi untuk Pemula*. Buku Kedokteran EGC : Jakarta
- Jones, D. 2008. *Fastrack Pharmaceutics Dosage Form and Design*. Pharmaceutical Press : London
- Juwita, N K. 2011. *Uji Penghambatan Tirozinase dan Stabilitas Fisik Sediaan Krim Pemutih Yang Mengandung Ekstrak Kulit Batang Nangka*. Skripsi. Universitas Indonesia. Depok
- Lachman. 1994. *Teori dan Praktek Farmasi Industri 2*. Universitas Indonesia Press : Jakarta
- Lestari, F. 2010. *Bahaya Kimia Sampling & Pengukuran Kontaminan di udara*. Buku Kedokteran EGC : Jakarta
- Lim, Y J. Lee, E H. Kang, T H. Ha Keun, S. Oh Sook, M. Yoon, J T. Kang, C. Park, H J. Kim, S Y. 2009. *Inhibitory Effects of Arbutin on Melanin Biosynthesis of α -Melanocyte Stimulating Hormone-induced Hyperpigmentation in Cultured Brownish Guinea Pig Skin Tissues*. Vol 32 No 3 P: 367-373.
- Lund, W. (Ed.), (1994) *The Pharmaceutical Codex : Principles and Practice of Pharmaceutics*, 12th Edition. London :

- The Pharmaceutical Press.pp 134
- Maeda, K. Fukuda, M. 1996. *Arbutin: Mechanism of its Depigmenting Action in Human Melanocyte Culture*. Jurnal Pharmacol. Vol 276 No 2 P: 765-769.
- Mahayati.2010. *Solusi Murah untuk Cantik, Sehat, Energik*.GREAT Publisher : Yogyakarta
- Ma Jia Jie. 2011. *Material Safety Data Sheet Arbutin Msds*. Nanjing 210009 : China
- Mansjoer, A. 2000.*Kapita Selekta Kedokteran, Edisi III jilid II*. Media Aesculapius.FKUI :Jakarta
- Martin et.al, 1993 dalam Triayu, S. 2009. *Fomrulasi Krim Obat Jerawat Minyak Atsiri Daun Jeruk Nipis (Citrus aurantifolia, Swingle) Dan Uji Daya Antibakteri Sacara In Vitro*.Skripsi.Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Meenakshi. D. Emulgel : A Novel Approach to Topical Drug Delivery International Journal of Pharma and Bio Sciences, 4 (2013), 847-856
- Mulja, M. Suharman. 1995. *Analisis Instrumental*. Airlangga University Press: Surabaya
- Park, H Y. 2012 dalam Hindritiani, R. Dhianawaty, D. Sujanto, M. Sutejda, E. Setiawan. 2013. *Penurunan Aktivitas Tirosinase dan Jumlah Melanin oleh Fraksi Etil Asetat Buah Malaka (Phyllantus emblica) pada Mouse Melanoma B16 Cell-Line*. Vol 45 No 2 P: 118-124
- Putri, W S. Supriyanti, M T. Zackiyah. 2010. *Penentuan Aktivitas Dan Jenis Inhibisi Ekstrak Metanol Kulit Batang Artocarpus heterophyllus Lamk Sebagai Inhibitor Tirosinase*.Jurnal Sains dan teknologi Kimia.Vol.1 No.2. P: 94-99. Universitas Pendidikan Indonesia.
- Rowe. 2009. *Handbook of Pharmaceutical Excipients Sixth Edition*. The Pharmaceutical Press : London
- Sloane, E. 2004.*Anatomi dan Fisiologi Untuk Pemula*.Buku Kedokteran EGC : Jakarta
- Syaifudiin.2006. *Anatomi Fisiologi untuk Mahasiswa Keperawatan Edisi 3*.Buku Kedokteran EGC : Jakarta
- Sweet, S. 2009. *Martindale The Complete Drug Reference Thirty-Sixth Edition*. Pharmaceutical Press : USA
- Tranggono I R. Latifah, F. 2007.*Buku Pegangan Ilmu Pengetahuan Kosmetik*. PT Gramedia Pustaka Utama : Jakarta
- World Health Organization.2005. *Bahaya Bahan Kimia pada Kesehatan Manusia dan Lingkungan*.EGC : Jakarta
- Zatz, J.L., Kushla, G.P. 1996. Gels, Intervensi: Lieberman, H.A., Rieger, M.M., Banker, G.S., Pharmaceutical Dosage Forms: Disperse Systems, vol.2, New York: Marcell Dekker Inc., pp. 399-415

EFEK ANTIOKSIDAN MINUMAN *SINOM* TERHADAP GULA DARAH TIKUS PUTIH *SPRAGUE DAWLEY* DIABETES MELITUS

Ni Ketut Wiradnyani

Fakultas Ilmu Kesehatan Sains dan Teknologi, Universitas Dhyana Pura

email: ani_mw@yahoo.com

Abstract

The research was conducted in two phases of experimental studies; the first stage was the antioxidant to determine the highest capacity of the solvent treatment fractions: hexane, chloroform, ethyl acetate and water in vitro. This study used a Randomized Block Design (RBD). The second stage was the determination of the highest antioxidant effect of Sinom drink's water fraction in bioassays with various doses of treatment, namely: (1) 0 mg / kg of body weight, (2) 50 mg / kg of body weight, (3) 100 mg / kg of body weight, (4) 150 mg / kg of body weight of mouse, (5) 200 mg / kg of body weight to increase in blood glucose of Sprague Dawley of the white mouse with diabetes mellitus induced Streptozocin intraperitoneally at a dose of 50 mg / kg of body weight of mouse, by using the Completely Randomized Design (CRD).

The solvent fraction significantly influence ($p < 0.05$) on the antioxidant capacity and extraction of Sinom drink in vitro. The LSD multiple comparison test results showed that between the solvent fraction, there is a marked difference in the average of the antioxidant capacity and extraction. The AAEAC antioxidant capacity of 199.100 $\mu\text{g} / \text{g}$ of material and 10.94% of extraction was the highest on the fraction of water. The blood glucose test on the drink water fraction of the Sinom dose of 50 mg / kg body weight of mouse, showed significant improvement of ($p < 0.05$). A bioassay test indicates that the dose of the Sinom drink's water fraction of 50 mg / kg body weight of mouse was able to provide the highest drop in blood glucose 109 mg / dl, or closer to that of a healthy mouse. The findings of the research indicate that the highest antioxidant capacity fractions of the Sinom drink' water has a significant effect Increase blood glucose Sprague Dawley of mouse with diabetes mellitus.

Keywords: The Sinom Drinks, Fractions solvent, the Antioxidant Capacity, the blood glucose, mouse with diabetes mellitus

I.PENDAHULUAN

Minuman *sinom* adalah minuman yang diolah dengan bahan utama rimpang kunyit dan daun asam yang masih muda, diambil dari pucuk daun sampai helai ketujuh (Mulyani *et al.*, 2010). Secara alamiah kunyit dipercaya memiliki kandungan fitokimia yang dapat berfungsi sebagai analgetika, antipiretika, dan antiinflamasi (Norton, 2008) begitu juga daun asam muda (asam jawa) kaya akan flavonoid, fenol dan saponin (Mursito,

2004) daun berfungsi sebagai antioksidan, antiinflamasi, antipiretika, dan penenang (Nair *et al.*, 2004).

Pengujian aktivitas antioksidan secara *in vitro* untuk minuman *sinom* dalam bentuk cair dan padat telah dilakukan Mulyani *et al.* (2010). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan aktivitas antioksidan terhadap daya hambat terjadinya proses oksidasi lemak. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstrak kunyit dalam pelarut 50% etanol menghasilkan produk

ekstrak kunyit dengan aktivitas antioksidan 1,13%, sedangkan ekstrak daun asam dalam pelarut 70% etanol mempunyai aktivitas antioksidan 0,123%. Resi (2012) menunjukkan bahwa formula minuman fungsional campuran kunyit 10% dan asam jawa 5% (v/v) merupakan minuman kunyit asam terpilih yang memiliki kapasitas antioksidan 99,594 ppm AAE dan kadar total fenol 97.451 ppm. Kapasitas antioksidan minuman *sinom* dengan berbagai hasil fraksi pelarut belum pernah diuji. Penentuan kapasitas antioksidan minuman *sinom* tertinggi dari fraksi pelarut secara kuantitatif perlakuan berbagai jenis pelarut pada penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan fraksi minuman *sinom* yang akan dipergunakan sebagai penentu pemberian dosis secara *bioassay*.

Pengobatan diabetes melitus saat ini menggunakan obat yang harganya relatif mahal dan kemungkinan dapat menimbulkan efek samping yang tidak diinginkan. Menurut Soegondo *et al.* (1999) hampir 88% penderita diabetes dilaporkan menggunakan obat anti diabetik dalam terapinya, dalam beberapa dasawarsa, diseluruh dunia ada kecenderungan meningkatnya penggunaan sediaan pangan fungsional untuk berbagai keperluan pemeliharaan kesehatan meskipun efektivitas pemanfaatannya masih perlu dibuktikan. Oleh karena itu, perlu dicari obat yang efektif, efek samping yang relatif kecil dengan harga yang murah. Salah satu produk minuman yang diduga merupakan alternatif yang berefek antidiabetes melitus adalah kunyit dan daun asam sebagai minuman *sinom* yang mengandung seyawa antioksidan .

Kemampuan rimpang kunyit dan daun asam sebagai minuman *sinom* pada penentuan dosis 100 mg/kg BB tikus diabetes menunjukkan adanya sinergisme yang dapat meningkatkan aktivitas enzim superoksida dismutase (52%)

dan menurunkan kadar gula darah puasa (GDP) 109 mg/dl tikus hiperglikemik (Mulyani *et al.*, 2010). Pencegahan penyakit diabetes melitus dengan menggunakan komponen bioaktif yang bertindak sebagai antioksidan melalui fraksi berbagai pelarut dari minuman *sinom* yang sudah diformulasikan untuk menangkal radikal bebas belum teruji. Fraksi berbagai pelarut minuman *sinom* dengan kapasitas antioksidan tertinggi pada penelitian ini diuji dengan menggunakan berbagai dosis. Penentuan dosis fraksi berbagai pelarut minuman *sinom* bertujuan untuk mendapatkan dosis pemberian fraksi pelarut minuman *sinom* dengan antioksidan tertinggi yang dapat menurunkan kadar gula darah puasa (GDP) tikus putih *Sprague Dawley* diabetes melitus.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kapasitas antioksidan minuman *sinom* tertinggi dari berbagai fraksi pelarut dan mengetahui efeknya dengan berbagai dosis minuman *sinom* terhadap penurunan gula darah puasa tikus putih *Sprague Dawley* (SD) diabetes melitus.

2.METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah mendapatkan Keterangan Kelainan Etik (*Ethical Clearance*) FK Universitas Udayana/RSUP Sanglah Denpasar, Bali dengan Nomor: 289/UN.14.2/Litbang/2014. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap yaitu: penentuan kapasitas antioksidan tertinggi berbagai fraksi pelarut dan dosis minuman *sinom* untuk mengetahui efek terhadap penurunan gula darah puasa tikus putih *Sprague Dawley* diabetes melitus.

Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas bahan baku dan bahan kimia. Bahan baku yaitu rimpang kunyit yang

diperoleh dari pasar tradisional Badung, Denpasar, Bali, daun asam yang masih muda dari pucuk daun sampai helai daun ke-tujuh dari daerah Buduk, Mengwi, Badung, Bali. Bahan kimia yang digunakan terdiri atas pelarut heksana, kloroform, etil asetat (PA merek Emsure Acs 215), kertas saring (Whatman no.1), asam askorbat, H₂SO₄, DPPH (Merck), methanol (Merck). Bahan yang digunakan dalam penelitian tahap II ini adalah fraksi pelarut dengan kapasitas antioksidan tertinggi berbagai dosis minuman *sinom*, tikus putih *Sprague Dawley* dari Balai Veteriner Farmako Surabaya, aquades, pakan tikus standar. Peralatan yang digunakan adalah timbangan analitik, timbangan digital, spektrofotometer merek Shimadzu UV-160, *rotary vacum evaporator*, labu pisah, aluminium foil, Erlenmeyer 250 ml (*Pyrex*), tabung reaksi (*Pyrex*), kain saring, gelas ukur 100 ml, pipet volume, pipet tetes, pipet mikro, *beaker glass* 500 ml (*Pyrex*), labu takar, vortex, *magnetic stirrer*, spuit sonde 2,5 cc, blood glucose test meter (merk Nesco), Botol gelap, Glucose Stick (merk Nesco), sarung tangan, masker, kandang tikus ukuran 15x 15 cm lengkap dengan tempat makan dan minum, gunting.

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Rat For Research analitik Bukit Jimbaran Bali, Laboratorium Animal Unit bagian Farmakologi, Laboratorium Pengolahan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana. Penelitian dilakukan bulan Januari 2013 sampai dengan bulan Maret 2014.

Penelitian ini dimulai dengan penyiapan minuman *sinom* dilakukan dengan cara: rimpang dikupas, ditimbang sebanyak 50 gram, dicuci, diblender dengan menambahkan 400 ml air selama 3,5 menit kemudian disaring dipanaskan sampai mendidih, selama 1 menit. Filtrat yang diperoleh disebut filtrat kunyit. Filtrat daun asam muda yang dibuat dengan cara ditimbang seberat 250 gram daun asam muda, ditambahkan 300 ml air, kemudian dipanaskan sampai mendidih selama 1 menit. Minuman *sinom* dimasukkan ke dalam botol kaca, siap digunakan untuk pengujian. (Mulyani, *et al.*, 2014)

Fraksinasi minuman *sinom* dengan menggunakan pelarut heksana, kloroform, dan etil asetat dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok, dilakukan dengan cara berikut: 100 ml minuman *sinom* dimasukkan ke dalam labu pisah, selanjutnya ditambahkan pelarut n- heksana 100 ml dikocok 10 kali dan didiamkan selama 30 menit. Fraksi n-heksana dipisahkan selanjutnya dievaporasi pada suhu 45°C dan tekanan 280 mbar untuk menghilangkan pelarut. Fraksi air difraksinasi lagi berturut-turut dengan pelarut kloroform, dan etil asetat, dengan cara yang sama seperti di atas. Pada tahap ini diperoleh 4 fraksi yaitu : fraksi heksana, fraksi kloroform, fraksi etil asetat dan fraksi air, yang akan dianalisis kapasitas antioksidannya. Fraksi dengan kapasitas antioksidan tertinggi digunakan untuk pengujian penentuan dosis.

Penentuan standar uji kapasitas antioksidan digunakan asam askorbat sebagai pembanding kontrol positif yang dibuat dengan cara dilarutkan dalam pelarut metanol dengan konsentrasi 0, 10, 20, 40, 60, 80, dan 100 ppm. Larutan DPPH yang digunakan disiapkan dengan menggunakan kristal DPPH dalam pelarut metanol dengan konsentrasi 1 mM. Proses pembuatan larutan DPPH 1 mM dilakukan dalam kondisi suhu rendah 27°C dan terlindung dari cahaya matahari. Absorbansi larutan blanko diukur untuk melakukan persen inhibisi. Larutan blanko dibuat dengan mereaksikan 0.5 ml pelarut metanol dengan 3.5 ml larutan DPPH 1 mM dalam tabung reaksi tertutup.

Uji kapasitas antioksidan fraksi minuman *sinom* Winarsi(2007) dilakukan dengan cara: masing-masing fraksi minuman *sinom* ditimbang sebanyak 1 g kemudian dilarutkan dalam metanol 100% sebanyak 10 ml, lalu divortex dan disaring. Fraksi minuman *sinom* dan larutan DPPH yang telah dibuat, masing-masing diambil 0.5 ml, dan kemudian direaksikan 3,5 ml larutan DPPH 1 mM dalam tabung reaksi tertutup yang berbeda yang telah diberi label. Campuran tersebut kemudian diinkubasi pada suhu ruang selama 30 menit dan diukur absorbansinya dengan

menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 517 nm. Setelah itu, aktivitas antioksidan dari masing – masing sampel dinyatakan dengan persen inhibisi yang dihitung dengan rumus berikut:

$$\text{Regresi : } Y = ax + b.$$

$$\text{Rumusnya (ppmAAEAC)} = \frac{\text{konsentrasi(ppm)} \times \text{Tv} \times \text{Fp} \times 1000.000}{\text{W sampel (mg)}}$$

Keterangan : Tv = total volume (liter), Fp = faktor pengeceran, Konsentrasi = hasil penghitungan kurva standar, AAEAC= *Ascorbic Acid Equivalent Antioksidan Capacity*.

Persiapan uji secara in vivo dilakukan dengan memberikan pakan standar pada tikus mengacu pakan standar *America Institute of Nutrition* (AIN 1976) yang sesuai dengan kebutuhan gizi tikus. Komposisi pakan standar dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi pakan standar tikus (AIN, 1976)

Bahan Penyusun	Jumlah (%)
Protein (kasein)	20
Lemak (minyak jagung)	5
Selulosa (ampas tebu)	5
Campuran vitamin	1
Campuran mineral	3.5
Karbohidrat (maizena)	55.5
Air (aqua)	10
Total	100

Pakan standar dengan acuan di atas didapatkan dengan cara membeli pada toko makanan hewan dengan tipe makanan tikus 521 yang sebelumnya sudah diproses. Hasil proses pakan sudah dalam wujud pelet dengan bentuk silinder panjang dan dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C selama 12 jam. Persiapan hewan coba. Hewan coba yang digunakan adalah tikus *Sprague Dawley* (SD) jantan dewasa berumur dua bulan, dengan berat rata-rata 210 gr - 250 gr sebanyak 25 ekor, yang diperoleh dari Balai Veteriner Farmako Surabaya. Tikus tersebut dimasukkan dalam kandang individu dengan ukuran panjang 150 cm x lebar 15cm x tinggi 15 cm yang telah

dilengkapi tempat makan dan minum dan setiap kandang ditempati satu ekor tikus. Tikus kemudian dikelompokkan menjadi 5 kelompok sesuai rancangan penelitian. Setiap kelompok terdiri dari 4 ekor sebagai ulangan sehingga total tikus adalah 20 ekor. Semua tikus ditempatkan dalam ruang yang bersih, suhu nyaman ± 23°C, kondisi gelap terang secara alami. Sebelum tikus diberi perlakuan ada masa adaptasi selama 7 hari dengan diberi makan pakan standar dan minum secara *ad libitum*. Pemberian makan dilakukan pagi hari dari jam 7.00-8.00 WITA, sebanyak 20 gram, setiap hari ditimbang berat badannya.

Pembuatan tikus diabetes melitus Andayani (2003) dilakukan dengan memelihara tikus dalam kandang selama 7 hari untuk menyeragamkan cara hidup dan makanannya, makanan dan minuman diberikan secara *ad libitum*. Kesehatan tikus dipantau setiap hari, dan berat ditimbang setiap hari. Bila ada sakit akan diobati oleh dokter hewan. Setelah masa adaptasi selama 7 hari, selanjutnya dilakukan pengukuran kadar glukosa darah. Sebelum dilakukan pengukuran kadar glukosa darah, tikus dipuaskan terlebih dahulu selama 16 jam. Induksi dilakukan dengan menggunakan 5 % larutan streptocotozin (STZ) dalam larutan asam sitrat dan natrium sitrat 0,9% dengan dosis 50 mg/kg BB secara intraperitoneal (Andayani, 2003). Setelah hewan diinduksi, diberi makanan yang cukup (*ad libitum*) dan dalam waktu 24 jam pertama dalam air minumnya ditambahkan 5 % larutan D-glukosa monohidrat untuk mencegah terjadinya hipoglikemia yang fatal. Pengukuran kadar glukosa darah dilakukan 3 hari setelah induksi. Tikus dikatakan DM jika kadar glukosa darah puasa > 126 mg /dl atau kadar gula sesaat > 135 mg/dl, Glukosa darah tikus normal 109 mg/dl.

Penetapan dosis dan persiapan fraksi minuman *sinom* dilakukan dengan cara :dosis yang diberikan adalah dosis lazim konsumsi suplemen per hari pada manusia yang dikonversi dari manusia ke tikus. Perhitungan pemberian dosis berdasarkan pada “*body surface area*” (BSA) mengikuti penelitian yang dilakukan oleh Reagan-Shaw *et al.*

(2007). Rumus konversi dosis disajikan sebagai berikut :

$HED (mg/kg) =$

$animal\ dose (mg/kg) \times animal\ Km / human\ Km$
 Diasumsikan suplemen antioksidan perhari pada manusia rata-rata sebesar 500 mg/60 kg BB, maka HED (human equivalent dose) (mg/kg) = 8,3. Apabila dikonversi ke tikus maka perhitungan menjadi :

$$8,3\ mg/kg = animal\ dose\ (mg/kg\ BB) \times 6/37$$

$$Animal\ dose = 8,3 \times 37/6$$

$$= 51,2\ mg/kg\ BB$$

Berdasarkan perhitungan di atas, maka dosis yang diberikan untuk tikus bervariasi dari 50 mg, 100 mg, 150 mg, dan 200 mg per kilogram berat badan tikus. Fraksi air minuman *sinom* sudah ditimbang beratnya sesuai dengan dosis yang akan diberikan pada tikus dilarutkan di dalam 5 ml aquades kemudian di vortek agar tercampur dengan merata. Pemberian fraksi air minuman *sinom* dengan cara ini bertujuan untuk mempermudah pemberian pada tikus putih secara oral yang diberikan sesuai dengan masing-masing dosis fraksi setiap pagi pada jam 07.30 – 08.00 WIB dan siang jam 12.00-13.00 WIB

Penentuan perlakuan dosis dilakukan secara *bioassay* menggunakan 20 ekor tikus putih *Sprague Dawley* dengan perlakuan dosis pemberian fraksi air minuman *sinom* penelitian tahap I yang terdiri dari 5 taraf yaitu: diberikan fraksi air 0 mg/kg BB atau diberi aquades 5 ml/ekor, disebut sebagai kontrol negatif (K0), diberikan secara oral (disonde) dengan fraksi air minuman *sinom* (K1) sebesar 50 mg/kg BB ditambah aquades 5 ml/ekor, diberikan secara oral (disonde) dengan fraksi air minuman *sinom* (K2) 100 mg/kg BB/hari ditambah aquades 5 ml/ekor/hari, diberi secara oral (sonde) dengan fraksi air minuman *sinom* (K3) 150 mg/kg BB ditambah aquades 5 ml/ekor, diberi secara oral (sonde) dengan fraksi air minuman *sinom* (K4) 200 mg/kg BB ditambah aquades 5 ml/ekor, dari fraksi air minuman *sinom* yang telah ditambahkan 5 ml aquades diberikan 2 kali sehari pagi dan siang hari. Penentuan dosis dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap.

Analisis kapasitas antioksidan dan penentuan dosis dengan menggunakan analisis variant (ANOVA) terhadap kapasitas antioksidan dan kadar gula darah puasa tikus. Apabila terdapat pengaruh yang bermakna (taraf 5%) maka analisis dilanjutkan dengan uji beda rerata antar perlakuan dengan uji perbandingan berganda BNT (Uji Beda Nyata terkecil).

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis keragaman nilai rata-rata kapasitas antioksidan fraksi minuman *sinom* pada perlakuan berbagai jenis pelarut disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2

.Nilai rata-rata kapasitas antioksidan (µg AAEAC/g bahan) perlakuan jenis pelarut minuman *sinom*

Pelarut	Rata-rata Antioksidan (µg AAEAC/g bahan)
Heksan	42.800 ^d
Cloroform	94.200 ^b
Etil Asetat	66.600 ^c
Air	199.100 ^a

Notasi huruf yang berbedadalam kolom yang samamenunjukkan perbedaan yang signifikan pada $p < 0,05$ (BNT)

Analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan berbagai pelarut berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kapasitas antioksidan fraksi pelarut minuman *sinom*. Hasil perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa kapasitas antioksidan berbeda nyata terhadap fraksi berbagai pelarut. Nilai rata-rata kapasitas antioksidan tertinggi dihasilkan dari fraksi air dan terendah adalah fraksi heksan. Nilai rata-rata kapasitas antioksidan yang dihasilkan berturut-turut adalah heksana 42.800 µg AAEAC g, kloroform 94.200 µg AAEAC g, etil asetat 66.600 µg AAEAC g, dan air 199.100 µg AAEAC g.

Aktivitas antioksidan berkaitan dengan spesifik reaksinya karena dipengaruhi oleh

tekanan, suhu, metode rekasi, koreksi dan referensi yang diukur oleh suatu metode tertentu. Penekanannya pada reaksi kimia dan kondisi spesifik yang digunakan dalam suatu metode pengujian (Huang *et al.*, 2005). Fraksi air minuman *sinom* mempunyai kapasitas antioksidan yang paling tinggi dibandingkan dengan fraksi yang lainnya diduga karena adanya senyawa yang berperan sebagai antioksidan terdiri dari vitamin C dan vitamin B₂ yaitu Ribovlafin dari hasil uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT)/TLC sebagai senyawa yang bersifat polar yang dapat larut dalam air. Hasil uji dari GCMS menunjukkan bahwa *9-octadecenoid acids* senyawa antioksidan dengan konsentrasi tertinggi pada fraksi air adalah dari asam lemak yaitu MUFA yang oleh Christie (2013) dinyatakan bahwa asam lemak ini merupakan omega-9. Senyawa yang lain diduga sebagai penyusun fraksi air adalah *ar-tumeron*, *tumeron* dan *Curlon* yang juga merupakan senyawa fenol berasal dari golongan kurkumin. Hal ini didukung oleh Kumalaningsih (2006) yang menjelaskan bahwa senyawa-senyawa yang diduga sebagai penyusun fraksi air minuman *sinom* itu bersinergi untuk mengkelat radikal bebas secara bersama-sama sehingga kinerja senyawa yang tergabung di dalamnya memiliki kemampuan yang efektif dalam menangkal radikal bebas. Reaksi yang terjadi pada metode DPPH adalah transfer elektron (ET) yang ditandai dengan perubahan warna atau tidak ada penilaian terhadap kompetisi reaksi kinetik seperti pada reaksi *Hydrogen Atom Transfer* (HAT) (Huang *et al.*, 2005). Pengukuran aktivitas antioksidan minuman *sinom* dilakukan dengan metode DPPH (*1,1-diphenyl-2-picryl-hidrazyl*) karena metode ini sudah umum digunakan, karena praktis dalam pelaksanaan, dan waktunya relatif cepat. DPPH merupakan suatu

senyawa radikal bebas yang bersifat stabil (Vaya dan Aviram, 2002). Prinsip kerjanya adalah adanya suatu elektron antioksidan yang memberikan elektron (hidrogen) melalui reaksi elektron transfer (reaksi redok) kepada oksidan seperti DPPH, yang mengakibatkan terjadinya perubahan warna.

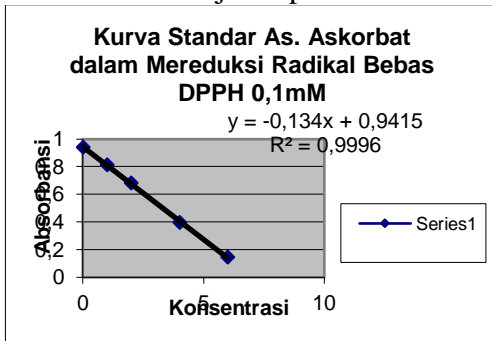
Warna violet (DPPH radikal) yang dimilikinya setelah bereaksi dengan suatu antioksidan akan memudar atau menghilang menjadi warna kuning. Perubahan reaksi awal saat penambahan DPPH pada minuman *sinom* yang diuji, ketika nilai absorbansi menurun menandakan bahwa semakin banyaknya antioksidan yang terdapat pada minuman *sinom*. Hal ini didukung oleh (Molyneux, 2003; Vaya dan Aviram, 2002; Huang *et al.*, 2005).

Senyawa yang diduga sebagai penyusun fraksi air minuman *sinom*, yang memiliki aktivitas antioksidan tertinggi adalah dari golongan *phenol*. Golongan *phenol* adalah antioksidan yang dihasilkan dari alam salah satunya dari bahan rimpang kunyit dan daun asam. Hal ini didukung oleh Ketaren (2008) bahwa pada umumnya antioksidan yang mengandung struktur inti yang sama, yaitu mengandung cincin benzene tidak jenuh disertai gugusan hidroksil seperti *9-oktadecenoid acid* telah diketahui efektif dalam sifat sinergis dari fosfolipid, pengaruh asam sitrat dan asam fosfat terhadap aktivitas antioksidan pada kondisi tertentu. Berdasarkan urutan aktivitas dan efisiensi dalam menghambat oksidasi, senyawa *phenol* merupakan urutan yang terakhir dari senyawa lainnya. Fraksi air minuman *sinom* memiliki aktivitas antioksidan tertinggi, diduga karena senyawa yang diduga sebagai penyusun fraksi air ini adalah vitamin C dan vitamin B. Ketaren (2008) yang menjelaskan bahwa beberapa antioksidan dari tipe asam seperti

Vitamin C biasanya bersifat sinergi yang berasal dari tipe phenol untuk mengkelat radikal bebas. Vitamin C dapat membersihkan *reactive okxygen species* (ROS).

Hal ini diduga karena minuman *sinom* terdiri dari senyawa penyusun antioksidan yang sangat kompleks, terdapat kombinasi beberapa jenis antioksidan sehingga lebih tinggi daripada standar dan fraksi pelarut minuman *sinom* lainnya..Kumalaningsih (2006) yang menyatakan bahwa dari berbagai antioksidan yang ada, mekanisme kerja serta kemampuan antioksidan sangat bervariasi. Kombinasi beberapa jenis antioksidan memberikan perlindungan yang lebih baik (sinergisme) terhadap oksidasi dibanding dengan satu jenis antioksidan saja.

Aktivitas antioksidan pada minuman *sinom* selain dengan persen kapasitas antioksidan dinyatakan juga dalam bentuk AAEAC (*Ascorbic acid Equivalent Antioksidan Capacity*). Perhitungan AAEAC dengan menggunakan kurva standar asam askorbat. Kapasitas antioksidan (%) dimasukkan sebagai factor 'y' pada persamaan linier kurva standar asam askorbat (Gambar 1), akan diperoleh kapasitas antioksidan yang dinyatakan dalam μg AAEAC/g bahan. Kurva standar asam askorbat disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kurva Standar Vitamin C (AAEAC)

Aktivitas antioksidan dengan askorbat (AAEAC) tertinggi pada asam askorbat kelompok fraksi air sebesar 10,5835 % lebih kecil dari standar vitamin C fraksi air minuman *sinom* 19,91% atau 199.100 μg AAEAC/g bahan Gambar 1. Kapasitas antioksidan minuman *sinom* 19,91% dapat diartikan, dalam 1 gram fraksi air minuman *sinom* terdapat 199.100 μg asam askorbat /g bahan. Jika konsumsi vitamin C dalam 100 gram minuman *sinom* per hari akan di dapatkan 199.100 mg vitamin C. Kebutuhan asam askorbat (vitamin C) adalah 60 mg/hari (FAO, 2006). Aktivitas antioksidan dengan metode DPPH pada fraksi air minuman *sinom* sebesar 19,91% setara dengan aktivitas antioksidan AAEAC (vitamin C) sebesar 199.100 μg AAEAC/g bahan.

Kadar gula darah puasa tikus putih SD dengan perlakuan berbagai dosis fraksi air minuman *sinom*

Tabel 3.

Nilai rata-rata kadar gula darah puasa tikus putih *Sprague Dawley* diabetes melitus perlakuan berbagai dosis fraksi air minuman *sinom*

Perlakuan	kadar gula darah puasa mg/dl/hari ke-						
	3	6	9	12	15	18	21
D-50	184 ^a	224 ^{ab}	182 ^{bc}	106 ^c	122 ^{ns}	109 ^{ns}	117 ^{bc}
D-100	291 ^a	378 ^a	339 ^{ab}	219 ^{ab}	125 ^{ns}	129 ^{ns}	128 ^{bc}
D-150	271 ^a	225 ^{ab}	345 ^a	91 ^c	172 ^{ns}	192 ^{ns}	274 ^a
D-200	325 ^a	358 ^a	372 ^a	279 ^a	259 ^{ns}	182 ^{ns}	238 ^{ab}
Korol	109 ^b	106 ^b	101 ^c	113 ^{bc}	109 ^{ns}	77 ^{ns}	89 ^c

Notasi huruf yang berbeda dalam kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan pada $p < 0,05$ (BNT)

Analisis keragaman menunjukkan bahwa dosis fraksi air minuman *sinom* berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kadar gula darah puasa (GDP) tikus pada pengamatan hari ke-3,6,9,12,dan 21 (Tabel 3). Sementara itu dosis fraksi air minuman *sinom* tidak berpengaruh nyata terhadap kadar gula darah puasa (GDP) tikus pada pengamatan hari ke-15 dan 18. Andayani (2003) yang menjelaskan bahwa GDP tikus sehat adalah < 126 mg/dl atau GDP sesaat < 135 mg/dl dan normal adalah 109 mg/dl.

Uji perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa rata-rata GDP tikus pengamatan hari ke-3, dengan pemberian dosis 0 mg/kg BB tikus kontrol menunjukkan GDP tertinggi (109 mg/dl) dibandingkan dengan pemberian dosis yang lainnya. Hal ini karena tikus kontrol memiliki kondisi normal saat itu. Sementara pemberian dosis fraksi air minuman *sinom* (50,100,150,200) mg/kg berpengaruh nyata terhadap GDP tikus diabetes, Tabel 3. menunjukkan rata-rata GDP tersebut berturut-turut (184 mg/dl, 291mg/dl, 271mg/dl, 325mg/dl) hal ini karena fraksi air dosis tersebut belum mampu bekerja secara efektif pada hari ke-3 untuk mengkelat radikal bebas, hal ini juga karena pengaruh induksi STZ sebagai

diabetogenik penyebab tikus diabetes. Hal ini sesuai dengan pernyataan Guyton (2007) yang menjelaskan bahwa efek induksi STZ biasanya muncul setelah 3-4 hari. Suryani (2013) menegaskan bahwa tikus dinyatakan diabetes melitus jika GDP > 126 mg/dl.

Uji perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa pada pengamatan hari ke-6 pemberian dosis 0 mg/kg yaitu tikus kontrol menunjukkan rata-rata GDP (106 mg/dl) yang berbeda nyata dengan pemberian dosis 100 mg/kg BB yaitu dengan rata-rata GDP 378 mg/dl, maupun dengan pemberian dosis 200 mg/kg BB (358 mg/dl). Sementara rata-rata GDP tikus kontrol menunjukkan perbedaan yang tidak nyata dengan pemberian dosis 50 mg/kg BB dan dosis 150 mg/kg, Tabel 3 di atas menunjukkan rata-rata GDP tikus tersebut berturut-turut adalah 224 mg/dl dan 225 mg/dl, hal ini diduga pada titik tertentu STZ sebagai diabetogenik, merupakan donor NO yang mampu meningkatkan ROS/ *Reactive nitrogen species* (RSN). Hal ini diduga karena antioksidan fraksi air minuman *sinom* belum efektif untuk menurunkan GDP tikus diabetes pada hari ke-6. Hal ini sesuai dengan penelitian Suryani (2013) yang menjelaskan bahwa RNS dari STZ sangat toksik menyebabkan penurunan jumlah ATP, sintesis dan sekresi insulin terhambat yang menyebabkan hiperglikemia. Ganong (2008) yang menjelaskan bahwa glukosa plasma menumpuk dalam aliran darah, insulin tidak dapat melakukan sintesis terhadap glikogen (terjadi peningkatan glukogenesis), sekresi insulin terganggu dalam kondisi glukosa plasma tinggi, sehingga kemampuan insulin secara normal menghambat keluarnya glukosa dari hati tidak terjadi lagi. Pola peningkatan GDP tikus diabetes ini sangat sesuai dengan

pernyataan uji toleransi glukosa oral pada penderita diabetes oleh (Ganong, 2008)

Hasil uji perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa pada hari ke-12 pemberian dosis 0 mg/kg yaitu tikus kontrol menunjukkan rata-rata GDP (113 mg/dl) menunjukkan perbandingan yang berbeda nyata dengan dosis 200 mg/kg BB (279) tetapi tidak berbeda nyata dengan pemberian dosis (50,100,150) mg/kg BB tikus terhadap rata-rata GDP berturut-turut adalah 106 mg/dl, 219 mg/dl, 91 mg/dl. Karena pemberian dosis 0 fraksi air minuman *sinom* yaitu katagori tikus sehat diduga dalam tubuh tikus secara alami dari reaksi biologis yang menghasilkan radikal bebas seperti ROS dan RNS sehingga secara alami pula tubuh memiliki pertahanan terhadap efek radikal bebas yang berasal dari vitamin C, oleh Veliky *et al.* (2001) Emiati (2007) yang menyatakan bahwa aktivitas antiradikal dengan metode DPPH secara *in vivo* pada manusia didapatkan perlakuan kontrol atau tanpa konsumsi minuman kakao bebas lemak yang mengandung komponen fenolik ditemukan juga aktivitas antiradikal berkisar 17,5%.

Tikus diabetes pemberian dosis fraksi minuman *sinom* 50 mg/kg BB, 150 mg/kg BB dikategorikan sudah sehat pada hari ke-12, karena terjadi penurunan GDP tikus sehat yang dinyatakan dengan rata-rata GDP masing-masing adalah 10 mg/dl dan 91 mg/dl, hal ini diduga aktivitas antioksidan yang diduga mengandung 9-*oktadecenoid acid*, *turmeron*, *ar-tumeron*, *curlon*, vitamin C dan B mampu secara efektif mengkelat radikal bebas yang berasal dari nitrosourea akibat induksi STZ. Kandungan senyawa penyusun antioksidan fraksi air berasal dari berbagai antioksidan mempunyai mekanisme kerja serta kemampuan sangat bervariasi, seringkali kombinasi beberapa jenis

antioksidan memberikan perlindungan yang lebih baik (sinergisme) terhadap oksidasi dibanding dengan satu jenis antioksidan saja (Kumalaningsih, 2006). Senyawa penyusun antioksidan minuman *sinom* fraksi air yang beragam diantaranya yaitu 9-*oktadecanoid acid* merupakan asam lemak yang memiliki efek menghambat atau merangsang sekresi insulin. Gravena *et al.* (2002) yang menjelaskan bahwa *ar-tumeronn*, *tumeron*, *curlone*, bersinergi dengan senyawa penol diduga senyawa penyusun minuman *sinom* fraksi air seperti vitamin C, dan vitamin B₂ yang larut dalam fraksi air.

Antioksidan seperti ini lebih baik (sinergisme) kemampuannya mengkelat radikal bebas yaitu gugus nitrosourea karena induksi STZ, dengan dosis 50 mg/dl dan dosis 150 mg/dl saat fraksi air diberikan sampai pada hari ke-12, Muchtadi (2012) yang menjelaskan bahwa vitamin C pada fraksi air minuman *sinom* dari sel dan antioksidan yang kuat, dapat mendonorkan atom hidrogen dan membentuk radikal bebas askorbil yang relatif stabil, sebagai pembersih ROS. Askorbat sangat efektif terhadap radikal anion superoksida, hidrogen peroksida, radikal hidroksil dan singlet oksigen. Vitamin C juga membersihkan spesies nitrogen oksida reaktif untuk mencegah terbentuknya nitrosamine.

Mekanisme komponen fenolik fraksi air minuman *sinom* tersebut diatas dapat melalui 3 mekanisme seperti yang dinyatakan oleh Hall dan Cuppet yaitu: memotong rantai radikal bebas dengan sifat *scavenger* atau sebagai donor elektron. Antioksidan akan memotong rantai radikal bebas dengan jalan mencegah reaksi LH dengan LOO* sehingga terbentuk radikal fenolsil (ArO*), kemudian radikal fenolsil bereaksi dengan LO* membentuk senyawa yang tidak

radikal mengkelat senyawa logam (*chelating metal*), antioksidan yang mengikat logam mencegah pembentukan radikal bebas seperti dalam dekomposisi H_2O_2 menangkap singlet oksigen (1O_2) atau bersifat *quenching* melalui transfer energi antara antioksidan dengan 1O_2 membentuk 3O_2 , kemudian antioksidan bereaksi dengan 1O_2 membentuk produk stabil. Aktivitas antioksidan dapat juga terjadi karena adanya kerja yang sinergis diantara beberapa antioksidan diatas (Hal dan Cuppet, 1997).

Hasil uji perbandingan berganda BNT tikus kontrol tidak berbeda nyata terhadap rata-rata GDP diabetes hari ke-12 dengan pemberian dosis 100 mg/kg dan 200 mg/kg, GDP tikus diabetes tersebut berturut-turut adalah 219 mg/dl dan 279 mg/dl, pada saat ini terjadi penurunan GDP tikus diabetes dari hari sebelumnya, namun penurunannya tidak menunjukkan katagori angka GDP tikus sehat maupun normal karena kondisi tikus sehat dengan GDP <126 mg/dl (Andayani, 2003). Hal ini diduga karena pemberian fraksi air minuman *sinom* terhadap dosis tersebut mengandung antioksidan yang memiliki mekanisme kerja kurang spesifik dalam mengkelat radikal bebas yang berasal dari nitrosourea hasil induksi STZ, kemungkinan dosis 100 mg/kg BB dan 200 mg/kg BB fraksi air minuman *sinom* tidak cocok untuk menurunkan GDP tikus pada hari ke-12, kemungkinan yang terjadi adalah keberadaan senyawa yang diduga sebagai penyusun antioksidan yang beragam tersebut tidak spesifik sinerginya dalam mengkelat radikal bebas nitrosourea dari STZ, sehingga ROS di dalam tubuh tikus masih tinggi atau terjadi kondisi yang tidak seimbang antara ROS dengan antioksidan, hal ini menyebabkan aktivitas antioksidan fraksi air minuman *sinom* tidak efektif. Antioksidan fraksi air minuman

sinom tidak dapat menurunkan oksidator atau peran antioksidan fraksi minuman *sinom* sebagai agen menurun sebelum radikal bebas NO dari STZ.

Hasil uji perbandingan berganda BNT perlakuan dosis tikus kontrol tidak berbeda nyata terhadap rata-rata GDP tikus. Rata-rata GDP tikus kontrol terendah dari tikus diabetes yang diberikan dosis fraksi minuman *sinom* hari ke-15 dengan pemberian dosis 50 mg/kg, 100 mg/kg, 150 mg/kg dan 200 mg/kg. GDP tikus diabetes tersebut berturut-turut adalah 122 mg/dl, 125 mg/dl, 172 mg/dl, 259 mg/dl. GDP tikus kontrol dalam keadaan normal sedangkan kondisi tikus diabetes pemberian dosis 50 mg/kg dan 100 mg/kg ada pada kondisi GDP tikus sehat, namun kondisi kesehatan tikus karena pemberian fraksi air minuman *sinom* dari diabetes belum berpengaruh nyata. Diduga karena pada hari ke-15 pemberian fraksi minuman *sinom* dengan dosis tersebut kurang efektif untuk menurunkan GDP tikus diabetes kepada kondisi normal, kondisi ini juga berasal dari pengaruh kekebalan tubuh tikus yang berbeda-beda setiap harinya. Namun perubahan GDP tikus dosis tersebut sudah menunjukkan indikasi kearah penurunan GDP yang lebih berarti dari hari sebelumnya. Tikus yang diberikan fraksi air dosis tersebut di atas masih dalam katagori tikus sehat, karena tikus sehat memiliki GDP <126 mg/dl dan tikus normal dengan GDP 109 mg/dl (Andayani, 2003)

Uji perbandingan berganda BNT perlakuan dosis 150 mg/kg dan 200 mg/kg hari ke-15 dan 18 tidak berbeda nyata terhadap GDP tikus diabetes jika dibandingkan dengan kontrol. Rata-rata GDP tikus dosis tersebut berturut-turut adalah 172 mg/dl dan 259 mg/dl kondisi ini dinyatakan tikus masih dalam kondisi menderita diabetes karena GDP tikus

diabetes adalah >126 mg/dl. Hal ini diduga kinerja antioksidan fraksi air minuman *sinom* yang teridentifikasi beragam tersebut masih belum efektif untuk mengkelat radikal bebas yang berasal dari NO induksi STZ, kemungkinan dengan dosis fraksi air yang semakin tinggi memiliki kecenderungan terjadinya prooksidan dalam tubuh tikus, diduga bahwa antioksidan yang beragam dengan dosis yang semakin tinggi cenderung menjadi prooksidan dalam tubuh tikus, hal ini sesuai dengan penelitian Suryani (2013) yang menyatakan bahwa peningkatan dosis pada pemberian ekstrak mahoni, semakin meningkatkan GDP tikus diabetes.

Pola yang sama dengan pemberian fraksi air minuman *sinom* dosis 150 terjadi juga pada kondisi tikus pemberian fraksi air minuman *sinom* pada 200 mg/kg BB tikus diabetes. Pemberian fraksi air minuman *sinom* dengan dosis yang semakin tinggi belum dapat meningkatkan penurunan GDP tikus diabetes mendekati normal (109 mg/dl) pemberian fraksi air minuman *sinom* sampai hari ke-15. Hal ini diduga antioksidan fraksi air minuman *sinom* yang beragam jika ditingkatkan dosisnya tidak baik untuk dikonsumsi karena menjadi prooksidan.

Antioksidan fraksi air minuman *sinom* dengan dosis yang semakin tinggi kurang efektif mengkelat radikal bebas karena keragaman antioksidan dengan dosis yang lebih tinggi memiliki kinerja yang tidak spesifik lagi, diduga bahwa antioksidan fraksi air minuman *sinom* yang semakin tinggi menjadi prooksidan dalam tubuh, jumlah komponen fenolik dari kumarin minuman *sinom* fraksi air dalam keadaan tidak seimbang antara radikal bebas atau ROS dengan antioksidan sehingga aktivitasnya tidak efektif. Kemungkinan keadaan kandungan antioksidan fraksi air minuman *sinom* yang

kompleks sebagaimana telah teridentifikasi diatas jika dengan dosis yang lebih tinggi masing-masing dapat bekerja secara non spesifik pada peningkatan mengkelat radikal bebas fungsinya sebagai agen penurun dan menurunkan oksidator sebelum merusak sel sehingga kerusakan sel dapat dikurangi.

Prooksidan bersifat menurunkan sifat antioksidanya yang tersedia. Tiwari (2000) yang menjelaskan bahwa prooksidan dapat memicu peningkatan radikal bebas atau menurunkan kemampuan *scavenger* antioksidan. Kekurangan antioksidan juga dapat meningkatkan jumlah radikal bebas karena tidak cukup dalam menangkal radikal bebas yang ada. Hall dan Cuppett (1997) yang menjelaskan bahwa hasil produk radikal antioksidan (A^*) setelah bereaksi dengan radikal peroksida (ROO^*) selama proses oksidasi dapat terjadi sangat cepat dan sewaktu-waktu dapat berkontribusi menjadi pembentuk radikal bebas, di dalam sitoplasma dengan konsentrasi senyawa Fe yang tinggi, asam askorbat dapat bersifat prooksidan oleh karena reaksi redoks Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} yang mencetuskan senyawa superoksida dan pada akhirnya menjadi radikal bebas dengan gugus hidroksil yang sangat reaktif.

FAO/WHO (2002) dalam Almatzier (2001) yang menjelaskan bahwa kelebihan vitamin C dapat berefek pada sistem saluran kemih, akan tetapi mekanisme yang mendasari hal ini belum dimengerti benar. Kerusakan karena antioksidan akan menyebabkan penyakit seperti aterosklerosis dan diabetes melitus tipe 2. Dan kemungkinan juga memiliki peranan dalam terjadinya diabetes komplik, Guyton (1996) gagal ginjal kronik, penyakit-penyakit degenerasi neuron, *arthritis rheumatoid*, dan pankreatitis (Muchtadi, 2012).

Champe, *et al.* (2011) menyatakan bahwa diabetes bukan merupakan suatu penyakit, tetapi lebih merupakan sekelompok sindrom heterogen yang ditandai dengan peningkatan glukosa darah puasa yang disebabkan oleh defisiensi insulin relatif atau absolute. Diabetes melitus ditandai dengan defisiensi insulin absolut yang disebabkan oleh serangan autoimun pada sel β pankreas. Serangan autoimun pada sel β diantaranya disebabkan adanya radikal bebas. Streptozotosin (STZ) atau 2-deoksi-2-3-(metil-3-nitrosoureido)-D-glukopiranosediperoleh dari *Streptomyces achromogenes* yang digunakan untuk menginduksi baik DM tipe 1 maupun tipe 2 pada hewan uji.

STZ dapat menyebabkan terjadinya penghambatan sekresi dan sintesis insulin akibat kerusakan sel β yang ditimbulkannya. GLUT 2 yang ditemukan pada sel β pankreas, yang seharusnya dapat mentranspor glukosa ke dalam sel ketika kadar glukosa meningkat atau mentranspor glukosa dari sel ke darah bila kadar gula darah menjadi rendah (misalnya selama puasa), namun mekanisme ini tidak terjadi pada kondisi tikus diabetes (Murray, 2009)

Ganong (2008) menjelaskan bahwa pemberian STZ pada hewan percobaan seperti tikus dapat mengakibatkan terjadinya defisiensi insulin yang disekresi oleh sel β karena telah terjadi kerusakan sel β pulau Langerhans, hal ini merupakan keadaan yang sering terjadi pada hewan-hewan galur-galur mencit yang memiliki insidens tinggi menderita diabetes melitus spontan. Kondisi patologis yang diakibatkan oleh defisiensi insulin memberi dampak terhadap toleransi glukosa darah puasa bahwa kondisi tikus diabetes sangat sesuai dengan pola perkembangan kadar gula darah tikus diabetes yang telah dilaporkan dalam penelitian Ganong (2008)

uji toleransi glukosa oral tikus diabetes.

Dosis meningkat fraksi air minuman *sinom* mampu menurunkan GDP tikus diabetes tetapi tidak mendekati kadar gula darah tikus kontrol. Hal ini diduga karena kinerja antioksidan dalam mengkelat radikal bebas kurang spesifik dan dosis yang terlalu tinggi mengakibatkan prooksidan bagi kerusakan jaringan. Hal ini juga didukung oleh penelitian Suryani (2013) yang menyatakan bahwa pengaruh hipoglikemik ekstrak metanol biji mahoni tidak sesuai dengan dosis yang semakin tinggi. Murray (2009) yang menjelaskan bahwa terjadinya gangguan toleransi glukosa, juga karena keadaan-keadaan kerusakan hati pada beberapa infeksi, serta sebagai respon terhadap pemberian dosis yang semakin meningkat maupun terhadap obat tertentu dan pada kondisi yang menyebabkan hiperaktivitas hipofhosis atau korteks adrenal akibat antagonisme hormon - hormon yang dihasilkan oleh kelenjar-kelenjar ini terhadap kerja insulin, hal ini sesuai dengan penjelasan (Syarifuddin, 2011). Prooksidan memberi dampak pada kerusakan pankreas karena pemberian dosis fraksi air minuman *sinom* yang semakin tinggi yaitu dapat mengganggu toleransi glukosa, mekanisme kinerja hormon tidak sempurna lagi hal ini yang memberikan pengaruh terhadap lambatnya penurunan kadar gula darah puasa tikus SD diabetes hal tersebut sesuai dengan penelitian Suryani (2013) yang menjelaskan bahwa dosis 200 mg/kg BB tikus memberikan efek cenderung menurunkan kadar insulin dalam darah.

Aktivitas antioksidan perlakuan pemberian fraksi air minuman *sinom* 0 mg/kg BB tikus atau kontrol (KO) kadar gula darah puasanya rata-rata berada dibawah 100 yaitu < 126 mg/dl dan < 127

mg/dl untuk kadar gula darah puasa tikus (Kim *et al.*, 2006). Hasil perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa GDP tikus sehat menunjukkan perbedaan yang nyata pada pengamatan hari ke-6,9,12, dan 21 nilai rata-rata GDP berturut-turut adalah (106 mg/dl), (101 mg/dl), (113 mg/dl), (89 mg/dl), hal ini disebabkan kondisi tikus tidak sama setiap harinya, namun kondisi tikus masih dalam keadaan sehat, oleh Andayani GDP tikus sehat <126 mg/dl. GDP tikus sehat/ tikus kontrol sangat sesuai dengan penelitian Suarsana (2010) mengenai profil gula darah dan ultrasruktur sel β pankreas tikus yang diinduksi aloksan.

Hasil uji perbandingan berganda BNT menunjukkan bahwa perlakuan dosis 0 mg/kg BB (tikus kontrol) tidak berbeda nyata terhadap rata-rata GDP tikus. Rata-rata GDP tikus pemberian dosis 0 mg/kg BB terendah dari GDP tikus diabetes dengan dosis fraksi minuman *sinom* dosis 50 mg/kg, 100 mg/kg, 150 mg/kg dan 200 mg/kg pengamatan hari ke-15 dan 18. Rata-rata GDP tikus pemberian fraksi air minuman *sinom* dosis 50 mg/kg sudah mencapai kondisi tikus normal (109 mg/dl) pada pengamatan hari ke-18. Hal ini karena pemberian fraksi air minuman *sinom* dosis 50 mg/kg BB tikus sangat sesuai pada kondisi tikus diabetes sampai pada hari ke-18 hanya saja jika ditinjau dari hasil uji keragaman belum menunjukkan GDP tikus kondisi normal yang berpengaruh. Diduga karena antioksidan yang beragam pada fraksi air minuman *sinom* adalah sangat efektif jika diberikan pada dosis 50 mg/kg, karena dosis tersebut memiliki kemampuan yang sangat efektif pada hari tersebut untuk mengkelat radikal bebas dari NO (*nitric oxide*) karena induksi STZ. Kondisi yang normal ini menyebabkan metabolisme GLUT 2 ke sel β akan berjalan normal, sehingga regulasi glukosa ke seluruh sel tubuh juga menjadi normal. Hal ini sesuai

dengan pernyataan Akpan *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa produksi ATP mitokondria tidak dibatasi, hal ini menyebabkan tidak terjadi adanya pengurangan nukleotida sel β pankreas.

Aktivitas antioksidan perlakuan pemberian dosis 0 mg/kg (Tikus Kontrol) tidak meningkatkan penurunan kadar glukosa darah puasa tidak seperti yang terjadi pada tikus diabet melitus, walaupun tidak diberikan fraksi air minuman *sinom* diduga karena aktivitas antioksidan yang terjadi semata-mata karena adanya konsumsi pemberian fraksi air minuman *sinom* yang diduga mengandung omega -9, *ar-tumeron, tumeron, curlon*, vitamin C dan B. Dalam tubuh secara alami dari reaksi biologis yang menghasilkan radikal bebas seperti ROS dan RNS sehingga secara alami pula tubuh memiliki pertahanan terhadap efek radikal bebas yang berasal dari vitamin C (Veliky *et al.*, 2001). Aktivitas antioksidan dengan metode DPPH yang terjadi pada tikus kontrol juga didukung oleh penelitian Emiati (2007) yang menyatakan bahwa aktivitas antiradikal dengan metode DPPH secara *in vivo* pada manusia didapatkan perlakuan kontrol atau tanpa konsumsi minuman kakao bebas lemak yang mengandung komponen fenolik ditemukan juga aktivitas antiradikal berkisar 17.5 %.

Hasil uji perbandingan berganda BNT GDP tikus pemberian dosis 100 mg/kg, 150 mg/kg, 200 mg/kg BB tikus masing-masing tidak berbeda nyata hari ke-18. Pengamatan hari ke-21 GDP tikus dosis pemberian dosis 150 mg/kg BB dan 200 mg/kg BB tidak berbeda nyata dengan GDP tikus dosis 50 mg/kg dan 100 mg/kg. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian dosis fraksi air minuman *sinom* yang semakin tinggi berakibat semakin meningkatkan GDP tikus diabetes jika dibandingkan dengan GDP tikus kontrol.

4.KESIMPULAN

Kapasitas antioksidan tertinggi adalah fraksi air minuman sinom (199.100µg AAEAC/g bahan) yang diikuti oleh fraksi kloroform (94.200 µg AAEAC/g bahan), etil asetat (66.500 µg AAEAC/g bahan), dan fraksi heksan (42.600 µg AAEAC/g bahan).

Kapasitas antioksidan dari fraksi air menurunkan gula darah puasa tikus putih SD tertinggi (109 mg/dl) dengan perlakuan dosis 50 mg/kg BB.

5..REFERENSI

Akpan, J.O., P.H,Wright, W.E.Dulin., 1987, A comparison of the effects of streptozotocin, N-methylnitrosourea and alloxan on isolated islets of Langerhans, *Diabetes & Metabolism*, 13(2):122-128.

Anderson P., Sylvia, MC. Wilson, Lorraine. 1995. Patofisiologi Konsep Klinis Proses-Proses Penyakit.Eds I. Anugrah P.(Penterjemah). Jakarta : EGC.

Aruoma, O.I., J.P.E.Spencer, D.Warren, P. Jenner, J. Butler, and B.Halliwell.1997.*Characterization of Food Antioxidants,Illustrated using Commercial Garlic and Ginger Prepatio*n. J. Food Chem. 60 (2):149-156.

Astawan, M. 2008. *Pangan Fungsional untuk Kesehatan yang Optimal*.Jur TPG – IPB. Bogor.

Champe,P.C., A. H.Richard, R.F.Denise. 2010. Biokimia Ulasan Bergambar. In : Novrianti,A., I.Nuryanto, T.Resmisari., editors. *Edisi bahasa Indonesia,Luqman Yanuar*

Rachman, Frans Dany.Edisi 3, Jakarta : EGC. P.85-547

Couee, I., C.Sulmon , G.Gouesbest , AE.Amrani. 2005. *Involvement of soluble sugar in reactive oxygen species balance and responses to oxidative stress in plants*. J Exp Botany 57:449-459

Darmono. 2005. Pengatur Pola Hidup Penderita Diabetes Untuk Mencegah Komplikasi Kerusakan Organ-organ Tubuh.Semarang.Available from : URL : <http://eprints>

[DEPKES] Depateman Kesehatan RI. 2006. Diabetes Melitus ancaman umat manusia di dunia. Berita Dep. Kes RI Tanggal 14 Nopember 2006.

Emiwati. 2007. Efek Konsumsi Minuman Bubuk Kakao Bebas Lemak terhadap Sifat Antioksidan dan Proliferative Limfosit Manusia[Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Erwin, Etriwati, Muttaqin, T.W.Pangesttiningsih., dan S.Widyarini. 2013. Ekspresi Insulin pada Pankreas Mencit (Musculus) yang Diinduksi dengan Streptozotocin Berulang.J *Kedokteran Hewan*. 7: 9- 11

Freisleben, HJ. 2001, Free radical and ROS in biological system. Di dalam: Proseding kursus penyegar radikal bebas dan antioksidan dalam kesehatan: dasar aplikasi dan pemanfaatan bahan alami. Jakarta 16 April 2001. Bagian Biokimia Fakultas Kedeokteran Universitas Indonesia.

Ganong,W.F. 2008. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran.Editors Edisi Bahasa

- Indonesia. Ed.22-Jakarta :EGC347- 367
- Halliwell B, Gutteridge. 2006. Free radical in Biology and Medicine. Ed 4 Claredon Press. Oxford.
- Hirsh AJ., SY.Yao, JD.Young, CL.Chesseman. 1997. Inhibition of glucose absorption in rat jejunum. A novel action of alfa-D-glucosidase inhibitors. *Gastroenterology* 113:205-211.
- Huang D., Qu B. LD. Prior. 2005. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assay. *J. Agric Food Chem* 53: 1841 – 1856
- Jung UJ., MK. Lee, YB.Park , SM.Jeon, MS.Choi. 2006. Antihyperglycemic and antioxidant properties of caffeic acid in db/db mice. *J Phamacol and Experiment Therapeutics* 318:476-483.
- Kim JS., Ju JB, CW.Choi, CS.Kim. 2006. Hypoglycemic and antihyperlipidemic effect of four Korean medicinal plants in alloxan induced diabetic rat. *Am J Biochem and Biotech* 2:154-160.
- Kevin C., Kregel, J.Hannah, Zhang. 2005. An integrated view of oxidative stress in aging:basic mechanism. Function effects and pathological consideration. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 292:R18-R36.
- Koczwara, K., E.Bonifacio , AG.Ziegler . 2004. Transmission of maternal inslet antibodies and risk of autoimmune diabetes in offspring of mothers with type 1 diabetes. *Diabetes* 53:1-4.
- Lukita-Atmadja W., Y.Ito, G.L.Baker., and R.S.McCuskey. 2002.Effect of curcuminoids as anti-inflammatory agents on the hepatic microvascular response to endotoxin.*SHOCK*. 17 (5): 399–403.
- Molyneux, P. 2003. The Use of The Stable Free Radical Diphenylpicryl Hydrazyl (DPPH) for Astimating Antioxidan. *J. Sci.Tech* 26 : 210-219
- Mulyani, S., K.Satriawan, dan IGA.L. Triani. 2006. Potensi Minuman Kunyit- Asam(*Curcuma domestica* Val - *Tamarindus Indica* L.)Sebagai Sumber AntioksidanBeserta Analisis Finansialnya, Laporan Research Grant, TPSDP. ADB- LOAN
- Nair M.G., H.Wang, D.L.Dewitt, D.W.Krempin, D.K.Mody, Y.Qian, D.G.Groh, A.J.Davies, M.A.Murray, R.Dykhous, and M.Lemay. 2004. *Dietary Food Supplement Containing Natural Cyclooxygenase Inhibitors and Methods for Inhibiting Pain and Inflammation*. <http://www.freepatentsonline.com/6818234.html>. (4 Maret 2010).
- Norton, K.J. 2008.Menstruation Disorder-Causes Symptom and Treatment of Dysmenorrhea.http://www-steadyhealth.com/articles_menstruation-disorder-causes-symptom-and-treatments_of_Dysmenorrhea-a773.html.(3 Maret 2010)
- Nurmi A. 2008. Antioksidant studies on Selected Lamiaceae Herbs in vitro and in Humans[Dissertation].Helenski
- Prior, RL., X.Wu, K.Schaich. 2005. Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Food and Dietary Supplement, *J Agric Food Chem* 53:4290-4302
- Rajasekaran, S.K.,S.Sivagnanam, Subramanian.2005.Antioksidant effect of aloe vera gel extract in

- streptozocin-induced diabetes in rats. *Pharmaco.Rep.*57:90-96
- Resi, S.N. Z.2012. Formulasi, Karakterisasi, dan Diversifikasi Rasa Minuman Fungsional Berbasis Kunyit Asam serta Kajian Toksisitas dan Stabilitasnya Selama Penyimpanan. Department of Food Science and Technology, Faculty of Agricultural Technology, Bogor Agricultural University, IPB Darmaga Campus, PO Box 220, Bogor, West Java, Indonesia. J, F24070057
- Rice-Evans CA., AT. Diplock, MCR.Symons.1999. *Technique in Free Radical Research* Tokyo:Elsevier
Amsterdam.Rowland dan Bellush; Rees dan Alcolado
- Shaw- Reagan,S., M.Nihal, N. Ahmad. 2007. Dose Translation from Animal to Human Studies Revisited. Departement of Dermatology,Paul P. Carbone Comprehensive Cancer Center; Molecular and Environmental Toxicology Center,University of Wisconsin, Madison,Wisconsin,USA. *The FASEB Journal article* fj.07-9574LSF.Published online October 17,2007
- Soegondo S., P. Soewondo, S.Waspadji, I.Subekti, G. Semiardji, M. Oemardi, S .Suyono dan Supartondo. 1999. Diabcare ASIA-Indonesia, 1998.*Prosiding*. Comprehensive Approaches in the management of diabetic complication. Jakarta
- Suarsana, IN, Priosoeryanto, B.P.M.Bintang, dan T.Wresdiyanti. 2010. Profil Glukosa Darah dan Ultrastruktur selBeta Pankreas Tikus yang Diinduksi Senyawa Aloksan . *J.TTV15* : 118-122
- Tiwari, AK.2001 Imbalance in Antioksidant Defence and Human Diseases: Multiple Aproach of Natural Antioxidants .*Curent Sci* 81,9:1179-1187
- Vaya, J., M.Aviram. 2002. Nutritional Antioxidants:Mechanisms of Action, Analyses of Activities and Medical Applications. www.google/search/naturalantioxidant.htm 22 April 2009
- Valko M., D.Leibfritz, J.Moncol, MTD.Cronin, M.Mazur, J.Telser. 2007. Review: Free radicals and antioxidant in normal physiological function and human disease. *Inter J Biochem and Cell Biol* 39:44-84.
- [WHO] World Health Organization. 2004. Definition diagnosisand classification od diabetes millitus and its complication.Part 1:diagnosis and calssification od deabetes mellitus.
- Wijeratne, SSK., SL.Cuppet, V.Schlegel. 2005. Hydrogen Peroxide Induce Oxidative Stress Damage and Antioxidant Enzyme Response in Caco-2 Colon Cells. *J.Agric.Chem* 53: 8768-8774.
- .Wilson, G.L. and S.P.LeDoux. 1989. The Role of Chemical in The Etiology of Diabetes Mellitus, *Toxicologic Pathology*, 17 : 357 –3 62
- Yun, L.2001. Free Radical Scavenging Properties of Conjugated Linoic Acids. *J. of Agric. and Food Chem.* 49:3452-3456.

APLIKASI REVERSE TRANSCRIPTION - LOOP MEDIATED ISOTHERMAL AMPLIFICATION (RT-LAMP) UNTUK DETEKSI VIRUS JEMBRANA PADA DARAH SAPI BALI DENGAN BASIS DETEKSI GEN ENV-TM

Tri Ananda Erwin Nugroho¹, Asmarani Kusumawati²

¹Fakultas Ilmu-ilmu Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

E-mail : erwin.veteriner.msc@gmail.com

²Fakultas Kedokteran Hewan, Universitas Gadjah Mada

E-mail : kartapati_2008@yahoo.com

Abstract

This research aims to find out the success of applying Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) to detect Jembrana virus in the blood of Bali cattle. This research is a new approach to detect jembrana virus in the blood-cells of Bali cattle which is still alive based on nucleic acid virus using the detection based of gen env-tm. PCR was used in parallel to detect the jembrana virus to compare to RT LAMP result.

The sample blood of Bali cattle which is a suspect of jembrana disease came from Barabai- South Kalimantan. RNA isolation from the blood sample used the Nucleic Acid Purification kit from Roche (Germany) by following the procedure from the factory. The synthesis of complementary DNA (cDNA) used the primary B3. The cDNA then used for the printing in PCR and LAMP. The result of cDNA was amplified in the PCR machine using primary F3 and B3. The amplification of RT LAMP using primary F3, B3, FIP and BIP without using the primary loop (LF).

The result amplification electrophoresis of PCR shown in the agarose gel 1.8% shows the specific ribbon in marker 211 bp in accordance with the positive control in a form of recombinant plasmid pGEX-TM which brought the env-tm gen of jembrana virus. The result of RT-LAMP which was visualized through the electrophoresis indicates positive result by showing that there was an amplification in a form of ladder-like pattern on all five tracks on agarose gel. Negative result was indicated by the absence of ladder-like pattern in negative control.

The application of RT LAMP to detect jembrana virus in the blood of Bali cattle with the basis detection env tm gen can be carried out.

Keywords : *Jembrana virus, blood, bali cattle, gene env-tm, RT-PCR, Reverse Transcription-Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP).*

PENDAHULUAN

Telah diketahui bahwa sapi bali sangat peka terhadap penyakit jembrana. Penyakit jembrana merupakan penyakit menular akut pada sapi bali yang disebabkan oleh *Lentivirus*, famili *Retroviridae* (Wilcox dkk, 1992). Penyakit tersebut apabila sudah dalam keadaan parah akan memperlihatkan gejala adanya keringat darah yang keluar dari tubuh sapi (Batan, 2002). Penyakit jembrana dalam keadaan akut akan mengakibatkan kematian 100% pada sapi bali. Penyakit jembrana diketahui telah menyebar ke berbagai wilayah di Indonesia diantaranya di Jawa Timur, Lampung, Kalimantan, Sumatra (Hartaningsih

dkk., 2005), dan Australia (Chadwick dkk., 1998). Dalam bidang usaha peternakan sapi bali, penyakit jembrana mengakibatkan kerugian ekonomi yang cukup besar.

Beberapa teknik pengujian (diagnosa) dengan berbagai basis deteksi, baik yang berdasar reaksi antigen-antibodi, protein virus jembrana maupun molekul RNA virus jembrana telah dilakukan. Pengujian itu diantaranya adalah *enzym-linked immunosorbent assay* (ELISA) (Hartaningsih dkk., 1993); *Western blotting* (Kertayadnya dkk., 1997); *Imunohistokimia* (IHK) (Supartika dkk, 2001); *Sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide electrophoresis* (SDS-PAGE)

(Agustini *dkk.*, 2003) dan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Tenaya *dkk.*, 2003). Teknik pengujian tersebut diatas masing-masing mempunyai keunggulan dan kekurangan tersendiri baik dalam segi aplikasi dilapangan maupun hasil yang diperoleh.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan aplikasi *Reverse Transcription - Loop Mediated Isothermal Amplification* (RT-LAMP) untuk deteksi virus jembrana pada darah sapi bali. Penelitian ini merupakan upaya pendekatan diagnosa baru untuk deteksi virus jembrana pada darah sapi Bali yang masih hidup berdasarkan pada asam nukleat virus dengan basis deteksi gen *env-tm*.

Gen *env* merupakan daerah gen dari virus jembrana yang berperan dalam mengekspresi protein untuk proses masuknya virus ke dalam sel host. Gen ini terdiri atas dua subunit gen yaitu subunit *surface unit* (SU) dan subunit *transmembran* (TM). Subunit SU akan mengekspresi protein SU yang mempengaruhi *tropism* virus dan mengenali reseptor spesifik dari sel host, sedangkan subunit TM akan mengekspresi protein *transmembran* yang berperan melakukan fusi antara *envelope* virus dengan membran sel inang (Burkala, 1998). Gen *env-tm* virus jembrana isolat Tabanan 1995 oleh Kusumawati *dkk.*, (2003), telah berhasil diinsersi ke dalam vektor plasmid pGEX-2T dan menghasilkan plasmid rekombinan yang selanjutnya disebut pGEX-TM. Plasmid rekombinan pGEX-TM yang merupakan plasmid hasil isolasi yang membawa sisipan gen *env-tm* tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai cetakan RT-PCR dan RT-LAMP serta sebagai kontrol positif. RT-PCR digunakan secara paralel untuk deteksi virus jembrana yang selanjutnya digunakan sebagai pembandingan hasil dari RT-LAMP.

METODELOGI PENELITIAN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah darah sapi bali *suspect* penyakit jembrana dari daerah Barambai-Kalimantan Selatan. Darah sapi bali sehat yang berasal dari Nusa Penida-Bali dan darah sapi Peranakan Ongole (PO) yang digunakan sebagai kontrol negatif. Plasmid rekombinan pGEX-TM yang merupakan plasmid hasil isolasi yang

membawa sisipan gen *env-tm*, yang akan digunakan sebagai cetakan PCR dan LAMP serta sebagai kontrol positif. Primer yang digunakan untuk reaksi sintesis cDNA yaitu primer B3, reaksi PCR menggunakan primer F3 dan B3, sedangkan untuk reaksi RT-LAMP digunakan primer F3, B3, FIP dan BIP tanpa menggunakan primer Loop. Susunan nukleotida primer yang digunakan tersaji dalam tabel 1.

Tabel 1. Susunan nukleotida primer yang digunakan dalam proses reverse transcription (RT), PCR dan LAMP (Kusumawati, 2003).

Metode	Primer	Urutan Basa Nukleotida (5'-----3')
RT	B3	TTTCTCCCCACAGTCCAC
PCR	F3	AGAAGCTCAGCGAAGGCA
	B3	TTTCTCCCCACAGTCCAC
LAMP	F3	AGAAGCTCAGCGAAGGCA
	B3	TTTCTCCCCACAGTCCAC
	FIP (F1e) (F2)	TCAACCAGCGCAAGGTCCCTC- AGATCGGATGTCTGATCTTGAGA
	BIP (B1e) (B2)	GCTCCCGCTCAGTCTGTTAGTC- TTTGATTTTGAAAAGTGGGAGAGAG

Ekstraksi RNA

Ekstraksi RNA diawali dengan mengambil sampel darah sebanyak 200 µl dan dimasukkan ke dalam tabung 1,5 ml dan diberikan PBS (*Phosphate Buffer Saline*) kemudian dihomogenasi menggunakan pipet mikro. Suspensi sampel diberi 50 µl proteinase K 20 mg/mL dan 200 µl *binding buffer*. Suspensi tersebut kemudian dicampur dan diinkubasikan pada suhu 72°C selama 10 menit. Suspensi ditambahkan lagi dengan 100 µl *binding buffer* dan dipindahkan ke dalam *column* dengan menggunakan mikropipet dan ditutup, selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 8000 rpm selama 1 menit. Selesai sentrifugasi, *column* dikeluarkan dari mesin sentrifuse kemudian *collection tube* yang mengandung filtrat dibuang dan *column* dimasukkan ke dalam *collection tube* baru dan ditambahkan 500 µl *inhibitor removal buffer* ke dalam *tube* tersebut. Tabung kemudian disentrifugasi pada kecepatan 8000 rpm selama 1 menit. Setelah *column* dikeluarkan dari mesin sentrifuse, *collection tube* yang mengandung filtrat dibuang dan *column* dimasukkan ke dalam *collection tube* baru dan selanjutnya filter dicuci dengan

penambahan 450 µl *washing buffer*. Tahap selanjutnya tabung disentrifuse dengan kecepatan 8000 rpm selama 1 menit. Proses pencucian diulang kembali dan disentrifuse dengan kecepatan 13000 rpm selama 10 detik. Setelah *column* dikeluarkan dari mesin sentrifuse, buang kembali *collection tube* yang mengandung filtrat dan *column* dimasukkan ke dalam *collection tube* baru. Tahap terakhir, *column* dimasukkan ke dalam tabung *microcentrifuge* 1,5 ml dan kemudian ditambahkan 50 µl *elution buffer (nuclease free, sterile, double distilled water)*. Tabung selanjutnya disentrifugasi kembali pada kecepatan 8000 rpm selama 1 menit. Setelah itu *column* dibuang, dan *microcentrifuge* yang mengandung RNA hasil ekstraksi disimpan pada *freezer* dengan suhu -80°C.

RT-PCR

Deteksi virus jembrana dilakukan dalam dua tahap terpisah, dimana tahap pertama dilakukan sintesis cDNA melalui *reverse transcription* (RT) dari RNA hasil ekstraksi melalui proses transkripsi balik dan tahap kedua adalah amplifikasi cDNA melalui metode PCR.

Reverse Transcriptase

RNA hasil ekstraksi diamplifikasi menggunakan metode *two-step* RT-PCR. Sintesis cDNA menggunakan enzim *avian myeloblastosis virus-reverse transcription* (AMV-RT) dari Promega dimana sampel RNA dan primer *reverse* B3 (Tabel 1) dipanaskan terlebih dahulu kemudian dicampur dengan komponen sintesis cDNA lainnya.

Sintesis cDNA dilakukan dalam tabung 0,2 ml dengan volume total reaksi 25 µl dengan formasi campuran yaitu 6,25 µl hasil ekstraksi RNA dan 7,5 µl primer B3 (5 µM) dipanaskan pada suhu 70° C selama 10 menit dengan *waterbath* kemudian didinginkan dengan es selama 5 menit. Campuran ini selanjutnya ditambahkan dengan 2,5 ul dNTP *mix* (10 mM), 1,5 µl enzim AMV RT (5 u/µl), 5 µl AMV 5x *Reaction Buffer*, 0,1 µl *Protector RNase Inhibitor* (40 u/µl), dan 2,15 µl *nuclease free water*. Tabung yang berisi semua bahan sintesis cDNA kemudian diinkubasi dengan *waterbath* pada suhu 37° C selama 60 menit dan

selanjutnya dipanaskan pada suhu 95° C selama 2 menit untuk menghentikan proses reaksi. Setelah proses tersebut, hasil sintesis cDNA sudah dapat diperoleh. Molekul cDNA hasil sintesis ini kemudian akan digunakan pada proses amplifikasi PCR guna memastikan RNA virus merupakan RNA virus jembrana dan akan digunakan pula pada proses amplifikasi LAMP guna konfirmasi virus tersebut.

Polymerase Chain Reaction

Hasil cDNA diamplifikasi menggunakan kit Dream Green PCR Mastermix dari Fermentas. Amplifikasi pada gen target *env-tm* sepanjang 211 bp menggunakan primer *forward* (F3) dan *backward* (B3) (Tabel 1). Sebagai pembanding kontrol positif digunakan cetakan berupa plasmid pGEX-TM rekombinan (Kusumawati *dkk.*, 2003).

Hasil cDNA diamplifikasi dalam tabung 0,2 ml dengan volume total 25 µl yang berisi 12,5 µl *DreamTaq™ Green PCR Master Mix 2X*, 2 µl cetakan cDNA, 2,5 µl primer F3 dan B3 (5 µM) dan 5,5 µl *nuclease free water*.

Reaksi PCR dilakukan dengan program satu siklus denaturasi awal pada suhu 95° C selama 5 menit diikuti 30 siklus masing-masing dengan tahap denaturasi pada suhu 95° C selama 45 detik, penempelan primer pada suhu 58° C selama 30 detik, perpanjangan pada suhu 72° C selama 45 detik, dilanjutkan dengan satu siklus untuk perpanjangan akhir pada suhu 72° C selama 10 menit. Resep PCR diperoleh berdasarkan hasil optimasi yang telah dilakukan sebelumnya pada jaringan terinfeksi virus jembrana oleh Hendarta (2012). Amplikon dianalisis dengan elektroforesis gel agarose 1.8%.

RT-LAMP

Aplikasi RT-LAMP menggunakan metode *two step* RT-LAMP. Metode *two step* RT-LAMP menggunakan cDNA dari sintesis yang telah dibuat sebelumnya. Primer yang digunakan meliputi primer dalam FIP, BIP dan primer luar F3, B3 (Tabel 1). Volume total reaksi yaitu 25 µL dengan kondisi reaksi mengacu dari hasil optimasi pada jaringan sapi Bali yang terinfeksi virus jembrana oleh Hendarta (2012) dengan cetakan cDNA

sebanyak 2 μ L. Campuran reaksi RT-LAMP terdiri dari primer dalam masing-masing FIP dan BIP 1,8 μ M, primer luar F3 dan B3 masing-masing 0,2 μ M, 1,2 mM dNTP mix, 0,6 M betaine, 10 mM MgSO₄, 8 unit enzim *Bst* DNA polimerase dan 1x buffer reaksi, serta cetakan dengan volume akhir reaksi adalah 25 μ L. Reaksi amplifikasi berjalan pada suhu 63° C selama 60 menit dan dihentikan dengan inkubasi pada suhu 63° C selama 4 menit.

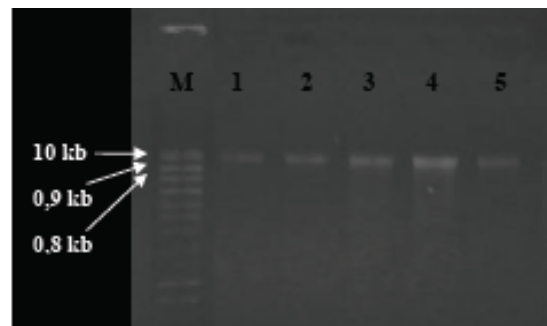
HASIL DAN PEMBAHASAN

Teknik diagnosa RT-LAMP ini diaplikasikan pada sampel darah sapi Bali yang diduga terinfeksi virus penyakit jembrana. Sampel darah yang dipakai dalam penelitian diperoleh dari beberapa peternak di Kecamatan Barambai, Kalimantan Selatan. Laporan dari BPPV Regional V Banjarbaru (Supriyadi dan Fuady, 2010), bahwa daerah tersebut, tepatnya pada kelompok ternak Harapan Makmur Desa Kolam Kiri, Kecamatan Barabai, Kabupaten Barito Kuala, Kalimantan Selatan, dilaporkan terjadi kasus kematian sapi Bali berjumlah 17 ekor yang diduga akibat penyakit jembrana. Sampel darah diambil dari sapi Bali yang dipelihara di kandang, yang mempunyai riwayat dimana 1 tahun sebelumnya pernah terjadi kasus penyakit jembrana di kawasan tersebut yang menyebabkan kematian sapi Bali. Perbedaan penelitian ini dengan hasil penelitian Hendarta (2012) yaitu pada penelitian ini menggunakan sampel darah sapi yang masih hidup dan masih diduga (*suspect*) menderita penyakit jembrana, sedangkan pada penelitian Hendarta (2012,) menggunakan jaringan sapi bali yang sengaja di infeksi menggunakan virus jembrana.

Ekstraksi RNA

Hasil ekstraksi RNA diperoleh gambaran pita RNA pada kisaran 10 kbp (Gambar 1). Hasil pengecekan kualitas RNA dengan menggunakan gel elektroforesis 1% terlihat pita putih RNA pada ke lima lajur yang terletak pada 10 bp jika dibandingkan dengan marker. Isolasi RNA dari darah sapi bali *suspect* penyakit jembrana menghasilkan konsentrasi RNA yang tipis setelah divisualisasikan pada gel agarose. Hal tersebut bisa berhubungan dengan sifat patologi klinis dari penyakit

jembrana itu sendiri. Wilcox *dkk.*, (1992) mengatakan bahwa pada sapi Bali yang terinfeksi virus jembrana akan mengalami penurunan sel darah putih (*leukopenia*) akibat rusaknya leukosit darah oleh virus jembrana. Terjadinya leukopenia pada sapi penderita penyakit jembrana ada kaitannya dengan predileksi dari virus jembrana itu sendiri, yaitu berada pada sel-sel mononuklear seperti monosit dan limfosit (Dharma *dkk.*, 1991; 1992; 1994). Kondisi seperti ini bisa diakibatkan juga oleh tahapan penyakit jembrana yang belum terlalu parah. Astawa *dkk.*, (2006) menyatakan bahwa pada sapi yang masih pada tahap awal terinfeksi virus jembrana maka jumlah virus pada darah sapi (*viremia*) belum terlalu tinggi. Hasil visualisasi gel elektroforesis menunjukkan gambaran RNA yang masih ada dan utuh untuk kemudian dipakai pada tahapan pengujian selanjutnya.



Gambar 1. Visualisasi ekstraksi RNA darah sapi bali pada gel elektroforesis 1%. Darah sapi bali (1-5).

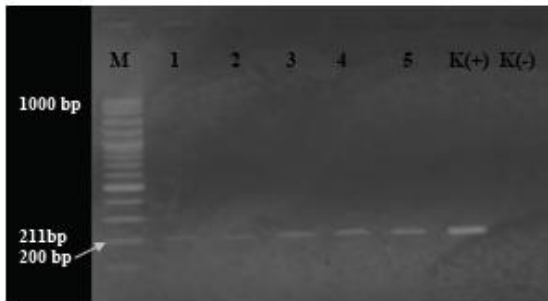
RT-PCR

Hasil ekstraksi RNA, kemudian diamplifikasi dengan metode *two step* RT-PCR. Amplifikasi *two step* RT-PCR dilakukan karena bertujuan untuk mendapatkan *complemen* DNA (cDNA) yang digunakan sebagai cetakan PCR maupun LAMP. Reaksi PCR menggunakan primer F3 dan B3, sedangkan ampikon dianalisis secara visual menggunakan gel elektroforesis 1,8% dengan pewarnaan etidium bromida.

Hasil amplifikasi memberikan gambaran pita yang spesifik berada di atas marker 200bp (Gambar 2). Hasil reaksi amplifikasi oleh primer F3 dan B3 menunjukkan munculnya pita DNA yang sesuai dengan pita kontrol positif dengan cetakan berupa plasmid

rekombinan pGEX-TM yang disisipi gen *env-tm* yaitu sepanjang 211 bp.

Hasil elektroforesis pada gambar 2 terlihat pita DNA sampel (1-5) yang lebih tipis jika dibandingkan dengan pita kontrol positif. Hal ini bisa diakibatkan oleh penggunaan metode two step RT-PCR. Hal ini sesuai dengan pernyataan Vanema *dkk.*, (2002) yaitu virus penyakit jembrana merupakan virus RNA *single stranded* yang sangat mudah mengalami degradasi jika digunakan sebagai cetakan RT-PCR.



Gambar 2. Elektroforesis two step RT PCR darah sapi Bali pada gel elektroforesis 1,8% pada kecepatan 100 volt. Sampel darah sapi bali suspect virus jembrana (1-5). Darah sapi bali dari Nusa Penida Bali (K-). Marker 1000 bp (M).

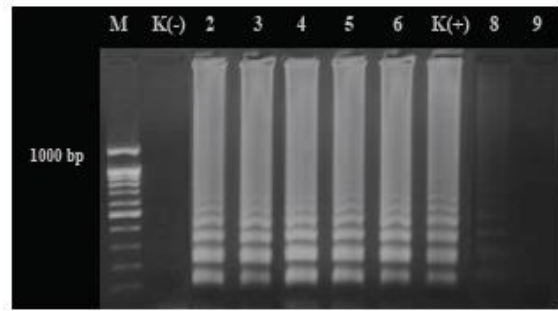
Perbedaan antara *two step* RT-PCR dan *one step*-RT PCR adalah terletak pada prosesnya. *Two step*-RT PCR dimulai pada tahap pertama dengan mengubah RNA menjadi cDNA terlebih dahulu dengan enzim *reverse transcriptase*. Tahap selanjutnya melakukan amplifikasi terhadap cDNA dengan PCR menggunakan enzim *Taq DNA polymerase*. Begitu sebaliknya dengan *one step* RT-PCR, kedua tahap pada *two step* RT-PCR dijalankan dalam satu tabung dan dalam satu proses reaksi. Penggunaan lebih dari satu tabung dan proses pipeting lebih banyak pada metode *two step* RT-PCR dibandingkan dengan *one step* RT-PCR diduga menjadi faktor diperolehnya visualisasi pita DNA yang tipis pada gel agarose.

Hasil diagnosa dengan menggunakan *two step* RT-PCR telah memberikan arti bahwa di dalam darah sapi Bali terperiiksa telah di deteksi adanya gen *env-tm* dari virus jembrana yang menginfeksi. Indikasi tersebut dibuktikan dari munculnya pita DNA pada hasil

elektroforesis sampel 1-5 yang sesuai dengan pita kontrol positif berupa plasmid rekombinan pGEX-TM yang disisipi gen *env-tm* yaitu sepanjang 211 bp.

RT-LAMP

Hasil visualisasi RT-LAMP yang diperoleh melalui elektroforesis menunjukkan adanya amplifikasi yang berbeda dengan hasil amplifikasi pada RT-PCR dimana visualisasi pada RT-PCR menampilkan *band* tunggal ketika dielektroforesis pada gel agarose, sedangkan hasil elektroforesis pada RT-LAMP berbentuk struktur yang disebut *ladder-like pattern* (pola seperti tangga). Hasil visualisasi RT-LAMP tersaji pada gambar 3.



Gambar 3. Elektroforesis two step RT-LAMP berupa *ladder-like patern* pada gel agarose 1,8% pada kecepatan 100 volt. Kontrol negatif darah sapi bali dari Nusa Penida (K-). Darah sapi bali suspect virus jembrana (2-6). Kontrol positif menggunakan plasmid pGEX-TM (K+). Darah sapi PO (8) dan darah sapi FH (9).

Kondisi optimasi RT-LAMP yang digunakan dalam uji aplikasi menunjukkan hasil yang sama optimumnya dengan hasil yang diperoleh dalam uji aplikasi RT-LAMP pada jaringan yang terinfeksi virus jembrana oleh Hendarta (2012). Pada percobaan kali ini, waktu reaksi amplifikasi yang diperlukan dalam reaksi amplifikasi RT-LAMP adalah 60 menit dengan kondisi termal yaitu pada suhu 63°C. Pada penelitian ini ditiadakannya penggunaan primer loop mempengaruhi hasil reaksi dimana proses amplifikasi optimum muncul pada menit ke 60. Berbeda dengan hasil pengujian RT-LAMP pada jaringan terinfeksi virus jembrana dengan menggunakan primer loop oleh Hendarta (2012), dimana pada menit ke 45 telah

menunjukkan hasil reaksi amplifikasi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Nagamine *dkk.*, (2002) bahwa penggunaan primer *loop* dimaksudkan hanya untuk mempercepat hasil proses reaksi amplifikasi penempelan terhadap daerah-daerah tambahan yang tidak terjangkau oleh primer dalam pada LAMP.

Pada gambar 3 dapat dilihat hasil amplifikasi RT-LAMP berupa *ladder-like patern* (pola tangga) pada gel agaros di beberapa lajur. Pada lajur 2-6 merupakan hasil amplifikasi dari sampel darah sapi Bali yang diduga terinfeksi virus jembrana yang berkesesuaian dengan kontrol positif berupa plasmid pGEX-TM yang juga menunjukkan adanya hasil amplifikasi pada lajur kontrol (K+). Hasil berbeda ditunjukkan pada sampel darah dari sapi PO dan FH yang diletakkan pada lajur kolom no 8 dan 9 yang tidak menunjukkan adanya amplifikasi berupa *ladder-like patern* yang berkesesuaian dengan kontrol negatif (K-) berupa darah sapi bali sehat yang terletak pada lajur kontrol negatif (lajur 1) dari amplifikasi pada gel agarose.

Dengan demikian, dari hasil pengujian yang diperoleh dari gambaran amplifikasi pada gel agarose tersebut cukup memberikan arti bahwa aplikasi RT-LAMP untuk mendeteksi virus jembrana dalam darah sapi Bali dengan basis deteksi gen *env tm* dapat dilakukan.

Hasil deteksi virus jembrana menggunakan RT-LAMP ini dapat memberikan alternatif pilihan perihal deteksi molekuler berbasis gen, mengingat faktor kesederhanaan alat serta efisiensi waktu deteksi dibandingkan dengan RT-PCR. Keseluruhan proses reaksi RT-LAMP memerlukan waktu 60 menit dengan suhu konstan yaitu 63°C. Alat pemanas suhu yang diperlukan dalam reaksi RT-LAMP dapat berupa pemanas air sederhana berupa waterbath. Berbeda jika dibandingkan dengan metode metode PCR yang memerlukan waktu dalam tiap siklus reaksinya yang memakan waktu lebih dari satu jam serta memerlukan peralatan khusus PCR dalam siklus reaksinya.

Penggunaan primer yang lebih dari satu pasang pada reaksi amplifikasi RT-LAMP pada saat diagnosa gen target yang akan di deteksi memerlukan pertimbangan tersendiri dalam menerapkan metode ini. Menurut Notomi *dkk.*,

(2000), reaksi RT-LAMP hanya mampu terjadi apabila menggunakan 2 pasang primer yaitu F3/B3 dan FIP/BIP. Berbeda dengan metode RT-PCR dimana penggunaan primer hanya memerlukan satu untai atau sepasang untaian rancangan gen yang akan dideteksi pada proses reaksi amplifikasinya.

KESIMPULAN

Reverse Trascription - Loop Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) untuk deteksi virus jembrana pada darah sapi bali dengan menggunakan basis deteksi gen *env tm* dapat dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, NLP., Suendra IN., Hartaningsih ,N. 2003. Deteksi Protein Pada Limposit Sapi Bali Yang Diinfeksi Virus Jembrana. *Buletin Veteriner, BPPV Denpasar*, Vol 15 (63) : 49-52.
- Astawa, Nyoman mantik., Hartaningsih., Nining, Agustini., Luh Putu, Tenaya., Wayan Tenaya, Berata., Ketut, dan Widiyanti., Lup Putu Manik. 2006. Pelacakan Antigen Virus Penyakit Jembrana pada Limfosit darah Tepi Dengan Antibodi Monoklonal. Fakultas Kedokteran Hewan Universitas udayana. Bali.
- Batan, I. Wayan., Pemayun, T.O.G., Leestyawati, I Wayan., Sampurna, I Putu., Dharmawan, I. N. S., dan Suarsana, I.N. 2002. Sapi Bali dan Penyakitnya. Fakultas Kedokteran Hewan-Universitas Udayana. Bali.
- Burkala, E.J. Ellis, T.M., Voigt, V., and wilcox, G.E. 1998. Serological Evidence of an Australian bovine Lentivirus. *Vet. Microbiol.* 68 : 171-177.
- Chadwick BJ, Coelen RJ, Wilcox GE, Sammels LM and Kertayadnya.1995. Nucleotide Sequence Analysis of Jembrana Disease Virus a Bovine Lentivirus Associated With an Acute Disease

- Syndrome. *J. Gen Virol*, 76 : 1637-50.
- Dharma, D.M.N., Budiantono, A., Campbell, R.S.F., Wilcox, G.E. (1991). Studies of experimental Jembrana disease in Bali cattle. III. Pathology. *Journal Comparative Pathology*, 105 : 397-414.
- Dharma, D.M.N. 1992. Studies on the Pathology of Jembrana Disease. Thesis. For Degree of Doctor of Philosophy in the Graduate School of Tropical Veterinary Science and Agriculture. Queensland. James Cook University. *Vet. Microbiol.*80.
- Dharma, D.M.N., Ladds, P.W., Wilcox, G.E., Campbell, R.S.F. (1994). Immunopathology of experimental Jembrana disease in Bali cattle. *Veterinary Immunology Immunopathology*.
- Hartaningsih, N., Wilcox G. E., Kertayadnya G. and Astawa M. (1993). Antibody response to Jembrana disease virus in Bali cattle. *Veterinary Microbiology*, 39 : 15-23.
- Hartaningsih, N., Cokorda, Kresna Ananda., Edith, Hendartie., Jimmy, Kalianda., Sulaksono, Hadi., dan Nancy, H. 2005. Investigasi wabah penyakit sapi Bali di Kabupaten Long Ikis Kalimantan Timur. *Buletin Veteriner BPPV Regional VI Denpasar* (inpress).
- Hendarta, N. Y. 2012. Deteksi Virus Penyakit Jembrana Dengan Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification (RT-LAMP) Pada Target Gen env-tm. Program Studi Bioteknologi. Jurusan Antar Bidang. Sekolah Pasca Sarjana. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kertayadnya, G., S. Soeharsono, N. Hartaningsih and G.E. Wilcox. 1997. Physicochemical characteristics of a virus associated with Jembrana disease Workshop on Jembrana Disease and the bovine lentivirus Denpasar Bali. ACIAR Proceeding.
- Kusumawati A, Hidayat B, Sardjono B and Sri Widada. 2003. Isolation-Amplification on env-Tm sub-unit Genes of Jembrana Disease Virus by single step RT-PCR and its Cloning in pCR2.1-TOPO Plasmid. *Buletin Peternakan*, 27.
- Nagamine K, Watanabe K, Ohtsuka K, Hase T, Notomi T. 2001. Loop-mediated Isothermal Amplification Reaction Using A Nondenaturated Template. *Clinical Chemistry*, 47 (9) : 174.
- Notomi T, Okayama H, Yonekawa T, Watanabe K, Amino N, Hase T. 2000. Loop-mediated isothermal amplification of DNA. *Nucleic Acids Res*, 28 (12) : 63.
- Supartika, I.K.E., Budiantono, A. dan Hartaningsih, N (2001). Aplikasi Teknik Immunositokimia Untuk Mendeteksi Antigen Jembrana Pada Sel Mononuklear Sapi Bali Yang Diinfeksi Penyakit Jembrana. *Buletin Veteriner*, 13 (59) : 16 - 22.
- Supriyadi, A., Fuady, A. A. 2010. Penyidikan Kasus Penyakit Jembrana di Peternakan Sapi Bali Harapan Makmur Kabupaten Barito Kuala-Kalimantan Selatan. Balai Penyidikan dan Pengujian Veteriner Regional V Banjarbaru.
- Tenaya, Masa, I.W., Kresna Ananda, C. Dan Hartaningsih, N. (2003). Deteksi Proviral DNA virus Jembrana pada limposit sapi Bali dengan uji polymerase chain reactions (PCR) *Buletin Veteriner, BPPV Denpasar*, 15 (63) : 44-48.

Vennema, H., E. De Bruin and M. Koopmans.
2002. Rational Optimization of
Generic Primers Used for Norwalk-
like Virus Detection by Reverse
Transcriptase-Polymerase Chain
Reaction. *J. Clin. Virol.* 25(2): 233-
235.

Wilcox GE, Kertayadnya G, Hartaningsih N,
Dharma DMN, Seharsono S,
Robetson T, 1992. Evidence for
Viral Etiology of Jembrana Disease
in Bali Cattle. *Vet. Micro*, 33:367-
374.

PENDUGAAN CARBON POHON NANTU (*Palaquium obovatum* Engl) DAN BERINGIN (*Ficus nervosa* Heyne) PADA HUTAN NANTU-BOLIYOHUTO

Marini Susanti Hamidun

Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo
marinish70@gmail.com

Abstrak

Hutan menyerap CO₂ dari udara melalui proses fotosintesis dan menyimpannya sebagai biomassa hutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi carbon tersimpan atas permukaan tana, yaitu batang pada pohon Nantu (*Palaquium obovatum* Engl) dan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne) pada kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto. Perhitungan pendugaan carbon dilakukan menggunakan persamaan alometrik, yang dihitung berdasarkan diameter pohon 1,3 m di atas permukaan tanah atau banir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pohon nantu (*Palaquium obovatum* Engl) memiliki kemampuan menyimpan carbon sebanyak 76 ton/Ha, sedangkan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne) mampu menyimpan carbon sebesar 119 ton/ha.

Kata kunci: pendugaan carbon, *Palaquium obovatum* EngL, *Ficus nervosa* Heyne, Hutan Nantu-Boliyohuto

1. PENDAHULUAN

Hutan mempunyai peranan sebagai penyerap karbon dan mulai menjadi sorotan dunia pada saat bumi dihadapkan pada persoalan efek rumah kaca. Efek rumah kaca merupakan peningkatan suhu udara yang mengakibatkan pemanasan global, dan perubahan iklim. Pemanasan global dan perubahan iklim terjadi akibat adanya peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer yang terjadi akibat aktivitas manusia, terutama yang berhubungan dengan penggunaan bahan bakar fosil (minyak bumi dan batu bara); pengelolaan hutan yang tidak tepat, seperti kebakaran hutan, illegal logging, alih fungsi hutan, serta kegiatan lain yang berhubungan dengan hutan, pertanian, dan peternakan.

Gas Rumah Kaca (GRK) adalah gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan menyerap radiasi gelombang panjang yang dipancarkan kembali ke atmosfer oleh permukaan bumi. Sifat termal radiasi inilah menyebabkan pemanasan atmosfer secara global (global warming).

GRK yang penting diperhitungkan dalam pemanasan global adalah karbondioksida (CO₂), metana (CH₄) dan nitrousoksida

(N₂O). Karbondioksida (CO₂) memiliki kontribusi lebih dari 55% terhadap kandungan GRK, maka dari itu CO₂ yang diemisikan dari aktivitas manusia (anthropogenic) mendapat perhatian yang lebih besar. Dalam rangka pemanfaatan fungsi hutan sebagai penyerap carbon melalui sebuah kerangka *carbon trade* sangat diperlukan upaya mengkuantifikasi berapa besar karbon yang dapat diserap dan disimpan (C-stock) oleh hutan.

Hutan tropis merupakan penyerap carbon terbesar dan memainkan peranan yang penting dalam siklus carbon global, dan dapat menyimpan carbon sekurang-kurangnya 10 kali lebih besar dibandingkan dengan tipe vegetasi lain, seperti padang rumput, tanaman semusim dan tundra (Holdgate, 1995 dalam Litbang Kehutanan, 2010)

Di permukaan bumi, karbon disimpan pada setiap organisme, misalnya pohon. CO₂ pada tanaman terkumpul sebagai karbon pada jaringan tubuh tanaman. Biomassa hutan dapat digunakan untuk menduga potensi serapan karbon yang tersimpan dalam vegetasi hutan karena 50% biomassa tersusun oleh karbon.

Kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto memiliki keanekaragaman jenis tumbuhan yang cukup tinggi, yaitu sebanyak 204 jenis, yang

terdiri dari tingkat pohon, tiang, dan pancang, yang membentuk tipe-tipe vegetasi. Vegetasi hutannya banyak didominasi oleh tegakan pohon-pohon yang tinggi dengan tajuk mahkota yang sangat rapat. Terdapat berbagai pohon berukuran raksasa dan tersebar di berbagai tempat. Ukuran pohon terbesar yang dijumpai mempunyai diameter 400 cm. Umumnya pohon-pohon yang berukuran besar juga merupakan pohon yang mempunyai nilai INP tinggi, yang artinya jenis pohon yang dominan di kawasan tersebut. Sebaran vegetasi tumbuhan ini mendiami hampir seluruh tipe habitat kawasan hutan hujan tropis kawasan ini (Hamidun, 2012; Hamidun & Baderan, 2013).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi carbon tersimpan atas permukaan tanah pada pohon Nantu (*Palaquium obovatum* Engl) dan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne) pada kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto.

2. KAJIAN LITERATUR

Komunitas tumbuhan (pepohonan) dalam hutan sangat berperan dalam mengurangi dampak perubahan iklim. Secara alami karbondioksida (CO₂) di udara (atmosfer) dapat diserap oleh tumbuhan melalui proses fotosintesis. Karbondioksida yang telah diserap kemudian diubah menjadi bahan organik (pati) yang disimpan dalam batang, cabang, daun, akar, bunga dan buah. Semakin besar ukuran tumbuhan/ pohon, maka semakin tinggi kemampuannya dalam menyerap gas karbon dioksida dari atmosfer. Sri Mulyani (2014) mencontohkan bahwa pohon yang memiliki diameter batang 17,4 cm mampu menyerap CO₂ sebanyak 289 Kg (0,289 ton), tetapi untuk pohon berdiameter 103 cm mampu menyerap CO₂ sebanyak 27289 kg (27,28 ton). Dalam 1 hektar hutan tropis di Indonesia dapat menyerap karbon dioksida dari udara lebih dari 928 ton CO₂ bahkan ada yang mencapai 2 Mega ton.

Sumber karbon (Carbon Pool) dikelompokkan menjadi 3 kategori utama, yaitu biomasa hidup, bahan organik mati dan karbon tanah IPCC (2006). Biomasa hidup dipilah menjadi 2 bagian yaitu Biomasa Atas Permukaan (BAP) dan Biomasa Bawah Permukaan (BBP). Sedangkan bahan organik

mati dikelompokkan menjadi 2 yaitu: kayu mati dan serasah. Sehingga, secara keseluruhan IPCC menetapkan 5 sumber karbon hutan yang perlu dihitung dalam upaya penurunan emisi akibat perubahan tutupan lahan.

Biomassa atas permukaan adalah semua biomassa dari begetasi hidup di atas tanah, termasuk batang, tunggul, cabang, kulit, daun serta buah. Baik dalam bentuk pohon, semak maupun tumbuhan herbal. Biomassa bawah tanah adalah semua biomassa dari akar yang masih hidup. Akar yang halus dengan diameter kurang dari 2 mm seringkali dikeluarkan dari penghitungan, karena sulit dibedakan dengan bahan organik mati tanah dan serasah.

Kayu mati adalah semua biomassa kayu mati, baik yang masih tegak, rebah maupun di dalam tanah. Diameter lebih besar dari 10 cm. Sedangkan serasah adalah semua biomassa mati dengan ukuran > 2 mm dan diameter kurang dari sama dengan 10 cm, rebah dalam berbagai tingkat dekomposisi.

Bahan organik tanah adalah semua bahan organik tanah dalam kedalaman tertentu (30 cm untuk tanah mineral). Termasuk akar dan serasah halus dengan diameter kurang dari 2mm, karena sulit dibedakan.

Pendugaan carbon tersimpan telah banyak diteliti, seperti pada hutan alam (Onrizal, 2004; Hariyadi, 2005; Adinugroho *et al*, 2006; Rahayu *et al*, 2006; Noor'an, 2007; Siregar, 2007; Muzahid, 2008; Dharmawan dan Siregar, 2009; Samsedin *et al*, 2009; Dharmawan, 2010). Secara umum pada hutan lahan kering primer mampu menyimpan carbon dalam jumlah lebih besar dibandingkan dengan hutan lahan kering sekunder karena pada hutan sekunder telah terjadi gangguan terhadap tegakannya. Kebakaran, ekstraksi kayu, pemanfaatan lahan untuk bercocok tanam dan kejadian atau aktivitas lainnya di kawasan hutan yang menyebabkan berkurangnya potensi biomassa yang berindikasi langsung terhadap kemampuannya menyimpan carbon.

Pola tersebut juga terjadi pada hutan rawa primer dan hutan rawa sekunder. Selanjutnya pada hutan lahan kering relatif memiliki kemampuan menyimpan karbon dalam jumlah lebih besar daripada hutan rawa dan mangrove karena kemampuannya dalam membangun tegakan yang tinggi dan berdiameter besar sebagai tempat menyimpan carbon (Litbang Kehutanan, 2010).

Hutan Nantu-Boliyohuto berada pada ketinggian antara 200 – 2065 mdpl dengan luas 63.523 Ha, merupakan habitat dan daerah jelajah satwa liar, antara lain babirusa (*Babyrousa babyrussa*), anoa (*Bubalus depressicornis*), monyet hitam sulawesi (*Macaca heckii*), tarsius (*Tarsius spectrum*), kuskus sulawesi (*Strigocuscus celebensis*), dan babi hutan sulawesi, serta 80 jenis burung (Dunggio, 2005; Hamidun 2012).

Vegetasi hutannya banyak didominasi oleh tegakan pohon-pohon yang tinggi dengan tajuk mahkota yang sangat rapat. Umumnya tegakan tersebut berasal dari suku *Anacardiaceae*, *Flacourtiaceae*, *Guttiferae*, *Datiscaceae*, *Annonaceae*, *Ebenaceae*, *Myristicaceae*, *Apocynaceae*, *Moraceae*, *Ebenacea*, *Sapotaceae*, dan sebagian kecil dari suku *Dipterocarpaceae*. Terdapat berbagai pohon berukuran raksasa dan tersebar di berbagai tempat. Ukuran pohon terbesar yang dijumpai mempunyai diameter 400 cm, yaitu pohon beringin (*Ficus* sp). Jenis pohon berukuran raksasa lainnya yang banyak dijumpai adalah pohon nantu (*Palaquium obovatum* Engl.) yang menjadikan kawasan ini juga dinamakan Hutan Nantu. Umumnya pohon-pohon yang berukuran besar juga merupakan pohon yang mempunyai nilai INP tinggi, yang artinya jenis pohon yang dominan di kawasan tersebut (Hamidun, 2012). Penelitian Hamidun dan Baderan (2013) menyatakan bahwa, vegetasi pohon pada kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto didominasi oleh jenis Nantu (*Palaquium obovatum* Engl) dan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne), masing-masing mempunyai INP 26,15% dan 22,45%.

3. METODE PENELITIAN

Dalam inventarisasi karbon hutan, setidaknya ada 4 *carbon pool* (kantong carbon) yang diperhitungkan. Kantong carbon adalah wadah dengan kapasitas untuk menyimpan carbon dan melepaskannya. Keempat kantong carbon tersebut adalah biomassa atas permukaan, biomassa bawah permukaan, bahan organik mati dan carbon organik tanah. Pada penelitian ini, perhitungan biomassa carbon mengfokuskan pada biomassa atas permukaan tanah, dengan menghitung diameter batang dari masing-masing spesies yang ditemukan di lokasi penelitian.

Untuk menghitung nilai biomassa di atas permukaan tanah yaitu dengan menggunakan nilai diameter pohon. Diameter pohon dihitung berdasarkan diameter pohon 1,3 m di atas permukaan tanah atau banir (Sutaryo, 2009). Selain itu, untuk mendapatkan nilai biomassa di atas permukaan tanah harus diketahui pula berat jenis spesies Nantu (*Palaquium obovatum* Engl) dan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne). Data diameter pohon dan berat jenis kayu tersebut digunakan untuk melakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan allometrik (Komiyama *et al.*, 2008) untuk mendapatkan nilai biomassa di atas permukaan tanah (batang).

$$BK = 0.251 \times \rho D^{2.46}$$

Dimana,

- BK : biomassa carbon
- ρ : berat jenis kayu (0,67 untuk spesies nantu dan 0,3 untuk beringin)
- D : diameter pohon (cm) setinggi 1,3 m di atas banir

$$\text{Total Biomassa} = BK_1 + BK_2 + \dots BK_n$$

Setelah diketahui nilai biomassa di atas permukaan tanah (batang), selanjutnya dilakukan perhitungan nilai biomassa total setiap pohon dan nilai biomassa total dari semua pohon yang ada. Kemudian dilakukan perhitungan kandungan carbon dari biomassa dan serapan carbondioksida (ton/Ha)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Nama hutan Nantu-Boliyohuto berasal dari pohon nantu (*Palaquium obovatum* Engl) yang tumbuh tersebar mendominasi dari hutan primer dataran rendah hingga pengunungan Boliyohuto Provinsi Gorontalo. Tabel 1. menunjukkan sebaran jumlah individu dan diameter pohon nantu (*Palaquium obovatum* Engl), dan Tabel 2 menunjukkan sebaran jumlah individu dan diameter pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne). Sedangkan pada Tabel 3. menunjukkan hasil pendugaan carbon jenis nantu (*Palaquium obovatum* Engl) dan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne).

Pohon nantu (*Palaquium obovatum* Engl) pada sampling penelitian ini tercatat sejumlah 150 individu, dengan diameter rata-rata 35cm –

101cm, dan mempunyai INP 26,15%, yang merupakan nilai INP tertinggi untuk vegetasi pohon pada kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto. Sedangkan jenis beringin (*Ficus nervosa* Heyne) tercatat sejumlah 119 individu, dengan diameter rata-rata 42cm – 400cm dan mempunyai INP 22,45% (sumber data: Hamidun dan Baderan, 2013).

Keberadaan pohon nantu sebagai penyusun utama vegetasi mampu menyimpan carbon sebanyak 76 ton/Ha, sedangkan pohon beringin mampu menyimpan carbon sebesar 119 ton/ha.

Dilihat dari jumlah individu, jenis nantu mempunyai frekuensi kehadiran lebih tinggi dibandingkan dengan jenis beringin, demikian halnya dengan nilai INP. Akan tetapi dari aspek serapan carbon, jenis beringin memiliki kemampuan menyimpan lebih banyak dibanding dengan jenis nantu.

Besarnya kandungan karbon yang dimiliki oleh jenis beringin disebabkan karena jenis ini memiliki rata-rata ukuran diameter

yang lebih besar dibanding jenis nantu. Semakin besar volume pohon (diameter dan tinggi), maka semakin tinggi pula kemampuannya dalam menyerap gas CO₂ dari atmosfer. Biomassa setiap bagian pohon terbesar diperoleh pada pohon yang berdiameter batang paling besar (> 35 cm). Hal ini disebabkan biomassa berkaitan erat dengan proses fotosintesis, biomassa bertambah karena tumbuhan menyerap CO₂ dari udara dan mengubahnya menjadi senyawa organik melalui proses fotosintesis. Hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan pertumbuhan ke arah horisontal dan vertical. Biomassa pada setiap bagian pohon meningkat secara proporsional dengan semakin besarnya diameter pohon sehingga biomassa pada setiap bagian pohon mempunyai hubungan dengan diameter pohon.

Secara umum bagian pohon yang berkayu, seperti batang, cabang, ranting, dan tunggak, mempunyai presentasi biomassa yang lebih

Tabel 1. Sebaran jumlah individu dan diameter pohon Nantu (*Palaquium obovatum* EngL)

No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)
1	45	26	85	51	60	76	50	101	55	126	45
2	65	27	40	52	65	77	100	102	40	127	49
3	50	28	85	53	50	78	150	103	55	128	49
4	70	29	80	54	100	79	50	104	50	129	48
5	65	30	100	55	90	80	80	105	45	130	43
6	80	31	55	56	80	81	35	106	65	131	43
7	40	32	60	57	100	82	55	107	55	132	48
8	35	33	85	58	50	83	70	108	60	133	48
9	35	34	80	59	60	84	40	109	35	134	40
10	55	35	80	60	80	85	80	110	70	135	40
11	75	36	40	61	80	86	45	111	70	136	48
12	85	37	60	62	60	87	80	112	70	137	46
13	60	38	35	63	85	88	85	113	80	138	46
14	85	39	65	64	90	89	45	114	85	139	48
15	40	40	35	65	100	90	50	115	85	140	46
16	65	41	80	66	60	91	41	116	65	141	40
17	90	42	55	67	80	92	76	117	85	142	45
18	95	43	40	68	60	93	36	118	55	143	43
19	100	44	60	69	65	94	37	119	70	144	45
20	80	45	85	70	40	95	35	120	60	145	42
21	70	46	60	71	65	96	91	121	90	146	42
22	80	47	90	72	85	97	101	122	45	147	36
23	85	48	65	73	65	98	50	123	65	148	42
24	65	49	85	74	60	99	55	124	70	149	40
25	50	50	35	75	100	100	65	125	40	150	46

Tabel 2. Sebaran jumlah individu dan diameter pohon Beringin (*Ficus nervosa* Heyne)

No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)	No	D (cm)
1	90	21	60	41	60	61	60	81	240	101	75
2	40	22	100	42	40	62	65	82	105	102	100
3	85	23	85	43	60	63	65	83	284	103	120
4	85	24	60	44	95	64	80	84	85	104	100
5	60	25	100	45	70	65	65	85	85	105	121
6	85	26	80	46	80	66	40	86	60	106	45
7	35	27	60	47	80	67	80	87	60	107	45
8	60	28	80	48	85	68	80	88	90	108	43
9	80	29	85	49	75	69	115	89	40	109	42
10	105	30	70	50	65	70	400	90	63	110	48
11	110	31	85	51	100	71	41	91	63	111	46
12	100	32	60	52	100	72	122	92	63	112	48
13	100	33	100	53	50	73	398	93	85	113	45
14	120	34	85	54	100	74	50	94	95	114	46
15	100	35	60	55	100	75	270	95	100	115	46
16	80	36	100	56	70	76	215	96	120	116	54
17	100	37	80	57	60	77	115	97	55	117	48
18	85	38	60	58	120	78	118	98	85	118	42

Tabel 3. Hasil Pendugaan Carbon Tersimpan Atas Permukaan Jenis Nantu (*Palaquium obovatum* EngL) dan Beringin (*Ficus nervosa* Heyne) pada Hutan Nantu-Boliyohuto

Spesies	Jumlah individu	Diameter (cm)	INP (%)	Total C (ton)	Carbon (ton/Ha)
Nantu (<i>Palaquium obovatum</i> EngL)	150	35 - 101	26,15	821,22348	76,04

Beringin (*Ficus nervosa*) besar dibandingkan pada bagian yang tidak berkayu (daun). Dari bagian berkayu ini, 73% biomassa berada di batang. Batang mempunyai potensi biomassa terbesar disebabkan pada bagian batang merupakan bagian berkayu dan tempat penyimpanan cadangan hasil fotosintesis untuk pertumbuhan (Adinugroho dan Sidiyasa, 2009).

Kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto seluas 63.523 Ha merupakan hutan primer yang didominasi oleh vegetasi pohon tinggi dan berdiameter besar. Berdasarkan hal tersebut, kawasan ini mampu menyerap CO₂ di atmosfer dalam jumlah yang besar, sehingga dapat dikatakan bahwa kawasan ini memiliki peranan yang besar dalam mencegah terjadinya perubahan iklim yang lebih parah di masa

depan. Kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto menjadi pengatur keseimbangan siklus karbon global.

5. KESIMPULAN

Kawasan Hutan Nantu-Boliyohuto mempunyai luas 63.523 Ha, didominasi oleh jenis Pohon Nantu (*Palaquium obovatum* EngL) dan Beringin (*Ficus nervosa* Heyne). Keberadaan pohon nantu (*Palaquium obovatum* EngL) sebagai penyusun utama vegetasi pohon pada kawasan ini memiliki kemampuan menyimpan carbon sebanyak 76 ton/Ha, sedangkan pohon beringin (*Ficus nervosa* Heyne) mampu menyimpan carbon sebesar 119 ton/ha.

6. REFERENSI

- Adinugroho, W.C., dan K. Sidiyasa. 2009. Model Pendugaan Biomassa Pohon Mahoni (*Swietenia macrophylla* King) Di Atas Permukaan Tanah. Jurnal. www.academia.edu
- Anonim. 2010. Cadangan Karbon Pada Berbagai Tipe Hutan dan Jenis Tanaman di Indonesia. Badan Litbang Kehutanan, Pusat Litbang Hasil Hutan Bogor
- Dharmawan, I. W. S., I. Samsuodin dan C. A. Siregar. 2010. Dinamika potensi biomasa karbon pada lanskap hutan bekas tebangan. Jurnal Penelitian Hutan. Pusat Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Bogor. Manuskrip
- Hamidun, M.S. 2012. Zonasi Taman Nasional dengan Pendekatan Ekowisata. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Hamidun, M.S. dan D.W.K. Baderan. 2013. Struktur, Komposisi, Dan Pola Distribusi Vegetasi Pasa Kawasan Hutan Lindung dan Hutan Produksi Terbatas. Laporan Akhir Hibah Fundamental Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo
- Haryadi. 2005. Kajian Potensi Cadangan karbon pada Pertanaman Teh (*Camelia sinensis* (L) O. Kuntze) dan Berbagai Tipe Penggunaan Lahan di Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun, Kecamatan Nanggung, Kabupaten Bogor. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Muzahid, H.A. 2008. Potensi simpanan karbon di hutan alam tropika Indonesia. skripsi. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Noor'an, R. F. 2007. Potensi biomasa karbon di Hutan Lindung Sungai Wain, Kalimantan Timur. Laporan Hasil Penelitian. Balai Besar Penelitian Dipterokarpa. Samarinda
- Onrizal. 2004. Model penduga biomasa dan karbon tegakan hutan kerangas di Taman Nasional Danau Sentarum Kalimantan Barat. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Rahayu, S., B. Lusiana dan M. V. Noordwijk. 2006. Pendugaan cadangan karbon di atas permukaan tanah pada berbagai sistem penggunaan lahan di Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur. ICRAF. Bogor.
- Samsuodin, I., N.M. Heriyanto dan C.A.Siregar. 2009. Biomasa Karbon pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Batang Toru, Sumatera Utara. Info Hutan Volume VI (2): 111-124. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Siregar, C.A. 2007. Potensi Serapan Karbon di Taman Nasional Gede Pangrango, Cibodas, Jawa Barat. Info Hutan IV (3): 233-244. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor
- Srimuliani, 2014. Hutan sebagai penyedia Jasa Lingkungan <http://srimuliyani.blogspot.com/2014/01/hutan-sebagai-penyedia-jasa-lingkungan.html>, diunduh 21 September 2014.

UJI TOKSISITAS EKSTRAK DAUN MIANA (*Coleus scutellarioides*) ASAL GORONTALO

SulemanDuengo⁽¹⁾, Yuszda K. Salimi⁽¹⁾, Lian Ahmad⁽¹⁾

⁽¹⁾Jurusan Kimia endidikan Kimia, Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo 2014

Abstract: Purpose of this study to find compounds secondary metabolites contained in the leaf extract miana and analyzing the toxic properties of brine shrimp lethality test (BSLT) methods in shrimp larvae of *Artemia Salina* Leach. it was preceded by extracting powder of miana leaves with methanol solvent. The technique used was maceration. Methanol extract was thickened and fractionated then phytochemical and toxicity test. The result of phytochemical test in miana leaves showed that positive miana contained flavonoid compound, steroid, terpenoid, saponin and tanin. The methanol extract of the $LC_{50} = 32662.8$ ppm, n-hexane fraction of $LC_{50} = 136367.2$ ppm, water fraction of $LC_{50} = 720831.9$, ppm and ethyl acetate fraction of $LC_{50} = 49530760.9$ ppm. The increase of extract concentration was followed by the averaged increase of average mortality of shrimp larvae (experimental animal). Toxicity test results showed that the leaves are not toxic miana with values $LC_{50} > 1000$ ppm so it is safe to use.

Keywords : *Coleus scutellarioides*, phytochemical, BSLT, *Artemia salina* Leach.

Abstrak: Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder yang terkandung pada ekstrak daun miana dan menganalisis sifat toksik dari ekstrak daun miana berdasarkan metode *Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)* pada larva *Artemia salina* Leach. Penelitian ini diawali dengan mengekstrak serbuk daun miana dengan pelarut metanol. Teknik yang digunakan adalah maserasi. Ekstrak metanol dipekatkan dan difraksinasi, dilakukan uji fitokimia dan uji toksisitas. Hasil uji fitokimia ekstrak daun miana positif mengandung senyawa aktif flavonoid, steroid, terpenoid, saponin dan tanin. pada ekstrak metanol nilai $LC_{50} = 32.662,8$ ppm, fraksi n-heksana nilai $LC_{50} = 136.367,2$ ppm, fraksi air nilai $LC_{50} = 720.831,9$ ppm dan fraksi etil asetat $LC_{50} = 49.530.760,9$ ppm dan Kenaikan konsentrasi ekstrak diikuti dengan kenaikan rata-rata kematian larva (hewan uji). Hasil uji toksisitas menunjukkan bahwa daun miana bersifat tidak toksik dengan nilai $LC_{50} > 1000$ ppm sehingga aman digunakan.

Kata Kunci : *Coleus scutellarioides*, fitokimia, BSLT, *Artemia salina* Leach.

PENDAHULUAN

Penggunaan tanaman sebagai bahan obat sangat berkembang pesat, hampir 80% penduduk dunia menggunakan tanaman obat. Pemakaian bahan alam sebagai obat tradisional di masyarakat dijamin keamanannya oleh pemerintah melalui implementasi Pemenkes No.760/Menkes/Per/IX/1992, tentang obat tradisional dan fitofarmaka. Walaupun pada umumnya tanaman obat dan produknya secara ilmiah lebih aman dibandingkan obat sintesis, akan tetapi kewaspadaan terhadap kemungkinan terjadinya toksisitas harus tetap dijaga.

Penggunaan obat tradisional secara umum dinilai lebih aman daripada penggunaan obat modern. Hal ini disebabkan obat tradisional memiliki efek samping yang relatif kecil jika digunakan secara tepat meliputi kebenaran bahan, ketepatan dosis, ketepatan waktu penggunaan, ketepatan cara penggunaan, ketepatan telaah informasi tanpa penyalahgunaan, ketepatan memilih obat untuk indikasi tertentu. Menurut Hyeronimus, (2008) dalam Muaja dkk, (2013) bahwa “obat tradisional atau obat-obatan alami telah dikenal oleh masyarakat Indonesia sejak zaman dahulu. Selain khasiatnya yang telah turun temurun digunakan oleh masyarakat, obat ini lebih murah dan mudah didapat, namun diperlukan penelitian yang lebih lanjut karena banyaknya tanaman yang belum diketahui kadar toksisitasnya”.

Tanaman miana termasuk famili *Lamiaceae* yang ditemukan hampir di seluruh pelosok nusantara. Tanaman ini dikenal memiliki berbagai macam khasiat sebagai obat pengobatan tradisional. Umumnya masyarakat pedesaan menggunakan daun miana dalam berbagai sediaan seperti jamu-jamuan. Penggunaan tanaman miana yang sudah didukung oleh data pra-klinik adalah untuk pengobatan batuk, melancarkan siklus menstruasi, penambah nafsu makan, mempercepat pematangan bisul dan bronkhitis. Namun

perlu diketahui pula bahwa obat bahan alam yang dianggap aman oleh masyarakat juga perlu diwaspadai. Hal ini dikarenakan setiap bahan atau zat memiliki potensi toksik tergantung takarannya dalam tubuh.

Salah satu metode awal yang sering dipakai untuk mengamati toksisitas senyawa adalah metode *Berine Shrimp Lethality Test* (BSLT) dengan menggunakan cara Meyer. Metode ini ditujukan terhadap tingkat mortalitas larva udang *Artemia salina* L. yang disebabkan oleh ekstrak uji. Hasil yang diperoleh dihitung sebagai nilai *Lethal Concentration* 50 (LC₅₀) ekstrak uji, yaitu jumlah dosis atau konsentrasi ekstrak uji yang dapat menyebabkan kematian larva udang sejumlah 50% setelah masa inkubasi 24 jam. Senyawa dengan LC₅₀ < 1000 ppm dapat dianggap sebagai suatu senyawa aktif berdasarkan Meyer (Ramdhini, 2010)

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka kemudian dilakukan penelitian Skrining Fitokimia Dan Uji Toksisitas Ekstrak Daun Miana Menggunakan Metode BSLT. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi toksisitas senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam daun miana.

METODE PENELITIAN

Bahan Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: timbangan analitik, pipet tetes, batang pengaduk, aluminium foil, statif dan klem, lampu, alat evaporator, gelas kimia, corong, corong pisah, botol vial, botol semprot, labu dasar bulat, spatula, alat destilasi, spatula, gelas ukur, cawan, labu ukur.

Bahan tanaman (sampel) yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun dari tanaman miana berwarna ungu yang diperoleh dari daerah sekitar kota Gorontalo. Bahan kimia yang digunakan terdiri dari aquades, methanol, *n*-heksana, etil asetat, pereaksi alkaloid (pereaksi Hager, Dragendrof, Mayer, Wagner), asam asetat glacial, HCl pekat, serbuk Mg,

NaOH, H₂SO₄ pekat, kloroform amoniakal, dietil eter, amoniak, FeCl₃ 1 %.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi dan Fraksinasi

Sampel berupa potongan-potongan kecil dari daun tanaman miana diekstraksi dengan cara maserasi memakai pelarut metanol. Maserasi dilakukan selama 3x24 jam. Setiap 24 jam ekstrak disaring dan dimaserasi lagi dengan metanol yang baru. Setelah itu, ekstrak disatukan sehingga diperoleh filtrat dan residu metanol. Filtrat metanol di evaporasi sehingga diperoleh ekstrak kental metanol.

Tahap selanjutnya, ekstrak kental metanol disuspensi dengan perbandingan metanol:air (1:2) dan dipartisi berturut-turut dengan *n*-heksana, etil asetat sehingga diperoleh masing-masing partisi dari fraksi tersebut. Hasil partisi dari fraksi-fraksi tersebut dievaporasi sampai diperoleh fraksi *n*-heksana, fraksi etil asetat, fraksi air dan dilakukan uji penapisan fitokimia.

Uji Fitokimia

Uji fitokimia dilakukan dengan menggunakan pereaksi spesifik untuk senyawa-senyawa flavanoid, alkaloid, terpenoid, steroid dan tanin.

Uji Toksisitas

Uji toksisitas dilakukan terhadap larva udang *Artemiasalina* Leach. Telur *Artemia* sebanyak 3 gram dimasukkan dalam 700 ml air laut yang telah diaerasi dan diberi penerangan dengan cahaya lampu. Telur akan menetas dalam waktu 24-48 jam dan disiapkan untuk digunakan sebagai target uji toksisitas.

Perlakuan uji toksisitas dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan pada masing-masing ekstrak sampel. Larutan stok dibuat dengan konsentrasi 2000 ppm. Dari larutan stok dibuat pengenceran hingga konsentrasi larutan menjadi 1000, 500, 200, 100, dan 50 ppm. 10 ekor larva udang dimasukkan dalam wadah uji yang berisi 5 ml larutan uji. Kontrol dibuat dengan memasukkan 10 ekor larva udang dalam 5 ml air laut tanpa

penambahan ekstrak. Pengamatan dilakukan selama 24 jam dengan selang waktu 4 jam terhadap jumlah kematian larva udang.

Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan untuk mencari LC₅₀ dengan analisis probit menggunakan program MC excel, dimana hubungan nilai logaritma konsentrasi bahan toksik uji dan nilai probit dari persentase mortalitas hewan uji merupakan fungsi linear $y = a + bx$. Nilai LC₅₀ diperoleh dari antilog *m*, dimana *m* merupakan logaritma konsentrasi bahan toksik pada $y = 5$, yaitu nilai Probit 50% hewan uji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ekstraksi dan Fraksinasi

Daun miana diekstraksi dengan metode maserasi. Tujuan maserasi adalah untuk mengekstraksi komponen senyawa fitokimia yang terdapat dalam sampel. Maserasi ini dilakukan dengan cara merendam sebanyak 282 g sampel menggunakan pelarut selama 3 x 24 jam dengan mengganti pelarut setiap 1 x 24 jam. Hal ini dilakukan untuk memperoleh hasil ekstrak yang maksimal. Pelarut yang digunakan untuk maserasi pada penelitian ini adalah metanol. Metanol digunakan dalam maserasi karena metanol bersifat universal yang dapat mengikat semua komponen kimia yang terdapat dalam tumbuhan bahan alam baik yang bersifat polar, semipolar dan nonpolar. Metanol adalah cairan yang masuk ke dalam sel melewati dinding serbuk daun miana. Selama proses perendaman sampel, akan terjadi proses pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan di dalam dan diluar sel sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik dan senyawa akan terdeteksi sempurna (Lenny, 2006) sehingga senyawa atau zat aktif dapat terekstrak keluar bersama cairan penyari.

Hasil maserasi dievaporasi pada suhu 30-40 °C dengan bantuan alat pompa vakum. Evaporasi dengan bantuan pompa

vakum akan menurunkan tekanan uap pelarut sehingga pelarut akan menguap dibawah titik didih normalnya. Tujuannya adalah agar komponen fitokimia yang terdapat dalam ekstrak tidak mengalami kerusakan akibat pemanasan berlebihan. Ekstrak kental metanol yang diperoleh setelah dievaporasi dirangkum pada Tabel 1.

Tahap selanjutnya, sebanyak 10 g ekstrak kental metanol disuspensi dengan perbandingan metanol:air (1:2) yang selanjutnya dipartisi secara bertahap dengan n-heksana sehingga diperoleh filtrat n-heksana dan filtrat metanol:air. Hal yang sama dilakukan pada pelarut selanjutnya yaitu etil asetat. Setelah dipartisi dengan dengan pelarut n-heksana, bagian metanol:air selanjutnya dipartisi dengan etil asetat. Fraksinasi dengan pelarut n-heksana dan etil asetat bertujuan untuk memisahkan senyawa-senyawa yang bersifat polar, semipolar dan nonpolar. Hasil partisi masing-masing pelarut kemudian dievaporasi sehingga menghasilkan fraksi n-heksana, fraksi etil asetat dan fraksi air. Setelah difraksinasi dengan pelarut yang berbeda tingkat kepolarannya, dihitung persen rendemen dari masing-masing fraksi. Rendemen paling tinggi diperoleh pada fraksi air sebesar 31 % dibandingkan rendemen fraksi n-heksana dan etil asetat yaitu 23 % dan 20 %. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa senyawa yang terdapat pada daun miana cenderung bersifat polar berdasarkan jumlah ekstrak dari jenis pelarut yang menghasilkan rendemen terbesar.

Uji Fitokimia

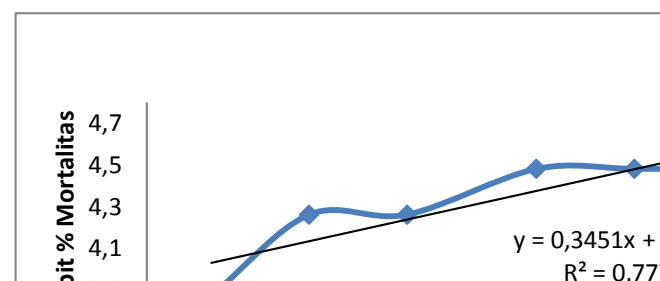
Uji fitokimia merupakan salah satu cara untuk mengetahui kandungan metabolit sekunder pada suatu tanaman secara kualitatif. Hasil uji fitokimia diperoleh bahwa ekstrak daun miana positif mengandung flavonoid, triterpenoid, steroid, saponin dan tanin. Namun, memiliki tingkat intensitas yang berbeda-beda pada setiap fraksi. Standar intensitas warna dirujuk dari harbone

(1987). Berdasarkan hasil uji fitokimia dipeoleh bahwa ekstrak daun miana positif mengandung flavonoid, saponin, terpenoid, steroid dan tanin adapun untuk uji alkaloid memberikan hasil negatif.

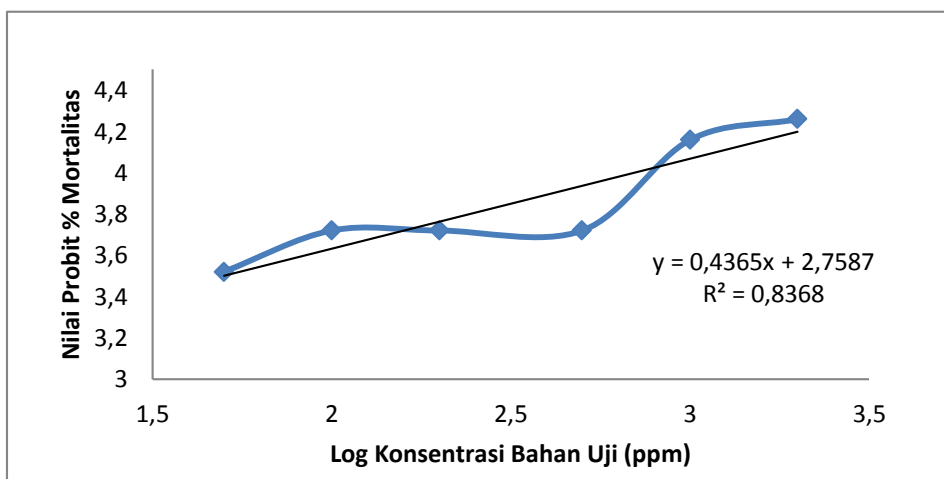
Uji Toksisitas

Toksisitas suatu ekstrak dinilai berdasarkan tingkat mortalitas larva udang yang digunakan sebagai bahan uji. Data dianalisis untuk memperoleh nilai LC_{50} . LC_{50} (*Lethal Concentration 50%*) adalah tingkat konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari hewan yang diuji. Sehingga, apabila jumlah mortalitas lebih dari 50% dapat dipastikan nilai $LC_{50} < 1000 \mu\text{g/mL}$ atau 1000 ppm. ketentuan ini menunjukkan bahwa ekstrak tersebut aktif (Ruwaida, 2010).

Hasil uji toksisitas setiap ekstrak daun miana dapat dilihat pada gambar 1, 2, 3 dan 4 di bawah ini. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat bahwa hasil analisis regresi linier pengaruh log konsentrasi terhadap nilai probit mortalitas didapatkan persamaan regresi linier untuk ekstrak metanol (gambar 1), n-heksan (gambar 2), etil asetat (gambar 3) dan fraksi air (gambar 4) berturut-turut adalah: $y = 3,4422 + 0,3451x$, $y = 2,7587 + 0,4365x$, $y = 3,7088 + 0,1678x$, $y = 3,1829 + 0,3102x$. Tingkat konsentrasi ekstrak yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari hewan yang diuji (LC_{50}) untuk ekstrak metanol, n-heksan dan etil asetat masing-masing adalah 32662,8 ppm, 136367,2 ppm, 49530760,9 dan 720831,9 ppm. Suatu zat dikatakan aktif atau toksik jika nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm. Hal tersebut menunjukkan bahwa ekstrak daun miana bersifat tidak toksik dengan nilai $LC_{50} \leq 1000$ ppm. Konsentrasi ekstrak memberikan pengaruh yang berbeda-beda pada kematian larva udang. Pada umumnya, semakin besar konsentrasi suatu larutan uji mengakibatkan naiknya angka kematian larva (hewan uji).

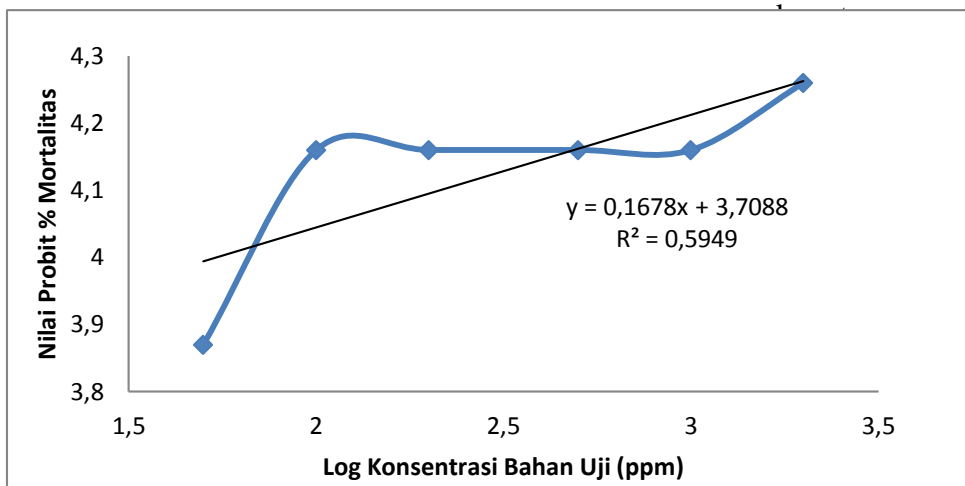


Gambar 1. Pengaruh log konsentrasi ekstrak metanol daun miana terhadap probit mortalitas



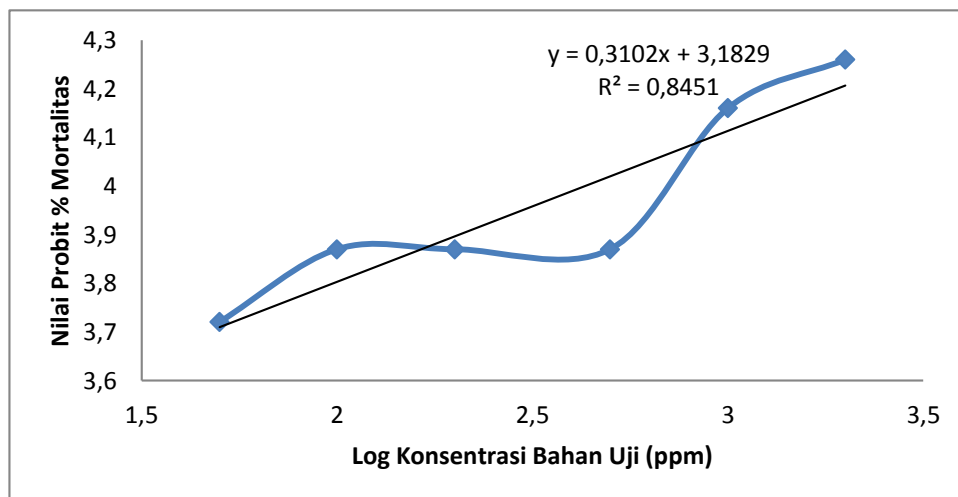
Gambar 2. Pengaruh log konsentrasi fraksi n-heksana daun miana terhadap probit mortalitas.

masuk ke dalam tubuh larva, alat



Senyawa erasa pada arva gagal ngga tidak sehingga (010). Pada nder yang ntu, dapat la sistem yawa aktif pada enzim replikasi

Gambar 3. Pengaruh log konsentrasi fraksi etil asetat daun miana terhadap probit mortalitas



Gambar 4. Pengaruh log konsentrasi fraksi air daun miana terhadap probit mortalitas

Sifat toksik dari suatu tanaman berkaitan dengan kandungan senyawa aktif di dalamnya. Dari hasil uji fitokimia sebelumnya menunjukkan bahwa pada ekstrak daun miana positif mengandung senyawa aktif flavonoid, steroid, terpenoid, tanin dan saponin. Senyawa-senyawa tersebut diduga toksik pada pada kadar tertentu. Cara kerjanya adalah dengan bertindak sebagai stomach poisoning atau racun perut. Bila senyawa-senyawa ini

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Senyawa aktif yang terkandung dalam ekstrak daun miana adalah flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin dan tanin.
2. Hasil uji toksisitas berdasarkan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT) menunjukkan ekstrak daun tanaman miana bersifat tidak toksik dengan nilai $LC_{50} > 1000$ ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, S.A. 1986. *Kimia Organik Bahan Alam*. Jakarta : Universitas Terbuka
- Harborne, J.B. 1987. *Metode Fitokimia, Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. Bandung; Institut Teknologi Bandung
- Cahyadi, R. 2009. Uji toksisitas akut ekstrak etanol nua pare (*Momordica charantia* L.) terhadap larva *Artemia salina* Leach dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* (BSLT). Karya tulis ilmiah. Fakultas kedokteran. Semarang
- Hayati, E. dan N. Halimah. 2010. *Phytochemical test and brine shrimp lethality test against Artemia salina leach of anting-anting (Acalypha indica linn.) plant extract*. Fakultas Maulana Malik Ibrahim malang. Alchemy, vol. 1 No. 2 maret 2010, hal 53-103
- Juniarti, D.O. dan Yuhernita. 2009. *Kandungan senyawa kimi, uji toksisitas (Brine Shrimp Lethality Tes) dan antioksidan (1,1-diphenyl-2-pikrilhidrazyl) dari ekstrak daun saga*. Universitas YASRI, Jakarta. Makara, sains, vol. 13, NO. 1 april 2009: 50-54
- Khopkar, S.M. 2010. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Lenny, S. 2006. *senyawa flavonoida, venilpropanoida dan alkaloida*. *Artikel ilmiah*; Universitas Sumatera Barat, Medan. Karya ilmiah (Online), (<http://library.usu.ac.id/download/fmipa/06003489.pdf>, diakses juni 2014)
- Lenny, S. 2006. *senyawa terpenoida dan steroida*. *Artikel ilmiah*; Universitas Sumatera Barat, Medan. Karya ilmiah (Online), (<http://library.usu.ac.id/download/fmipa/06003489.pdf>, diakses juni 2014)
- Muaja, A.D., H. Koleangan, dan M. Runtuwene. 2013. *Uji toksisitas dengan metode BSLT dan analisis kandungan fitokimia ekstrak daun soyogik (Saurauia bracteosa DC) dengan metode soxhletasi*. Unsrat Manado.
- Marliana, S.D., V. Suryanti, dan Suyono. 2005. *Skrining fitokimia dan analisis kromatografi lapis tipis komponen kimia buah labu siam (Sechium edule Jacq. Swartz.) dalam ekstrak metanol*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Mutia, D. 2010. *Uji toksisitas akut ekstrak etanol buah anggur (vitis vinifera) terhadap larva Artemia salina Leach dengan metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)*. Universitas diponegoro. Semarang
- Nurhayati, A.P.D., N. Abdulgani, dan R. Febrianto. 2006. *Uji toksisitas eucheuma alvarezii terhadap Artemia salina sebagai studi pendahuluan potensi antikanker*. Institut teknologi sepuluh november. Surabaya
- Panjaitan, R.B. 2011. *Uji Toksisitas Akut ekstrak kulit Batang kulit Pulasari dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)*. Skripsi. Universitas Sanata Dharma Yogyakarta.
- Rahmawati, F. 2008. *Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Antibakteri Ekstrak Daun Miana (Coleus scutellarioides [L] Benth)*. Tesis. Institut Pertanian Bogor
- Ramdhini, R.N. 2010. *Uji toksisitas terhadap Artemia salina Leach. Dan toksisitas akut komponen bioaktif Pandanus conoideus var. Conodeus Lan. Sebagai kandidat*

- antikanker*. Skripsi. universitas sebelas maret Surakarta.
- Ruwaida, D.G. 2010. *Uji toksisitas senyawa hasil isolasi rumput mutiara (hedyotis corymbosa (L.) dengan metode brine shrimp lethality test (BST)*. Skripsi. Universitas sebelas maret. Surakarta
- Ridwan, Y. 2010. *Aktivitas Anticestoda Ekstrak Daun Miana (Coleus blumei, Benth) Terhadap Cacing Hymenolepis microstoma Pada Mencit*. Tesis. Institut Pertanian Bogor
- Sanjayasari, D. 2011. *Skrining fitokimia dan uji toksisitas ekstrak daun katuk (saoropus androgenus (L>) Merr.) terhadap larva udang Artemia salina: potensi fitofarmaka pada ikan*. UNSOED, purwokerto berkala perikanan terubuk, february 2011, hal 91-100 vol 39 no.1
- Sangi, M.S., L. I. Momuat, dan M. Kumaunang. 2012. *Uji toksisitas dan skrining fitokimia tepung gabah pelepah aren (Arenga pinnata)*. Universitas Sam Ratulangi. Manado
- Sudirman, S., Nurhjanah. dan Abdullah, A. 2011. *Aktivitas antioksidan dan komponen bioaktif kangkung air (ipomoea aquatica forsk.)*. Skripsi. Bogor: Departemen Teknologi Hasil Perairan Institut Pertanian Bogor.
- Yuningsih, Ratna. 2007. *Aktivitas antibakteri ekstrak daun jawer kotok (Coleus scutellarioides [L.] Benth)*. Institut Pertanian Bogor.

KARAKTERISTIK KOMPONEN KIMIA DAN SENSORY PERMEN JELLY JAGUNG

Yoyanda Bait, Rahmiyati Kasim, Lisna Ahmad, PurnamaNingsih S. Maspeke, Suryani Une

Staf Pengajar Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo

yoyanda.bait@ung.ac.id

Abstract

This study aims to determine the best of jelly candy formula based composition of corn and seaweed. The procedure begins with formulated of jelly candy from corn and seaweed. The Method used in this study is Random Group Design (RAL) which consist of five treatments. Observation made include chemical analysis and organoleptic. The best ratio of seaweed and corn juice for jelly candy production was 30 :70. The best result with characteristic water level 10,57%, ash level 0,7%, lipid level 0,55%, protein level 3,34%, carbohydrate level 84,81%, total sugar 51,96% and the average level of delight to taste panelis 4,77 ; color 5,03 and texture 4,63.

Keyword : *formulation, corn, seaweed, jelly candy, sensory*

1. PENDAHULUAN

Jagung sebagai tanaman pangan di Indonesia, menduduki urutan kedua sebagai sumber energi setelah beras. Hingga saat ini jagung dapat berperan sebagai bahan baku berbagai jenis industri baik industri pakan maupun industri pangan. Dalam rangka penganeekaragaman produk olahan dari jagung, salah satu produk olahan jagung yang potensial adalah permen jagung. Permen jagung telah di produksi oleh China, tetapi di Indonesia sendiri belum ada produk permen jagung. Hasil penelitian Kasim, dkk (2010) yang telah membuat permen keras dari sari jagung dengan metode *oven pan*, memiliki kelemahan pada saat pencetakan permen, karena pada proses pencetakan permen harus dilaksanakan dengan cepat sebelum permennya mengeras. Proses pencetakan dengan manual dapat menyebabkan rendemen yang dihasilkan berkurang. Berdasarkan hasil penelitian tersebut perlu dipikirkan cara membuat permen jagung yang dapat dengan mudah dicetak sehingga bisa diterapkan pada industri rumah tangga. Salah satu

alternatif yaitu dengan pembuatan permen lunak atau permen jelly.

Permen jelly merupakan permen yang dibuat dari air atau sari buah dan bahan pembentuk gel, yang berpenampilan transparan serta mempunyai tekstur dan kekenyalan tertentu. Berdasarkan penelitian Sembiring (2002); Yani (2006) permen jelly dapat di buat dengan bahan baku rumput laut (*Eucheama cottoni dan Eucheama spinosum*). Rachmawati (2004) telah melakukan penelitian pembuatan permen jelly dengan menambahkan pasta sirsak. Penelitian yang hampir serupa dilakukan oleh Novita (2010) yang telah melakukan penelitian pembuatan permen jelly dengan penambahan sari buah merah.

Berdasarkan penelitian – penelitian yang telah dipaparkan, maka sari jagung dapat dibuat permen jelly dengan komposisi sari jagung dan rumput laut yang terbaik. Adapun tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan formula permen jelly jagung terbaik berdasarkan karakteristik kimia dan organoleptik. Tujuan dari penelitian ini untuk memperoleh formula yang tepat untuk pembuatan permen jelly jagung berdasarkan karakteristik komponen kimia dan sensori.

2. TINJAUAN TEORITIS

Jagung

Kandungan gizi yang dimiliki jagung bisa berbeda-beda tergantung dari kualitas jagungnya. Ada yang memiliki karbohidrat tinggi, tetapi

vitaminnya kurang, yang baik adalah kandungan karbohidrat dan vitaminnya sama banyak (Siswono 2004).

Masyarakat yang mengonsumsi jagung sebagai pangan pokok dapat terhindar dari

busung lapar, tetapi rawan gizi, kecuali bila jagung dikonsumsi dengan kacang-kacangan. Kandungan asam amino lisin pada jagung rendah, sedangkan pada kacang-kacangan tinggi. Sebaliknya, kandungan asam amino metionin dalam jagung tinggi sedangkan dalam kacang – kacang rendah. Jadi kedua bahan pangan tersebut dapat saling melengkapi asam amino tersebut.

Kandungan protein biji jagung pada umumnya 8-11%, dengan kandungan asam amino lisin 0,05% dan triptofan 0,225%. Angka ini kurang dari separuh konsentrasi yang dianjurkan oleh WHO/FAO (1985) dalam Widowati *et al.*, 2005).

Rumput Laut (*Euchema cottonii*)

Rumput laut dikenal pertama kali di Cina kira-kira 2700 SM. Pada masa tersebut rumput laut digunakan untuk obat-obatan dan sayur-sayuran. Tahun 65 SM, bangsa Romawi menggunakan rumput laut sebagai bahan baku kosmetik. Namun dari waktu ke waktu pengetahuan tentang rumput laut semakin berkembang. Spanyol, Perancis dan Inggris menjadikan rumput laut sebagai bahan baku pembuatan gelas, sedangkan Irlandia, Norwegia dan Skotlandia mengolahnya menjadi pupuk tanaman (Indriani dan Emi, 1991).

Euchema cottonii merupakan salah satu *carragaenophytes* yaitu rumput laut penghasil karagenan. Dua jenis *Euchema* yang cukup komersial yaitu *Euchema spinosum* yang merupakan penghasil iota karagenan dan *Euchema cottonii* sebagai penghasil kappa karagenan.

Kandungan utama rumput laut yaitu karbohidrat (gula atau *vegetable gum*), protein dan lemak. Beberapa jenis dilaporkan mengandung protein yang tinggi. Meski daya cernanya lebih rendah, protein dari beberapa jenis rumput laut memiliki kualitas yang lebih baik bila dibandingkan dengan protein tanaman darat. Selain itu dilaporkan pula bahwa rumput laut mengandung vitamin A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, dan C serta mengandung mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi dan iodium (Arasaki *et al.*, dalam Anggadiredja *et al.*, 1992).

Rumput laut banyak memiliki manfaat, misalnya pada industri makanan, hasil ekstraj rumput laut seperti karagenan, agar dan alginat

banyak digunakan. Karagenan dapat digunakan sebagai bahan suspensi dalam yoghurt, penstabil dalam es krim dan pencegah sineresis dalam keju. Agar-agar dapat digunakan dalam pembuatan jelly, es krim dan permen. Alginat juga mempunyai peranan penting sebagai suspensi dalam sirup, penambah rasa, pemelihara bentuk jaringan pada makanan yang dibekukan dan lain-lain.

Permen Jelly

Definisi permen secara umum adalah produk yang dibuat dengan mendidihkan campuran bahan bersama pewarna dan pemberi rasa sampai tercapai kadar air kurang lebih 30% (Buckle *et al.*, 1987). Permen merupakan produk pangan yang banyak digemari. Permen adalah sejenis gula-gula (*confectionary*) yang dibuat dengan mencairkan gula di dalam air. Perbedaan tingkat pemanasan menentukan jenis permen yang dihasilkan. Suhu yang panas menghasilkan permen keras, suhu menengah menghasilkan permen lunak, dan suhu dingin menghasilkan permen kenyal. Permen dinikmati karena rasa manisnya (Anonim 2006).

Salah satu jenis permen yang banyak beredar saat ini adalah Permen jelly. Permen jelly termasuk permen lunak yang memiliki tekstur kenyal (elastis). Permen jelly merupakan permen yang dibuat dari air atau sari buah dan bahan pembentuk gel, yang berpenampilan jernih transparan serta mempunyai tekstur dengan kekenyalan tertentu. Metode pembuatan meliputi pencampuran gula yang dimasak dengan bahan yang diperlukan dan penambahan bahan pembentuk gel seperti gelatin sehingga menghasilkan cita rasa dan aroma yang menarik.

Permen jelly memerlukan bahan pelapis berupa campuran tepung tapioka dan tepung gula. Guna bahan pelapis ini adalah untuk membuat permen tidak melekat satu sama lain dan juga menambah rasa sehingga bertambah manis. Umumnya permen dari gelatin dilapisi dengan tepung pati kering untuk membentuk lapisan luar yang tahan lama dan, menghasilkan bentuk gel yang baik. Perbandingan komposisi bahan pelapis permen jelly terbaik adalah tepung tapioka : tepung gula (1 : 1).

Bahan –bahan Pembuatan Permen Jelly Gelatin

Gelatin merupakan suatu produk yang diperoleh dari hidrolisis parsial kolagen yang berasal dari kulit jaringan ikat dan tulang hewan. Tahapan pembuatan gelatin dari kulit hewan meliputi penyabunan komponen lemak dengan kapur, pengasaman, pemucatan, penyebaran, pengeringan serta penepungan (Minarni, 1996).

Gelatin dapat berfungsi sebagai pembenyuk gel, pemantap emulsi, pengental, penjernih, pengikat air dan pengemulsi. Menurut Glicksman (1982), gelatin tidak larut dalam air dingin tetapi jika terjadi kontak dengan air dingin akan mengembang membentuk gelembung-gelembung yang besar. Jika dipanaskan pada suhu sekitar 71 °C, gelatin akan larut karena pecahnya agregat molekul dan membentuk dispersi koloid makromolekuler. Jika gelatin dipanaskan dalam larutan gula maka suhu yang diperlukan adalah diatas 82 °C.

Sukrosa

Gula merupakan senyawa organik penting dalam bahan makanan karena gula dapat mudah dicerna di dalam tubuh dan dapat menghasilkan kalor. Selain itu juga berfungsi sebagai pengawet makanan. Sukrosa merupakan senyawa kimia disakarida yang tergolong ke dalam karbohidrat, mempunyai rasa manis dan larut dalam air. Bahan yang mengandung sukrosa antara lain tebu, bit dan siwalan (Winarno 1997). Sukrosa memiliki sifat mudah larut dalam air dan kelarutannya meningkat dengan adanya pemanasan. Titik leleh sukrosa adalah pada suhu 160 °C dengan membentuk cairan yang jernih, namun pemanasan selanjutnya akan berwarna coklat atau dikenal dengan proses *browning* (Buckle, *et al.*, 1987).

Dalam pembuatan makanan, sukrosa berfungsi untuk member rasa manis dan pengawet, karena dengan konsentrasi yang tinggi dapat menghambat mikroorganisme dan menurunkan aktivitas air bahan pangan (Buckle, *et al.*, 1987).

Sirup Glukosa

Sirup glukosa diperoleh dari pati dengan cara hidrolisis sebagian (parsial hidrolisis). Sirup glukosa bukan merupakan produk yang murni tetapi merupakan campuran dari glukosa, maltose dan dekstran seperti *eritrodekstran* dan *akrodekstran* (Sugeng, 1994).

Pembuatan sirup glukosa dilakukan dengan hidrolisa pati, baik dengan katalisator asam, katalisator enzim maupun kombinasi katalisator asam dan enzim. Hidrolisa enzim mempunyai beberapa keterbatasan yaitu tidak adanya perbedaan distribusi gula dalam glukosa pada tingkat hidrolisis yang berbeda, serta sirup yang dihasilkan mudah rusak dan bersifat korosif.

Sirup glukosa dalam pembuatan permen berfungsi sebagai penguat cita rasa, media penambah cita rasa, meningkatkan nilai gizi, dan mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme dengan tekanan osmosa yang tinggi serta aktivitas air yang rendah. Menurut Buckle *et al.*, (1987) sirup glukosa juga berfungsi untuk mencegah kristalisasi pada pembuatan permen.

Asam Sitrat

Asam sitrat berfungsi sebagai pemberi rasa asam dan mencegah kristalisasi gula. Selain itu asam sitrat berfungsi sebagai katalisator hidrolisa sukrosa ke gula invert selama penyimpanan serta sebagai penjernih gel yang dihasilkan.

Keberhasilan pembuatan jelly tergantung dari derajat keasaman untuk mendapat pH yang diperlukan. Nilai pH dapat diturunkan dengan penambahan sejumlah kecil asam sitrat. Penambahan asam sitrat dalam permen jelly tergantung dari bahan baku pembentuk gel yang digunakan. Banyaknya asam sitrat yang ditambahkan pada permen jelly berkisar 0,2-0,3 persen.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan dan Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : Blender, cetakan, pengaduk, timbangan analitik, Pisau *Stainlesssteel*, *Cookplate*, *pan stainlesssteel*, termometer, kain saring, cawan, desikator, oven, labu ukur, pipet, buret, tabung reaksi, penangas listrik.

Sedangkan bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sari jagung varietas Bisi Dua, Rumput laut *Euchema cottonii*, sukrosa, sirup glukosa, gelatin, asam sitrat,

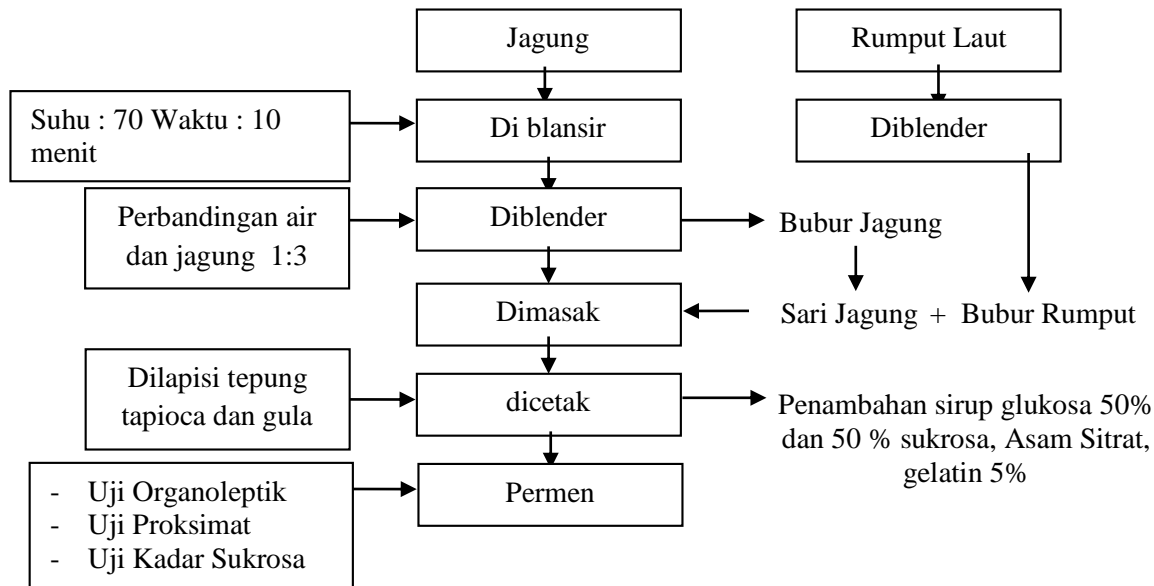
tepung tapioca, tepung gula, bahan – bahan kimia untuk analisis.

Tempat dan Waktu

Penelitian ini akan dilaksanakan selama 6 (enam) bulan dimana tahapan proses formulasi permen jelly sari jagung dan rumput laut dilakukan di Ruang Produksi jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Negeri Gorontalo. Lokasi yang akan digunakan untuk tahapan analisis proksimat, Kadar sukrosa dilakukan di Laboratorium Departemen Gizi Masyarakat Institut Pertanian Bogor.

Metode Penelitian

Formulasi Permen Jelly Sari Jagung dan Rumput Laut



Gambar 1. Diagram alir prosedur penelitian

Tahapan Penelitian

Penelitian tahap pertama yaitu formulasi permen jelly sari jagung berdasarkan formula yang telah dilakukan Sembiring (2002); Kasim, dkk. (2010), dengan perbandingan sari jagung dan bubur rumput laut sebagai berikut :

- A = Sari Jagung : Bubur Rumput Laut (10 : 90)
- B = Sari Jagung : Bubur Rumput Laut (30 : 70)
- C = Sari Jagung : Bubur Rumput Laut (50 : 50)
- D = Sari Jagung : Bubur Rumput Laut (70 : 30)
- E = Sari Jagung : Bubur Rumput Laut (90 : 10)

Masing-masing dari formulasi ini akan dilakukan uji organoleptik, selanjutnya akan diuji proksimat dan kadar gula total. Analisis proksimat menggunakan metode AOAC (1990) dan kadar Gula Total metode Luff Schrool (Sudarmadji dan Haryono, 1984)

Pengolahan dan Analisis Data

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap dengan 2 (dua) kali

ulangan dan dilakukan duplo. Penetapan rancangan didasarkan pada asumsi bahwa semua faktor yang bukan perlakuan dibuat dan dianggap seragam.

Data dianalisis dengan uji statistik *Analisis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui perlakuan yang digunakan. Bila terdapat perbedaan nyata antara perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji beda Beda Nyata Terkecil (BNT). Data diolah dengan menggunakan *Microsoft excel 2007*.

Data dari hasil uji organoleptik dianalisis secara deskriptif dengan menggunakan nilai modus dan persentase panelis yang dapat

menerima produk. Skor penilaian yang diberikan pada uji hedonik adalah 1 = tidak suka, 2 = agak tidak suka, 3 = normal, 4 = suka suka, 5 = suka, 6 = sangat suka. Penerimaan panelis dihitung dengan cara menghitung persentase panelis yang dapat menerima produk. Pada penelitian ini untuk mengetahui perbandingan sari jagung dan rumput laut pada permen terhadap kesukaan, rasa, aroma dan warna dianalisis secara statistik *Analisis of Variance* (ANOVA). Bila terdapat perbedaan nyata antara perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji beda Beda Nyata Terkecil (BNT). Data diolah dengan menggunakan *Microsoft excel 2007*.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Formulasi Permen Jelly

Permen jelly merupakan permen yang dibuat dari air atau sari buah dan bahan pembentuk gel, yang berpenampilan jernih transparan serta mempunyai tekstur dengan kekenyalan tertentu. Permen jelly termasuk pangan semi basah yang mempunyai kadar air sekitar 10-40 % dan nilai aW berkisar antara

0,6-0,9 (Buckle *et al.* 1987). Formulasi permen jelly sari jagung dan rumput laut mengikuti formula standar pembuatan permen jelly (Ali, 1987).

Formula permen jelly jagung dan rumput laut dibagi menjadi 5 (lima) perlakuan dengan konsentrasi sari jagung yang semakin banyak dan konsentrasi rumput lautnya semakin sedikit (Tabel 1).

Tabel 1. Formulasi Permen Jelly Jagung

Komposisi	Formula (g)				
	A (90:10)	B (70:30)	C (50:50)	D (30:70)	E (10:90)
Sari Jagung	20	60	100	140	180
Bubur Rumput Laut	180	140	100	60	20
Sirup Glukosa	100	100	100	100	100
Sukrosa	100	100	100	100	100
Gelatin	10	10	10	10	10
Asam Sitrat	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Proses pembuatan permen jelly jagung meliputi 2 tahap yaitu persiapan dan pengolahan. Persiapan bahan dimulai dengan sortasi rumput laut dan jagung muda pipil sambil dilakukan pencucian di air mengalir. Kemudian rumput direndam selama 24 jam dengan tujuan untuk

melanjutkan pembersihan rumput laut dari kotoran-kotoran yang mungkin masih melekat, membuat rumput laut yang semula kering menjadi mengembang (rehidrasi) dan memudahkan pengecilan ukuran. Sedangkan jagung dilakukan *blanching* dengan suhu 70 °C

selama 15 menit. Hal ini dilakukan untuk menghindari bau langu pada permen jelly. Sesuai dengan saran dari penelitian yang dilakukan oleh Kasim dkk. (2008).

Tahap berikutnya dilakukan pembuatan bubur rumput laut dan sari jagung. Pengecilan ukuran dengan menggunakan alat blender dan menambahkan air dengan komposisi 1:1 (b/b). Pembuatan permen jelly pada awalnya tekstur akhir yang dihasilkan berupa bubur sehingga tidak dapat diiris. Hal ini disebabkan suhu yang digunakan tinggi yaitu 95 °C. Kemudian dicoba kembali pemasakan dengan suhu 70 °C. Hasil yang diperoleh teksturnya kompak dan dapat dipotong. Secara umum karagenan membentuk gel pada suhu 45-65 °C dan meleleh kembali jika suhu dinaikkan 10-20 °C dari suhu pembentukan gel tertinggi yaitu 65 °C (Indriani dan Erni 1991).

Tahap terakhir yaitu pelapisan dengan tapioka dan tepung gula dengan perbandingan

1:1. Pelapisan dilakukan karena permen jelly sifatnya higroskopis sehingga cenderung menjadi lengket. Sifat lengket adalah sifat deformasi bentuk yang dipengaruhi oleh gaya kohesi dan adhesi. Pada dasarnya produk pangan yang lengket mempunyai kedua gaya kohesi dan adhesi yang sama-sama tinggi. Gaya kohesi yang tinggi menyebabkan produk pangan menjadi kempal, kompak dan tidak mudah pisah atau tidak mudah lepas satu sama lain. Gaya adhesi yang terlalu tinggi menyebabkan produk pangan menjadi lengket di tangan, bahan pembungkus atau wadahnya. Sifat inilah yang sehari-hari disebut lengket. Untuk menghindarinya maka ditambahkan zat anti lengket yang tidak dikehendaki. Dengan demikian produk pangan itu tetap kompak namun tidak di tangan atau benda lain (Soekarto, 1990).

Hasil Pengujian Komponen Kimia Permen Jelly Jagung

Kadar Air

Air merupakan komponen penting dalam bahan pangan yang dapat mempengaruhi

penampakan, tekstur dan citarasa makanan. Kadar air dalam bahan makanan ikut menentukan kesegaran dan daya awet bahan makanan tersebut. Nilai rata-rata kadar air dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata kadar air (%) Permen Jelly Sari Jagung+Rumput Laut

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Air (%)
A	21,25 ± 3,39
B	14,07 ± 0,85
C	11,92 ± 2,29
D	10,57 ± 1,05
E	11,65 ± 0,76

Rata-rata kadar air terendah yaitu perlakuan formulasi D (30:70) sebesar 10,57 % dan yang tertinggi yaitu perlakuan formulasi A (90:10) sebesar 21,25% (Gambar 3). Perlakuan formulasi A sudah melebihi nilai maksimum berdasarkan SNI kembang gula no. 3547.2-2008, yaitu maksimum 20%. Tetapi nilai rata-rata kadar air formula A ini masih sesuai dengan kadar air untuk produk pangan semi basah yaitu antara 10-40% (Soekarto, 1979). Menurut Buckle *et al.*

1987 definisi permen secara umum adalah produk yang dibuat dengan mendidihkan campuran bersama dengan bahan pewarna dan pemberi rasa sampai tercapai kadar air kurang lebih 30%. Kadar air yang tinggi untuk perlakuan formulasi A, diduga akibat banyaknya jumlah bubur rumput laut yang digunakan. Rumput laut diketahui memiliki kemampuan menyerap air. Hal ini sesuai dengan pernyataan Suzuki *et al.* (1996), dimana dari 12 spesies alga hijau, merah dan

coklat yang diteliti, menunjukkan bahwa semua rumput laut tersebut memiliki daya ikat yang kuat.

Kadar air yang terkandung dalam permen jelly juga dipengaruhi oleh penambahan sukrosa dan sirup glukosa dalam jumlah tinggi. Konsentrasi sukrosa dan sirup glukosa didasarkan atas penelitian yang telah dilakukan oleh Kasim, dkk. (2008), yaitu dengan perbandingan 50:50. Konsentrasi gula yang cukup tinggi akan menyebabkan terjadinya penetrasi gula tersebut ke dalam bahan dan tertariknya air keluar dari bahan. Hal ini disebabkan oleh adanya sifat higroskopis gula

yang berikatan dengan air yang terdapat dalam permen jelly sehingga konsentrasi air gula yang terkandung dalam bahan akan berubah. Selain itu penambahan gula dapat menyebabkan pemasakan lebih lama sehingga kadar air akan semakin rendah (Gaman dan Sherrington, 1981).

Hasil pengujian statistik menunjukkan perlakuan formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar air permen jelly sari jagung dan rumput laut. Hasil uji BNT menunjukkan bahwa perlakuan formula A berbeda dengan formula B, C, D dan E. Formula C, D, dan E tidak berbeda nyata.

Kadar Abu

Rata-rata kadar abu pada berbagai kombinasi perlakuan formulasi rumput laut dan sari jagung berkisar antara 0,17-0,73% (Tabel 3).

Dari hasil pengujian kadar abu dari kelima sampel sudah memenuhi syarat mutu kembang gula jelly yang tercantum dalam SNI 3547.2-2008 yaitu maksimal 3%.

Tabel 3. Rata-rata Kadar Abu Permen Jelly Jagung

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Abu (%)
A	0,56 ± 0,04
B	0,61 ± 0,001
C	0,17 ± 0,007
D	0,73 ± 0,002
E	0,73 ± 0,005

Hasil pengujian kadar abu menunjukkan persentasi kadar abu yang diperoleh dari permen jelly jagung masih dibawah kadar maksimal yang ditentukan SNI yaitu 3%. Rendahnya kadar abu permen *jelly* disebabkan minimnya kandungan komponen anorganik dalam bahan-bahan penyusunnya (Hunaefi 2002). Rendahnya kadar abu dibandingkan dengan kadar abu maksimal menunjukkan bahwa kualitas permen jelly hasil

penelitian ini bagus dan memiliki mutu yang bagus.

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa perlakuan formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu permen jelly jagung. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan perlakuan formulasi D, E, dan C berbeda nyata dengan perlakuan A dan B.

Kadar Lemak

Lemak merupakan zat makanan yang sangat penting, karena lemak akan menghasilkan energi tinggi bagi tubuh, menjaga kekebalan dan kesehatan manusia (Muchtadi, 1989). Lemak juga merupakan sumber energi yang lebih efektif

dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Tetapi lemak juga dapat menyebabkan kerusakan dalam bahan pangan selama proses pengolahan dan penyimpanan karena kemungkinan terjadinya oksidasi. Hasil analisis kadar lemak disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Kadar Lemak Permen Jelly Jagung

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Lemak (%)
A	0,48±0,01
B	0,53±0,01
C	0,58±0,01
D	0,55±0,01
E	0,55±0,02

Rata-rata kadar lemak permen jelly berkisar antara 0,48-0,58%. Rata-rata tertinggi diperoleh dari perlakuan formulasi C (50:50), sedangkan yang terendah dihasilkan dari perlakuan formulasi A (90:10), yaitu yang ditambahkan bubur rumput laut dalam jumlah sedikit (10%) (Gambar 5). Hal ini disebabkan kadar lemak dari rumput laut yang rendah yaitu 0,37% (Istini, et al., 1986). Nilai kadar lemak yang tidak terlalu besar ini mengindikasikan bahwa produk permen *jelly* ini akan relatif lebih awet terhadap proses oksidasi lemak yang mengakibatkan ketengikan. Sehingga produk permen *jelly* ini memiliki mutu yang baik.

Kadar Protein

Protein merupakan suatu zat makanan yang sangat penting bagi tubuh manusia, karena protein berfungsi sebagai bahan bakar, bahan pengatur dan pembangun. Pada umumnya kadar

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar lemak permen jelly sari jagung+rumpul laut. Dari kelima sampel, rata-rata kadar lemak tidak lebih dari 1%. Hasil uji lanjut BNT, menunjukkan perlakuan A (10:90) berbeda dengan perlakuan lainnya. Menurut Winarno (1996) bahwa kandungan protein dan lemak pada rumput laut sangat sedikit karena sebagian besar rumput laut terdiri dari karbohidrat dalam bentuk senyawa gum yang sulit dicerna.

protein dalam pangan menentukan mutu bahan pangan tersebut (Winarno, 1997). Kadar protein permen jelly sari jagung+rumpul laut mempunyai rata-rata 2,29-3,34%. (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-rata Kadar Protein Permen Jelly Jagung

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Protein (%)
A	2,29±0,22
B	2,78±0,12
C	3,06±0,04
D	3,34±0,10
E	3,28 ± 0,03

Rata-rata kadar protein terendah diperoleh pada formula A (10:90), dimana formula ini banyak ditambahkan rumput laut.

Semakin banyak ditambahkan sari jagung, persen protein semakin tinggi, kecuali perlakuan E (90:10). Hal ini disebabkan proses penamasan

yang dilakukan pada pembuatan permen jelly. Menurut Yuliarti (1999), semakin tinggi konsentrasi rumput laut, maka kadar protein semakin rendah. Hal ini diduga karena adanya protein yang terdegradasi selama pengolahan, hal ini juga merupakan penyebab menurunnya kadar protein permen jelly yang komposisinya banyak mengandung rumput laut. Menurut Damayanthi dan Eddy (1995), proses pemanasan akan menyebabkan protein mengalami degradasi dan

keadaan ini tidak hanya menyebabkan penurunan nilai gizinya, tetapi aktivitas protein sebagai enzim dan hormon akan hilang.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein permen jelly sari jagung+rumpul laut. Hasil uji lanjut BNT, menunjukkan tidak ada perbedaan antar perlakuan.

Kadar Karbohidrat

Karbohidrat merupakan sumber kalori utama bagi hampir semua makhluk hidup. Selain sumber energi, karbohidrat juga mempunyai peranan penting dalam menentukan karakteristik bahan makanan, misalnya rasa, warna, tekstur dan lain-lain.

Analisis karbohidrat pada penelitian ini dihitung secara *by difference*. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut diperoleh rata-rata kadar

karbohidrat permen jelly berkisar antara 75,43-84,81%. Hasil perhitungan yang tinggi ini diduga karena terdapatnya senyawa gum pada rumput laut dan pati pada jagung. Penambahan sukrosa dan sirup glukosa dalam jumlah tinggi dan penambahan tapioka dan tepung gula pada saat pelapisan yang menyebabkan tingginya kadar karbohidrat. Hasil perhitungan kadar karbohidrat dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Kadar Karbohidrat Permen Jelly Jagung

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Karbohidrat (%)
A	75,43±3,11
B	82,01±0,72
C	83,72±2,33
D	84,81±0,96
E	85,70±2,72

Hasil persen kadar karbohidrat menunjukkan bahwa semakin banyak penambahan sari jagung, maka kadar karbohidratnya semakin tinggi. Menurut Inglet (1987), komposisi kimia jagung memiliki kadar karbohidrat berupa pati yaitu sebesar 71,3%.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan formulasi memberikan pengaruh nyata terhadap kadar protein permen jelly jagung. Hasil uji lanjut BNT, menunjukkan perlakuan formulasi A, berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

Hasil pengujian Kadar Gula Total

Gula total merupakan kandungan gula yang terdapat pada permen jelly yang berasal dari gula (sukrosa), glukosa dan gula invert.

Jumlah gula dan glukosa yang digunakan merupakan bahan utama sehingga kadar gula total pada permen jelly tinggi. Nilai Rata-rata kadar gula total dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata Kadar Gula Total Permen Jelly Jagung

Perlakuan Formulasi	Rata-rata kadar Gula Total (%)
A	44,47±1,41
B	49,46±0,57
C	48,69±1,25
D	51,96±4,01
E	50,22±0,64

Hasil rata-rata kadar gula total semakin meningkat dengan semakin banyaknya sari jagung yang ditambahkan pada perlakuan formulasi, kecuali untuk perlakuan E (90:10). Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa

perlakuan formulasi tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar gula total permen jelly sari jagung+rumput laut. Hal ini disebabkan jumlah sukrosa dan sirup glukosa yang ditambahkan sama untuk setiap perlakuan yaitu 50:50 b/b

Hasil Pengujian Organoleptik

Uji Organoleptik (sensori) yaitu uji dengan menggunakan indera manusia, karena penilaiannya didasarkan pada rangsangan sensorik pada organ indera (Soekarto, 1990). Penilaian dengan indera banyak digunakan untuk menilai komoditi hasil pertanian dan makanan. Uji organoleptik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji kesukaan atau uji dengan skala hedonik, yang meliputi rasa, warna dan tekstur. Didalam penelitian ini digunakan 6 skala hedonic dari sangat suka sampai tidak suka.

Rasa

Rasa merupakan respon lidah terhadap rangsangan yang diberikan oleh suatu makanan yang merupakan salah satu factor penting yang mempengaruhi tingkat penerimaan panelis atau konsumen terhadap suatu produk makanan. Walaupun memiliki warna dan tekstur yang baik, suatu produk makanan tidak akan diterima oleh panelis atau konsumen bila rasanya tidak enak. Nilai rata-rata uji organoleptik terhadap rasa permen jelly sari jagung dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rata-rata Rasa Permen Jelly Jagung.

Perlakuan Formulasi	Rasa
A	3,37±1,50
B	3,70±1,32
C	3,60±1,52
D	4,77±1,07
E	4,27±1,31

Hasil rata-rata uji organoleptik terhadap rasa permen jelly jagung berkisar 3,37-4,77 (biasa sampai suka). Nilai tertinggi diperoleh pada formula D (70:30), sedangkan nilai terendah diperoleh pada formula A (90:10). Hal ini diduga karena jagung yang digunakan adalah jagung

muda pipil yang memiliki tingkat kemanisan lebih tinggi dibandingkan dengan rumput laut yang memiliki rasa yang tawar. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2007), menunjukkan bahwa perlakuan yang ditambahkan rumput laut paling sedikit, lebih

disukai rasanya oleh panelis dibandingkan dengan permen jelly yang banyak ditambahkan rumput laut. Hal ini diduga karena penambahan rumput laut yang banyak menyebabkan adanya rasa khas dari rumput laut yang kuat pada permen jelly yang tidak disukai oleh panelis.

Dari hasil uji statistik ANOVA pada taraf nyata 0,05%, perlakuan perbandingan sari jagung dan bubur rumput laut memberikan pengaruh yang nyata terhadap rasa permen jelly sari jagung+rumpul laut. Rasa yang timbul juga disebabkan oleh adanya bahan-bahan campuran lainnya seperti sukrosa dan sirup glukosa yang jumlahnya sama pada setiap perlakuan. Hasil ini juga berarti dapat dilakukan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) untuk melihat perbandingan pengaruh setiap perlakuan terhadap rasa permen jelly sari jagung dan rumput laut yang dihasilkan. Hasil uji lanjut BNT menunjukkan bahwa perlakuan formula D, E dan B tidak berbeda nyata. Perlakuan yang menunjukkan beda nyata yaitu perlakuan C dan A.

Warna

Warna mempunyai arti dan peranan penting pada komoditas pangan. Peranan ini sangat nyata pada tiga hal yaitu daya tarik, tanda pengenalan dan atribut mutu. Diantara sifat-sifat produk pangan, warna merupakan factor yang paling cepat dan mudah member kesan, tetapi sulit untuk diberi deskripsi dan sulit cara

pengukurannya. Sehingga penilaian secara subyektif masih sangat menentukan (Soekarto, 1985). Hasil rata-rata uji organoleptik terhadap warna disajikan pada Tabel 9.

Hasil rata-rata uji organoleptik terhadap warna permen jelly jagung berkisar antara 3,07-5,03 (biasa sampai suka). Nilai tertinggi diperoleh dari formula D (30:70) yaitu formula dengan perbandingan sari jagung 70% dan bubur rumput laut 30%. Sedangkan rata-rata terendah diperoleh pada formula A (90:10). Hal ini disebabkan adanya kandungan beta karoten dari jagung yang menyebabkan warna permen jelly yang banyak ditambahkan sari jagung warnanya lebih kuning. Sedangkan yang sedikit sari jagung warnanya agak pucat (jernih). Berdasarkan hasil penelitian Rahman, *et al.* (2009) kadar beta karoten pada jagung provit-A mencapai 15 µg/g, sedangkan untuk jagung biasa kadar beta karoten sebesar 1,0 µg/g. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Santoso (2007), dimana semakin banyak rumput laut maka akan menyebabkan warna menjadi keruh. Warna khas dari kappa-karagenan berwarna agak gelap dan mempunyai tekstur yang mudah retak dibandingkan iota-karagenan (Fardiaz, 1989). Warna khas dari rumput laut (karagenan) yang ditambahkan dengan bahan-bahan pembuat permen jelly menghasilkan warna yang jernih dan transparan yang tidak terlalu berbeda jauh dengan warna asli dari karagenan tersebut.

Tabel 9. Rata-rata Warna Permen Jelly Jagung.

Perlakuan Formulasi	Warna
A	3,07±1,44
B	3,53±1,20
C	3,63±1,47
D	5,03±1,10
E	4,03±1,50

Hasil uji statistik terhadap warna menunjukkan perlakuan formulasi perbandingan bubur rumput laut dan sari jagung memberikan pengaruh terhadap warna permen jelly yang dihasil. Hasil uji lanjut BNT, menunjukkan bahwa perlakuan formulasi D (30:70) berbeda

nyata dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan perlakuan formulasi D, berwarna kuning cerah, yang disukai oleh hampir semua panelis.

Tekstur

Tekstur mempunyai peranan penting pada daya terima suatu produk makanan. Uji tekstur adalah penginderaan yang dihubungkan dengan indera perabaan dan sentuhan. Tekstur yang dimaksud adalah tingkat kekenyalan dari produk permen jelly sari jagung+rumput laut.

Tingkat kekenyalan adalah gaya tekan yang mula-mula menyebabkan deformasi produk baru kemudian memecahkan produk setelah produk tersebut mengalami deformasi bentuk (Soekarto, 1990). Hasil rata-rata uji organoleptik terhadap tekstur disajikan pada Tabel 10.

Tabel 10. Rata-rata Tekstur Permen Jelly Jagung.

Perlakuan Formulasi	Tekstur
A	4,07±1,46
B	3,77±1,25
C	3,53±1,55
D	4,63±1,47
E	4,17±1,44

Rata-rata hasil uji organoleptik terhadap tekstur permen jelly jagung berkisar antara 3,53-4,63 (agak suka sampai suka). Perlakuan formulasi D (30:70), mempunyai tekstur yang paling disukai panelis, karena penambahan sari jagung yang cukup banyak menyebabkan permen semakin keras dan kenyal. Hal ini disebabkan kandungan pati dari jagung yaitu sebesar 71,3% (Inglet, 1987), yang cukup banyak sehingga membuat tekstur menjadi kenyal, karena

kemampuan dari pati yang dapat menjadi gel. Tekstur yang dihasilkan pada perlakuan formulasi A (10:90), juga keras tetapi teksturnya menjadi mudah patah dan tidak kenyal.

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan formulasi sari jagung dan rumput laut memberikan pengaruh nyata terhadap tekstur dari permen jelly jagung. Hasil uji lanjut BNT, menunjukkan perlakuan formulasi D (30:70) berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

5. KESIMPULAN

Formula permen jelly jagung terpilih dari penelitian ini adalah permen jelly dengan penambahan sari jagung dan rumput laut yaitu 70:10. Penentuan formulasi terpilih dilakukan berdasarkan hasil analisis proksimat, kadar gula total dan uji organoleptik.

Karakteristik komponen kimia permen jelly jagung laut yang terpilih adalah sebagai

berikut : kadar air 10,57%, kadar abu 0,73%, kadar lemak 0,55%, kadar protein 3,34%, kadar karbohidrat 84,81% dan kadar gula total 51,96%.

Uji tingkat penerimaan (organoleptik) permen jelly jagung yang terpilih adalah sebagai berikut : rasa 4,77, warna 5,03 dan tekstur 4,63 dengan atribut suka.

DAFTAR PUSTAKA

AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis of The Association of Official Analytical*

Chemists AOAC. Washington, D.C : USA.

Buckle KA Ra, Edwards GH, Fleet dan M Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Penerjemah

- Hari Purnomo dan Adiono. UI Press. Jakarta.
- Damayanthi E dan Eddy SM. 1995. *Teknologi Makanan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Dikdasmen. Jakarta.
- Fardiaz S. 1989. *Hidrokoloid*. Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan PAU IPB. Bogor.
- Gaman PM. Dan Sherrington KB. 1981. *The Science of Food. Introduction to Food Science, Nutrition and Microbiology*. Third Edition. Pergamus Press. New York.
- Hunaefi D. 2002. Aplikasi Gelatin dari Kulit Ikan Cucut dan Ikan Pari Pada Pembuatan Permen Jelly. Skripsi. Fateta. IPB: Bogor.
- Inglett, G.E. 1987. *Kernel, Structure, Composition and Quality*. Ed. *Corn: Culture, Processing and Products*. Avi Publishing Company, Westport.
- Indriani H dan Emi S. 1991. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Istini SA, Zalnika, Suhaimi dan J. Anggadireja. 1986. Manfaat dan Pengolahan Rumput Laut. *Jurnal Penelitian BPPT*. Jakarta.
- Kasim, Yoyanda B. Suryani U. (2010) "Uji Konsentrasi Sukrosa dan Sirup Glukosa Terhadap Mutu Permen Keras dari Sari Jagung (*Zea Mays*.L) dengan Metode *Oven Pan*. *Jurnal Ilmiah Agropolitan*, Volume 3;p 373-383.
- Muchtadi D. 1989. *Evaluasi Nilai Gizi Pangan*. Pusat Antar Studi Universitas IPB. Bogor.
- Novita RD. 2010. *Perencanaan Produksi Permen Jelly Sari Buah Merah Skala Industri Rumah Tangga (Kajian Konsentrasi Karagenan dan Sukrosa)*. [Skripsi]. Universitas Brawijaya. Malang.
- Rahman HR., M.Yasin HG., Abd Fattah dan Stefanus. 2009. Karakterisasi Plasma Nutfah Jagung Provit-A. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. ISBN : 987-979-8940-27-9.
- Santoso D. 2007. *Pemanfaatan Rumput Laut Gelidium sp dalam Pembuatan Permen Jelly*. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sembiring SI. 2002. *Pemanfaatan Rumput Laut (E. Cottonii) Sebagai Bahan Baku dalam Pembuatan Permen Jelly*. [Skripsi] Program Studi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan Istitut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soekarto ST. 1985. *Penilaian Organoleptik untuk Industri Pangan dan Hasil Pertanian*. Bhatara Karya Aksara. Jakarta.
- Soekarto ST. 1979. *Pangan Semi Basah Ketahanan dan Potensinya dalam Gizi Masyarakat*. Pusat Pengembangan Teknologi Pangan IPB. Bogor.
- Soekarto ST. 1990. *Dasar-dasar Pengawasan dan Standarisasi Mutu Pangan*. PAU Pangan dan Gizi IPB. Bogor.
- Sudarmadji S. Dan B. Haryono. 1984. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Liberty. Yogyakarta.
- Suzuki T. Ohsugi Y. Shiroy T. Hirano T. 1996. Dietary fibre content, water holding capacity and binding capacity of seaweeds. *Fish Sci* 62:454-461
- Widowati S. B.A. S. Santoso dan Suarni. 2005. Mutu Gizi dan Sifat Fungsional Jagung. *Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Jagung*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Makassar 29-30 September 2005. p343-350.
- Winarno FG. 1997. *Kimia Pangan dan Gizi*. Pt. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Winarno FG. 1996. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Yuliarti ES. 1999. *Formulasi Bahan Penyusun dan Daya Awet Dodol Rumput Laut*. [Skripsi]. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

BIOKONVERSI LIMBAH TONGKOL JAGUNG MENJADI BIOETANOL SEBAGAI BAHAN BAKAR ALTERNATIF TERBARUKAN

Hendri Iyabu¹, Rakhmawaty A Asui¹, Ishak Isa¹

¹FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo

Email: iyabuhendri@yahoo.com

Abstract

*The aims of this research is to convert Lignocellulose from corn cobs waste into bioethanol as a renewable alternative fuel. The process of making ethanol from corn cobs waste can be through three important stages: 1) hydrolyze lignocellulose to sugars, 2) fermentation of sugars to ethanol, 3) ethanol purification . The hydrolyze process of chemically using dilute sulfuric acid . Fermentation of sugars to ethanol using *Saccharomyces cerevisiae* , while the purification of alcohol produced through the distillation process . The results showed that the alcohol (ethanol) obtained concentration is still below the desired standards as an energy alternative to fossil fuel.*

Keywords: corn cob , bioethanol , bioconversion , renewable energy

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang kaya akan sumberdaya alam yang sangat berlimbah, baik sumberdaya alam yang dapat diperbaharui maupun tidak dapat diperbaharui. Minyak bumi dan batu bara merupakan contoh bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui yang ketersediaanya di alam semakin menipis. Dengan menipisnya bahan bakar ini maka sudah dapat dipastikan akan berdampak pada krisis global energi.

Jagung merupakan salah satu komoditi unggulan provinsi Gorontalo, dimana produksi jagung gorontalo dari tahun ketahun mengalami peningkatan. Disamping untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat gorontalo, jagung juga telah diekspor ke luar negeri seperti Malaysia dan Singapura untuk bahan baku berbagai produk seperti tepung jagung (maizena), pati jagung, minyak jagung, dan pakan ternak. Dari setiap panen jagung diperkirakan jagung (*rendemen*) yang dihasilkan sekitar 65%, sementara 35% dalam bentuk limbah berupa batang, daun, kulit, dan tongkol jagung.

Dari pengamatan lapangan ditemukan bahwa hasil samping berupa kulit, batang, daun, dan tongkol jagung tidak dimanfaatkan dan dibuang atau dibakar, sementara daun dan batang yang masih muda dijadikan bahan pakan ternak. Dari tongkol jagung yang dihasilkan sebenarnya kaya akan karbohidrat yang dapat digunakan atau diolah menjadi produk yang

bermanfaat dan bernilai ekonomi untuk kehidupan manusia. Dengan pemanfaatan teknologi, limbah tongkol jagung yang hanya dibuang dan dibakar dapat dikembangkan menjadi suatu produk yang lebih bernilai ekonomi yaitu dijadikan sebagai bahan bakar alternatif.

Saat ini telah diketahui bahwa limbah tongkol jagung dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol. Tongkol jagung merupakan limbah buangan pada industri jagung pipil yang ternyata mengandung selulosa sebesar 44.9% (Richana dkk, 2004), dan kurang lebih 30% bagian jagung merupakan tongkol jagung. Kenyataan tersebut membuat limbah tongkol jagung dari industri jagung pipil mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena kandungan selulosa yang cukup tinggi.

Dengan menggali kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi, produksi bioetanol dari limbah tongkol jagung dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi fermentasi. Proses pembuatan bioetanol dari tongkol jagung dapat dilakukan dengan beberapa cara. Namun, secara umum ada lima tahap proses utama. Tahapan tersebut adalah delignifikasi tongkol jagung, isolasi selulosa, hidrolisis, fermentasi, dan distilasi etanol.

Delignifikasi bertujuan untuk memudahkan pelepasan hemiselulosa dan mengurangi kandungan lignin pada tongkol jagung yang dapat menghambat fermentasi selulosa menjadi gula-gula sederhana.

Delignifikasi dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu pengecilan ukuran, perendaman dalam NaOCl 1 % (b/v), pembilasan, penyaringan, dan pengeringan untuk menurunkan kadar air tongkol jagung (Anggraini, 2003). Pembilasan dan penyaringan dengan air dilakukan sampai air bilasan menjadi netral.

Isolasi selulosa dilakukan untuk mengekstrak hemiselulosa dari fraksi selulosa pada tongkol jagung. Menurut Hespell (1998), ekstraksi hemiselulosa paling baik dilakukan dengan menggunakan pelarut NaOH. Isolasi selulosa dilakukan dengan perendaman tongkol jagung yang telah didelignifikasi dalam larutan NaOH 15 % selama 24 jam pada suhu 28°C. Setelah 24 jam, dilakukan penyaringan hingga didapatkan fraksi padatan berupa selulosa. Padatan tersebut dibilas berulang-ulang dengan air sampai pH menjadi netral. Kemudian dikeringkan dengan oven suhu 50°C selama 2 hari.

Dengan memperhatikan prospek bioetanol yang cukup cerah yang dinilai ekonomi yang cukup tinggi, maka sangatlah perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah tongkol jagung menjadi bioetanol sebagai energi alternatif terbarukan yang ramah lingkungan

2. Metodologi Penelitian

2.1 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Seperangkat alat destilasi, neraca analitik, tabung reaksi, rak tabung, gilingan jagung, ayakan, labu takar, gelas ukur, gelas kimia, alkohol meter, indikator universal, oven, autoclave, penangas air, kapas, tissue, labu erlenmeyer, aluminium foil, batang pengaduk, botol reagen, pipet tetes, pipet mikro, pembakar bunsen, jarum ose, spektrofotometer, colony counter, seperangkat alat titrasi, sendok, kertas saring, inkubator, cawan petri, shaker inkubator(inkubator goyang), Erlenmeyer, Laminar Air Flow.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu tongkol jagung, H₂SO₄ (0,1 M, 0,3 M, dan 0,5 M), Alkohol Standar, Ammonium Sulfat (ZA) 0,9 gr (sebagai nutrisi), Urea 0,48 gram (sebagai nutrisi), Aquadest, *Saccharomyces cerevisiae*, PDA (*Potato Dextrose Agar*), PDB (*Potato Dextrose Broth*), NaOH, reagen *luff schoorl*, H₂SO₄ 25%, indikator amilum, KI 10%, Na₂S₂O₃ 0,1 N.

2.2 Penelitian

Prosedur

2.2.1 Tahap Pra Penelitian

Perlakuan fisik terhadap tongkol jagung meliputi pencucian, pengeringan, penggilingan dan pengayaan. Pencucian dilakukan untuk menghilangkan bahan-bahan yang terikat dalam tongkol seperti tanah dan kotoran lainnya. Pengeringan dilakukan dibawah sinar matahari hingga tongkol jagung menjadi kering betul. Tujuan dari pengeringan yaitu untuk memudahkan dalam proses penggilingan serat tongkol jagung, karena pada keadaan lembab tongkol jagung sukar untuk dihancurkan. Tahap penghancuran bertujuan untuk memperkecil ukuran tongkol jagung. Semakin kecil ukuran tongkol jagung maka akan semakin mudah untuk digiling/dihancurkan. Alat yang digunakan adalah gilingan jagung, tongkol yang sudah dihancurkan kemudian diayak dengan ukuran ±40 mesh.

2.2.2 Tahap Penelitian

1. Pemiakan khamir dengan Media Cair

Pada tahap pembiakan mikroba, langkah-langkah yang dilakukan yaitu mengambil 100 mL dimasukkan ke dalam gelas kimia. Kemudian ditambahkan PDB (*Potato Dextrose Broth*) sebagai media pertumbuhan mikroba sebanyak 2,4 g. Dipanaskan sambil diaduk setelah mendidih diangkat. Dimasukkan kedalam labu erlenmeyer, ditutup dengan kapas dan aluminium foil agar tidak ada bakteri lain yang masuk kedalam PDB. Setelah itu disterilisasi didalam autoclave hingga suhu 121 °C. Kemudian diangkat dan disimpan didalam lemari Laminar Air Flow hingga PDB (*Potato Dextrose Broth*) dingin. Setelah itu khamir murni dimasukkan kedalam erlenmeyer yang berisi PDB (*Potato Dextrose Broth*). Didiamkan di shaker inkubator selama 2 hari agar pertumbuhan bakteri merata (tidak mengendap).

2. Pemiakkan Khamir dengan Media Agar

Langkah-langkah yang dilakukan yaitu memasukkan 30 mL aquades kedalam gelas kimia. Ditambahkan PDA (*Potato Dextrose Agar*) sebanyak 1,08 g. Dipanaskan sambil diaduk setelah mendidih diangkat. Kemudian disiapkan 5 buah tabung reaksi. Kemudian memasukkan PDA (*Potato Dextrose Agar*)

yang telah mendidih ke dalam masing-masing tabung reaksi sebanyak 6 mL untuk setiap tabung. Setelah itu ditutup dengan kapas dan *aluminium foil*. Tabung dimiringkan. Setelah PDA (*Potato Dextrose Agar*) padat, gores dengan menggunakan jarum ose yang telah di celupkan kedalam PDB (*Potato Dextrose Broth*) yang telah dibiakan *Saccharomyces cerevisiae* selama 2 hari. *Saccharomyces cerevisiae* diinkubasi selama 7 hari.

3. Tahap Hidrolisis

Langkah awal yang dilakukan menimbang tepung tongkol jagung sebanyak 100 g. Kemudian dimasukan kedalam erlenmeyer 1.000 mL. Ditambahkan 1.000 mL larutan H_2SO_4 dengan variasi konsentrasi 0,1 ; 0,3 M ; 0,5 M. Setelah itu dihidrolisis pada suhu $100^\circ C$ selama 2 jam. Kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan residu.

4. Uji Kadar Glukosa

Langkah-langkah yang dilakukan yaitu mengambil 3 mL filtrat tepung tongkol jagung yang telah dihidrolisis. Kemudian diencerkan dengan 50 mL Aquades. Diambil 10 mL larutan. Ditambahkan 25 mL reagen *luff schoorl*, dimasukan batu didih. Setelah itu dipanaskan selama 2 menit, kemudian diangkat dan didinginkan. Kemudian ditambahkan 15 mL KI 30% dan 25 mL H_2SO_4 25%. Setelah itu dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N hingga terjadi perubahan warna menjadi cokelat muda. Ditambahkan 1 mL indikator amilum. Kemudian dititrasi kembali hingga larutan menjadi jernih. Dilakukan perlakuan yang sama pada blanko.

5. Tahap Fermentasi

Pada tahap ini, langkah-langkah yang dilakukan yaitu menambahkan 0,9 g Ammonium sulfat dan 0,48 g Urea sebagai nutrisi pada filtrat hasil hidrolisis yang memiliki kadar glukosa terbanyak dan mengatur pHnya 4-4,5. Kemudian menyiapkan 4 buah erlenmeyer. Pada masing-masing erlenmeyer masukkan 100 mL sampel. Setelah itu dimasukkan kedalam *autoclave* untuk disterilisi hingga suhu mencapai $121^\circ C$. Kemudian diangkat dan didinginkan didalam lemari *Laminar Air Flow* selama 24 jam. Kemudian ditambahkan 2 ose *Saccharomyces cerevisiae* pada masing-masing tabung. Setelah itu sampel dimasukan kedalam inkubator

selama variasi waktu yang telah ditentukan (3,5,7,dan 9 hari).

6. Tahap pengenceran sampel untuk perhitungan jumlah mikroba/koloni

Pada tahap pengenceran sampel langkah yang dilakukan yaitu menyiapkan PDA, 8 buah tabung reaksi dan 8 buah cawan petri diberi label 10^{-1} – 10^{-8} pada masing-masing tabung dan cawan. Kemudian dimasukkan 9 mL aquades kedalam tabung reaksi. Kemudian aquades tabung dan 120 mL PDA disterilisasi didalam *autoclave*. Setelah itu diangkat dan didinginkan hingga suhu maksimal $40^\circ C$. Diambil 1 mL sampel hasil fermentasi. Kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi pertama (10^{-1}) yang berisi aquades dan divortex hingga larutan homogen. Setelah itu diambil 1 mL larutan pada tabung pertama dan dimasukkan pada tabung kedua (10^{-2}) menggunakan pipet mikro kemudian divortex. Dilakukan perlakuan yang sama untuk tabung 3-8. Kemudian pada masing-masing tabung di ambil 0,5 mL larutan dan dimasukkan kedalam masing-masing cawan yang telah diberi label. Ditambahkan 15 mL larutan PDA kemudian didiamkan hingga PDA memadat. Setelah itu dimasukkan kedalam inkubator selama ± 48 jam. Kemudian dihitung jumlah koloni/khamir yang tumbuh pada masing-masing cawan dengan menggunakan *colony counter*.

7. Tahap Destilasi

Pada tahap ini filtrat hasil fermentasi dengan variasi waktu tertentu dimasukkan kedalam labu leher tiga. Kemudian didestilasi pada suhu $78^\circ C$ - $80^\circ C$ (suhu alkohol).

8. Pengukuran Kadar Bioetanol menggunakan Alkoholmeter

Untuk mengukur kadar bioetanol langkah awal yang dilakukan adalah mengukur kadar etanol standar. Kemudian mengukur bioetanol hasil destilasi dengan cara memasukkan destilat tersebut kedalam gelas ukur minimal 40 mL. Kemudian dimasukkan alkoholmeter kedalam gelas kimia. Didiamkan selama 5-10 menit. Dilihat skala yang terbaca pada alkoholmeter.

3. Hasil

3.1 Tahap Pra Penelitian (Preparasi Sampel)

Tongkol jagung yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 98 buah. Tepung tongkol jagung yang dihasilkan setelah pengolahan sebanyak 889,19 gr. Hasil pengolahan tongkol jagung menjadi tepung tongkol jagung dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Tahap Pengolahan Tongkol jagung menjadi Tepung Tongkol jagung

3.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi H₂SO₄ Pada Proses Hidrolisis terhadap Kadar Glukosa

Pada proses hidrolisis digunakan asam sulfat encer pada konsentrasi 0,1 M, 0,3 M, dan 0,5 M. Penggunaan asam sulfat dengan konsentrasi yang berbeda bertujuan untuk mencari konsentrasi yang tepat untuk menghasilkan gula yang tinggi dari substrat tongkol jagung. Waktu yang digunakan pada hidrolisis selama 120 menit dan dipertahankan pada suhu 100 °C. Menurut Idral dkk (2012) waktu hidrolisis yang baik adalah 120 menit, karena jika waktu hidrolisis terlalu lama maka glukosa akan terdegradasi dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam format, sehingga menyebabkan kadar glukosa menurun. Menurut Feneiet., at al dalam Anieto (2010), bahwa waktu hidrolisis selama 120 menit merupakan waktu yang optimum dalam menghasilkan glukosa terbanyak. Pada dasarnya prinsip hidrolisis adalah memutuskan rantai polimer bahan menjadi unit-unit monomer yang lebih sederhana dengan bantuan katalis.

Pengukuran kadar glukosa dilakukan dengan menggunakan metode *Luff Schoorl*. Tujuan pengukuran kadar glukosa yaitu untuk mengetahui persentase glukosa pada masing-masing sampel. Pengukuran kadar glukosa dengan metode *Luff Schoorl* ini dapat dihitung dengan rumus pada halaman 11. Hasil perhitungan dapat dilihat pada lampiran II (halaman 38) menunjukkan bahwa kadar glukosa paling banyak terdapat pada hidrolisis dengan menggunakan larutan 0,3 M sehingga hasil hidrolisis dengan menggunakan larutan

H₂SO₄ 0,3 M inilah yang paling bagus digunakan untuk proses fermentasi. Semakin banyak kadar glukosa yang terkandung dalam sampel maka semakin banyak pula bioetanol yang akan dihasilkan pada saat fermentasi.

3.3 Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Kadar Bioetanol dan Jumlah *Saccharomyces cerevisiae*

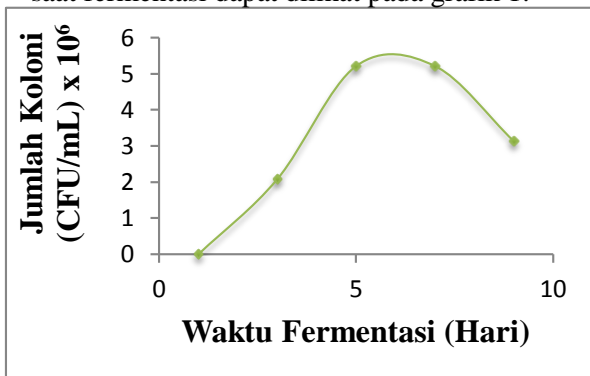
Bioetanol yang dihasilkan melalui proses fermentasi masih bercampur secara homogen dengan air. Oleh sebab itu, dilakukan proses destilasi. Proses destilasi yang didasarkan perbedaan titik didih air (100°C) dan titik didih bioetanol (78°C), sehingga yang akan menguap terlebih dahulu adalah bioetanol. Dengan menjaga suhu 78°C pada saat destilasi maka hanya komponen bioetanol saja yang akan menguap. Sehingga destilat yang dihasilkan adalah bioetanol. Setelah didestilasi, destilat diukur dengan menggunakan alkoholmeter. Sebelum dilakukan pengukuran pada sampel sebaiknya alkoholmeter dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan alkohol absolut/alkohol standar. Tujuan kalibrasi ini yaitu untuk memastikan alat tersebut layak atau tidaknya untuk digunakan. Selain itu, persen kadar alkohol standar yang terbaca oleh alkoholmeter nantinya digunakan dalam perhitungan faktor koreksi. Masing-masing kadar bioetanol pada sampel yang terukur dengan alkoholmeter yaitu pada fermentasi hari ke 3 (2%), hari ke 5 dan ke 7 (5%), dan pada hari ke 9 (3%). Kadar bioetanol yang terukur dengan menggunakan alkoholmeter, hasil perhitungan kadar bioetanol dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Kadar Bioetanol (alkohol)

Waktu fermentasi (Hari)	Kadar bioetanol (%)
3	2,08
5	5,21
7	5,21
9	3,13

Waktu fermentasi juga dapat mempengaruhi jumlah mikroba yang tumbuh. Banyaknya mikroba yang tumbuh dapat dihitung dengan menggunakan alat *colony counter*. Setelah itu banyaknya mikroba yang terbaca oleh *colony counter* dihitung lagi dengan menggunakan ketentuan untuk perhitungan mikroba.

Pada saat fermentasi hari ke 3 mikroba yang tumbuh hanya sedikit ($1,9 \times 10^6$ CFU/mL) dikarenakan *Saccharomyces cerevisiae* masih dalam fase lag. Fase lag merupakan fase dimana mikroba masih beradaptasi untuk tumbuh dan menyesuaikan diri. Pada fermentasi 5 hari ($2,8 \times 10^6$ CFU/mL) dan 7 hari ($3,0 \times 10^6$ CFU/mL) jumlah mikroba sudah semakin banyak. Menurut Idral (2012) glukosa di dalam media masih banyak sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* berjalan dengan baik dan bioetanol yang dihasilkan juga banyak. Pada saat fermentasi 9 hari ($1,2 \times 10^6$ CFU/mL) mikroba sudah mulai berkurang karena banyak yang mati, hal ini disebabkan karena ketersediaan nutrisi pada medium sudah mulai berkurang sehingga mikroba mengubah bioetanol menjadi asam asetat yang mengakibatkan penurunan kadar bioetanol. Glukosa dan ketersediaan nutrisi didalam media sudah hampir habis sehingga proses pembelahan dan aktivitas fermentasi sel *Saccharomyces cerevisiae* terhambat yang akibatnya bioetanol yang dihasilkan sedikit (Idral dkk, 2012). Banyaknya mikroba pada saat fermentasi dapat dilihat pada grafik 1.



Grafik 1. Pengaruh waktu fermentasi terhadap jumlah koloni

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan uraian pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kadar glukosa terbanyak terdapat pada sampel yang dihidrolisis menggunakan H_2SO_4 0,3 M yaitu 0,161%.
2. Kadar bioetanol terbanyak dihasilkan pada fermentasi hari ke 5 dan fermentasi hari ke 7.

3. Kadar bioetanol yang dihasilkan pada fermentasi hari ke 3 (2,08%), fermentasi hari ke 5 (5,21%), fermentasi hari ke 7 (5,21%), dan fermentasi hari ke 9 (3,13%).

5. Refferensi

1. Aniето, Ugochukwu. 2010. Biofuels. (online) <http://focusnigeria.com/biofuel-nigeria.htm> diakses 19 februari 2013
2. Arianie, Idiawati. 2011. *Penentuan Lignin dan Kadar Glukosa dalm Hidrolisis Organosolv dan dan Hidrolisis Asam*. Sains Terapan Kimia Vol.5 (No.2). Hal: 6
3. Aryaningrum. 2011. Kandungan kimia jagung dan manfaatnya bagi kesehatan. (online) <http://staff.uny.ac.id/sites/default/files/tmp/artikel-ppm-jagung2.doc> diakses 27 juni 2013 pukul 11:46
4. Balat M, Balat H, Oz C. 2008. *Progress in bioethanol processing*. Progress Energy Combustion Science 34
5. BPIJ. 2010. Teknik Pengembangan Budidaya Jagung Gorontalo (Binthe). (online) <http://cybex.deptan.go.id/lokalita/binthe-biluhuta-jagung-gorontalo> diakses 18 februari 2013
6. Dewati, Retno. 2008. Limbah Kulit Pisang Kepok sebagai Bahan Baku Pembuatan Ethanol. Skripsi. UPN "Veteran" Jatim: Surabaya
7. Febriyanto, Endi. 2011. Spektroskopi IR dalam penentuan struktur molekul organik (online) <http://endiferrysblog.blogspot.com/2011/11/spektroskopi-ir-dalam-penentuan.html> diakses 28 juni 2013 pukul 8:14
8. Fessenden dan Fessenden. (1997). *Kimia Organik edisi ketiga*. PT Erlangga : Jakarta.
9. Ginting, Inggrit. 2012. Spektroskopi IR. (online) <http://ingreat.blogspot.com/2012/06/spektroskopi-ir.html> diakses 17 juli 2013 pukul 4:43
10. Hespell, B., 1998, Extraction and Characterization of Hemicellulose from Corn Fiber Produced by Corn Wet-Milling Processes, *J. Agric. and Food Chem*, 46 : 2615-2619

11. Idral, Salim, Mardiyah. (2012). *Pembuatan bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan Menggunakan Saccharomyces cerevisiae*. Jurnal Kimia Unand, Volume 1 (No. 1).
12. Ikmawati. 2011. Variasi Penambahan Ragi Pada Pembuatan Bioetanol dari Kulit Umbi Kayu (*Monihot esculenta*) secara fermentasi. Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo: Gorontalo
13. Isroi. 2008. Mengukur Kadar Bioetanol. (online) [http:// isroi.com/2008/12/19/mengukur-kadar-bioetanol/](http://isroi.com/2008/12/19/mengukur-kadar-bioetanol/) diakses 15 juli 2013
14. Kwartiningsih, Mulyati. 2005. Fermentasi sari buah nanas menjadi vinegar. EKUILIBRIUM Vol.4 (No.1) Hal: 2
15. Nugraheni, Purnaningsih, Novianitasari, wulandari. 2012. Materi Bakteriologi Perhitungan Jumlah Mikroba. (online) <http://desidicik.blogspot.com/2013/04/makalah-bakteriologi-perhitungan-jumlah.html> diakses 22 juni 2013 Pukul 16:28
16. Raudah, Ernawati. 2012. *Pemanfaatan kulit kopi arabika dari proses pulping untuk pembuatan bioetanol*. Jurnal reaksi (Jurnal of science and Technology) Vol 1 (No.21)
17. Richana, Suwarni. (2007). *Teknologi Pengolahan Jagung*. (Online) <http://pustaka.litbang.deptan.go.id/bppi/lengkap/bpp10249.pdf> diakses 22 februari 2013 pukul 17:00
18. Sari, Ketut. (2009). *Produksi Bioetanol dari Rumput Gajah Secara Kimia*. Jurnal Teknik Kimia Vol.4 (No.1).
19. Soebagio. (2003). *Kimia Analitik II*. JICA: Malang.
20. Soeprijanto. (2010). Biokonversi lignoselulosa dari residu limbah pertanian menjadi biofuel melalui hidrolisis enzim dan fermentasi. Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar. Kementrian Pendidikan Nasioanal Institut Teknologi Sepuluh November: Surabaya
21. Soeprijanto. (2008). *Biokonversi Selulose dari Limbah Tongkol Jagung Menjadi Glukosa Menggunakan Jamur Aspergillus Niger*. Jurnal Purifikasi Vol. 9 (No. 2).
22. Supratman, Unang. 2008. Elusidasi Struktur Senyawa Organik. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Padjadjaran. Jatinangor
23. Sudarmaji, Haryono, Suhardi. 1989. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Penerbit Liberty Yogyakarta Bekerja Sama dengan Pusat Antar universitas Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
24. Thayib, Amar. 1989. *Petunjuk Praktikum Mikrobiologi Pengolahan*. Laboratorium Mikrobiologi Pengolahan Fakultas Teknologi Pertanian Institut Teknologi Indonesi: Serpong
25. Thenawijaya, Maggy. (1982). *Lehninger Dasar-dasar Biokimia Jilid 1*. Erlangga: Jakarta.
26. Thenawijaya, Maggy. (1982). *Lehninger Dasar-dasar Biokimia Jilid 2*. Erlangga: Jakarta.
27. Underwood. 1996. *Analisa Kimia Kuantatif*. Jakarta: Erlangga

PENGUJIAN BEBERAPA INDIKATOR MUTU SUSU KAMBING PERANAKAN ETAWA (*C. aegagrus*) SEGAR

Deyvie Xyzquolyna¹⁾, Tri Handayani¹⁾

¹⁾Fakultas Pertanian, Universitas Ichsan Gorontalo

Email: deyvie_xyz@yahoo.com

Abstract

Goat milk is one of the dairy products with high nutritional value. In Gorontalo, goat type Etawa can be found at Kelurahan Buliide. The process of quality testing of the goat milk is very important to do in an effort to avoid falsification of milk. This study is expected to be a reference for Etawa goat breeders in Kelurahan Buliide in handling, so that fresh milk produced eligible for further processing.

The method used is descriptive method comparing the results of the samples analysis with quality requirements from SNI. Sample will be analyzed the pH, total acid, moisture content, protein content, total dissolved solids and alcohol test. The result of analysis on fresh goat milk samples obtained pH about 6.26, total acid 0.67%, 78.43% moisture content, protein content of 2.54%, 21.57% total solids and negative alcohol test. The pH value and protein content of fresh goat's milk in this study was lower than the requirements according to SNI. Whereas the results of other analyzes such as moisture content, total solids and alcohol test already qualified according to SNI. Therefore necessary to be done several attempts to increase the of fresh Etawa goat milk at Kelurahan Buliide Gorontalo.

Keywords: *Fresh milk, total acid, alcohol test, protein content, Kelurahan Buliide*

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia populasi ternak kambing tersebar di pulau Sumatra dan Jawa yaitu sekitar 82,7%. Sedangkan kurang dari 20% tersebar di beberapa pulau, yaitu Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara, Maluku, Kalimantan dan Papua (Tawaf, 2011). Di Gorontalo, kambing jenis PE dapat dijumpai di Kelurahan Buliide Kecamatan Kota Barat. Peternak kambing PE umumnya memelihara rata-rata 2-6 ekor kambing PE jantan dan 2-8 kambing PE betina (Anonim, 2012).

Susu kambing merupakan bahan makanan yang bergizi tinggi karena mengandung zat-zat makanan yang lengkap dan seimbang seperti protein, lemak, karbohidrat, mineral dan vitamin yang sangat dibutuhkan oleh manusia. Susu kambing dikenal sebagai susu hipoalergenik dan terapeutik, karena mampu membantu penyembuhan alergi.

Salah satu penilaian yang penting terhadap kualitas susu segar adalah kualitas fisik. Nilai gizinya yang tinggi menyebabkan susu merupakan medium yang sangat disukai oleh

mikroorganisme untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sehingga dalam waktu yang sangat singkat susu menjadi tidak layak dikonsumsi bila tidak ditangani secara benar. Menurut Saleh (2004) dalam penanganan susu segar sangat dituntut keterampilan dalam hal penanganan kandang dan kamar air susu, pengaturan ransum ternak yang sedang laktasi, teknis pemerahan dan pasca panen.

Berdasarkan batasan/ standar codex (Milk Codex) pengujian mutu susu segar secara fisik maupun kimiawi sangat penting dilakukan. Pengujian mutu secara fisik meliputi pengujian warna, bau, rasa, berat jenis, uji alkohol dan lain-lain. Sedangkan pengujian mutu secara kimiawi meliputi uji kadar lemak dan protein yang terkandung dalam susu segar. Susu kambing PE yang dihasilkan oleh peternak di Kelurahan Buliide Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo belum dilakukan pengujian, sehingga belum diketahui apakah susu segar yang diperoleh memenuhi syarat untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Oleh karena itu perlu dilaksanakan penelitian tentang pengujian beberapa indikator mutu

secara fisik dan kimiawi susu segar yang dihasilkan.

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kualitas susu segar kambing peranakan Etawa di Kelurahan Buliide Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo dengan standar kualitas fisik susu segar yang menjadi acuan nasional atau SNI. Dengan demikian hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi masyarakat peternak kambing peranakan etawa di Kelurahan Buliide dalam melakukan penanganan, sebagai upaya menjaga dan meningkatkan mutu susu segar yang hasilnya dapat dijadikan produk susu olahan yang berkualitas dan bisa diterima konsumen.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Protein Susu Kambing

Protein susu terbagi menjadi dua kelompok utama yaitu casein yang dapat diendapkan oleh asam dan enzim renin, dan protein whey yang dapat mengalami denaturasi oleh panas pada suhu kira-kira 65°C. Casein adalah protein utama susu yang jumlahnya mencapai kira-kira 80% dari total protein. Casein terdapat dalam bentuk casein kalsium; senyawa kompleks dari kalsium fosfat dan terdapat dalam bentuk partikel-partikel kompleks koloid yang disebut micelles. Sedangkan protein whey adalah air sisa setelah lemak dan casein dihilangkan. Kira-kira 0,5- 0,7% dari bahan protein yang dapat larut tertinggal dalam whey yaitu protein-protein laktalbumin dan laktoglobulin (Buckle, dkk., 1989).

Menurut Haenlein (2004) protein yang terkandung pada susu kambing memiliki kesamaan dengan protein yang terdapat pada susu kambing yaitu α -, β -, κ -casein, β -lactoglobulin, α -lactalbumin, namun terdapat perbedaan pada jumlahnya. Kandungan asam amino pada susu kambing menunjukkan jumlah yang lebih tinggi dibandingkan dengan susu sapi untuk 6 jenis asam amino yaitu treonin, isoleusin, lisin, sistin, tirosin dan valin.

2.2 Sifat-sifat Fisik Susu Segar

2.2.1 pH

Adnan (1984) dan Buckle, dkk (2010), menyatakan bahwa pH susu berkisar antara 6,5– 6,7 dengan titik didih berdasarkan milk codex adalah 100,16°C. Soejoedono (1999) menyatakan bahwa pH normal susu segar dikarenakan adanya kasein, buffer, fosfat dan sitrat, secara terbatas karena adanya albumin,

globulin dan CO₂. Ditambahkan oleh Sugitha dan Djalil (2010), bahwa terjadinya kenaikan atau penurunan pH disebabkan oleh hasil konversi dari laktosa menjadi asam laktat oleh mikroorganisme dan aktivitas enzimatik. Hasil penelitian Syam (2006) yang menyatakan bahwa pH susu pasteurisasi sama dengan pH susu segar yaitu antara 6,6 – 6,8 dan umumnya susu pasteurisasi konstan selama penyimpanan sampai 24 jam pada penyimpanan 18–20°C.

2.2.2 Warna

Warna susu yang normal adalah putih sedikit kekuningan. Warna susu dapat bervariasi dari putih kekuningan hingga putih sedikit kebiruan. Warna putih sedikit kebiruan dapat tampak pada susu yang memiliki kadar lemak rendah atau pada susu skim. Warna putih dari susu diakibatkan oleh disperse yang merefleksikan sinar dari globula-globula lemak serta partikel-partikel koloid senyawa kasein dan kalsium fosfat. Warna kekuningan disebabkan karena pigmen karoten yang terlarut di dalam lemak susu. Karoten mempunyai keterkaitan dengan santofil yang banyak ditemukan dalam tanaman hijau.

2.2.3 Rasa dan Bau

Menurut Pereira, dkk (2010) susu segar memiliki rasa sedikit manis dan bau (aroma) yang khas. Rasa manis disebabkan adanya gula laktosa di dalam susu, meskipun sering dirasakan ada sedikit rasa asin yang disebabkan oleh klorida. Bau khas disebabkan oleh beberapa senyawa yang mempunyai aroma spesifik dan sebagian bersifat volatil. Oleh karena itu, beberapa jam setelah pemerahan atau setelah penyimpanan, aroma khas susu banyak berkurang.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2014, bertempat di Laboratorium Kimia Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah susu segar kambing peranakan etawa yang diperoleh dari peternak kambing yang ada di Kelurahan Buliide Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo. Bahan kimia yang digunakan untuk analisa susu segar antara lain aquadest, NaOH, HCl, Na₂CO₃, CuSO₄.5H₂O, BSA (Bovine

Serum Albumine), reagen Lowry, Folin Ciocalteu, katalisator untuk analisa protein kjeldahl ($K_2SO_4 : HgO = 20:1$), H_2SO_4 , $NaOH-Na_2S_2O_3$, asam borat 4% + BCG-MR (Bromo Cresol Green Metil Red). Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu gelas kimia, gelas ukur, corong gelas, laktodensimeter, pH meter, erlemeyer, pipet tetes, tabung reaksi, bunsen, biuret, penjepit, dan thermometer.

3.3 Analisis yang Dilakukan

1. Derajat Keasaman (pH)

Menyiapkan pH meter untuk menentukan pH susu. Bagian elektroda dibersihkan dengan aquades, sebelum digunakan di kalibrasi pada pH 7. Ujung elektroda pH meter dimasukkan pada susu dan hasilnya dicatat.

2. Total Asam

Menyiapkan buret dan tabung erlemeyer untuk menentukan % asam laktat dari susu. Buret diisi dengan larutan $NaOH$ 0,1 N sampai batas tertentu. Memasukkan susu sebanyak 10 ml ke dalam erlemeyer dan ditetesi 2-3 tetes indikator PP (phenolphthalein). Susu dititrasi secara perlahan dan dihentikan sampai terjadi perubahan warna merah muda pada susu. Total asam dihitung sebagai persen asam laktat dengan rumus sebagai berikut :

Asam Laktat (%) = $(Volume\ NaOH \times N\ NaOH \times (90/1000) \times 100) / Volume\ Sampel$

3. Kadar Air (AOAC, 1995)

5 ml sampel susu dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui bobot kosongnya, kemudian dimasukkan ke dalam oven dandikeringkan pada suhu $105^{\circ}C$ selama 24 jam. Lalu didinginkan dalam desikator dan ditimbang kembali. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Kadar air} = \frac{B1 - B2}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

B = berat sampel

B1 = berat (sampel + cawan) sebelum dikeringkan

B2 = berat (cawan + sampel) setelah dikeringkan

4. Kadar Protein (Sudarmadji, 2010)

Penentuan kadar Nitrogen (N) pada penelitian ini menggunakan metode Kjeldahl dengan tahap – tahap sebagai berikut:

a. Tahap Destruksi

- Sampel ditimbang dengan teliti sebanyak 1 gram yang telah dihaluskan, dilarutkan kemudian diencerkan dengan aquades sampel 100 ml.
- Diambil 10 ml dan dimasukkan 15 ml asam sulfat pekat (H_2SO_4), dan ditambahkan pula 5 g K_2SO_4 sebagai katalisator.
- Melakukan destruksi (sampel) sampai larutan menjadi jernih.
- Setelah larutan menjadi jernih dilanjutkan terus pendidihan selama 30 menit.
- Setelah 30 menit pendidihan dihentikan, dibiarkan beberapa saat sampai larutan di dalam labu menjadi dingin. Setelah dingin, dinding labu Kjeldahl dicuci dengan aquades. Kemudian dilanjutkan destruksi selama 30 menit lagi.
- Setelah 30 menit pemanasan dihentikan dan dibiarkan beberapa saat sampai larutan menjadi dingin. Kemudian setelah dingin, ditambahkan 100 ml aquades dan 25 ml $NaOH$ 10% serta 5 butiran zink.

b. Tahap Destilasi

- Destilasi dilakukan dengan cara destilat diambil sebanyak 75 ml dalam erlenmeyer yang berisi 25 ml larutan asam klorida (HCl) 0,1 N dan beberapa tetes indikator fenolftalein.
- Warna larutan dari jernih berubah menjadi warna biru kehijau- hijauan.

c. Tahap Titrasi

- Titrasi dilakukan dengan $NaOH$ 0,1 N sampai larutan berubah warna dari warna biru kehijau- hijauan menjadi warna merah muda dan tidak hilang selama 30 detik.
- Warna larutan tersebut menunjukkan bahwa tahap titrasi telah berakhir.
- Menghitung % N dalam contoh dengan menggunakan rumus berikut:

Jumlah N total = $[ml\ (blanko-sampel) \times N\ NaOH \times 14,008 \times f \times 100] / \text{berat sampel (mg)}$
Keterangan : f = faktor pengenceran

5. Total Padatan

Merupakan hasil perhitungan dari kadar air dengan menggunakan rumus:

Total padatan (%) = 100 % - Kadar air

6. Analisis Alkohol (Hadiwiyoto, 1994)

5 ml susu dicampur dengan alkohol 70% dengan jumlah yang sama kemudian dikocok. Jika terdapat endapan atau butiran pada susu, maka uji ini dinyatakan positif.

3.4 Rancangan Percobaan

Rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan deskriptif yaitu membandingkan hasil analisis sampel yang diperoleh dengan syarat mutu susu segar berdasarkan SNI. Analisis sampel akan dilakukan sebanyak 3 kali ulangan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian beberapa indikator mutu susu kambing peranakan etawa (*C. aegagrus*) dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Beberapa Indikator Mutu pada sampel Susu Segar

Parameter Pengamatan	Nilai Rata-rata Pengujian
pH	6,26
Total Asam (%)	0,67
Kadar air (%)	78,43
Kadar Protein (%)	2,54
Uji Alkohol 70% (kualitatif)	Negatif

4.1 Derajat Keasaman (pH)

Susu segar mempunyai pH sekitar 6,6–6,7 dan bila terjadi cukup banyak pengasaman oleh aktivitas bakteri, angka tersebut akan menurun secara nyata. Hal ini dapat disebabkan oleh aktivitas bufer fosfat, sitrat dan protein yang biasanya ada di dalam susu. Bila pH susu lebih dari 6,6 – 6,8 biasanya hal ini dianggap sebagai tanda adanya penyakit yang menyebabkan perubahan keseimbangan mineral di dalam susu (Buckle, dkk., 1987).

Pada Tabel 1 dapat dilihat nilai pH rata-rata pada penelitian ini adalah 6,26. Nilai ini lebih rendah dari syarat pH berdasarkan SNI yaitu berkisar antara 6,3– 6,8.

4.2 Total Asam

Nilai keasaman menunjukkan banyaknya jumlah asam yang ada di dalam susu dan sering dinyatakan sebagai total asam atau keasaman tertitrasi (*tirable acidity*). Nilai keasaman susu normal adalah berkisar antara 13–20 mmol/liter. Nilai ini setara dengan total asam (dihitung sebagai asam laktat) sebesar 0,12–0,33%.

Hasil analisa keasaman susu kambing segar pada penelitian ini sejalan dengan nilai pH yang cenderung rendah. Tingginya keasaman susu segar disebabkan karena sebagian laktosa akan diubah oleh mikroba menjadi asam laktat dan asam organik lain. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan analisa terhadap jumlah

mikroba awal yang terdapat pada susu segar saat pemerahan.

4.3 Kadar Air

Air merupakan medium dispersi bahan padat susu. Ada tiga status dispersi dalam susu, yaitu dispersi kasar, dispersi koloid, dispersi koloid, dan dispersi molekuler. Dispersi kasar mempunyai diameter partikel $>0,1\mu\text{m}$. Senyawa yang ada dalam dispersi kasar adalah lemak dan senyawa konjugatnya (posfolipid, vitamin A, D, E, K dan sterol). Dispersi koloid mempunyai diameter partikel $0,001 - 0,1\mu\text{m}$. Senyawa yang ada dalam dispersi koloid yaitu protein, enzim, garam dan mineral yang terikat pada misel kasein (Soeparno, 1992).

Tabel 1 menunjukkan rata-rata kadar air yang terdapat dalam susu kambing segar adalah 78,43%. Nilai kadar air dalam penelitian ini termasuk normal karena jumlah air dalam susu sekitar 86%. Susu yang banyak mengandung air dan sekaligus kaya akan zat gizi merupakan media yang baik bagi pertumbuhan mikroba. Di dalam setiap ml susu segar pada umumnya mengandung ratusan ribu hingga jutaan mikroba khususnya bakteri. Pada suhu kamar dan ruang terbuka, bakteri pembusuk didalam susu akan tumbuh dan berkembang sebanyak 8 kali setiap jam. Oleh sebab itu, susu segar yang dibiarkan atau tidak ditangani dengan baik akan cepat rusak/busuk dalam jangka waktu relatif singkat. Penelitian yang dilakukan Edelsten (1988) dan Van den Berg (1988) menyatakan kadar air pada susu kambing segar yang diteliti sebesar 85,2%.

4.4 Kadar Protein

Kadar protein dan komposisi asam amino yang terdapat pada susu segar ditentukan oleh perbedaan jenis, proses perkembangbiakan yang mempengaruhi tahap laktasi, pemberian pakan, iklim (Haenlein, 2001) dan frekuensi pemerahan.

Hasil analisis kadar protein pada penelitian ini rata-rata 2,54%. Bila dibandingkan dengan SNI, kadar protein susu kambing segar minimal 2,8%. Alasan sementara yang dapat dikemukakan bahwa, hal ini dapat disebabkan oleh nutrisi yang diberikan untuk kambing PE di Kelurahan Buliide Kecamatan Kota Barat Kota Gorontalo masih rendah. Faktor pakan terkait erat dengan jumlah dan jenis atau komposisi zat nutrisinya. Pemberian pakan

yang cukup sangat penting untuk mendapatkan produksi susu optimal. Kecukupan pakan tersebut perlu diimbangi komposisi nutrisi pakan yang memadai.

5.5 Total Padatan

Susu yang normal mengandung bahan padat sedikitnya 11,5% yang terdiri dari 8,25% bahan padat tanpa lemak dan 3,25% lemak serta bebas kolostrum. Bila bahan padat kurang dari 11,5% maka kemungkinan susu ditambah air atau diperoleh dari ternak yang tidak sehat. Adanya kolostrum tidak diikutsertakan dalam pemerahan susu. Kolostrum adalah sekresi awal pada saat induk melahirkan dan cairannya mempunyai kenampakan, komposisi dan sifat yang berbeda dengan susu. Kolostrum biasanya kental, berwarna sedikit kuning kemerahan, berbau tajam dan rasanya pahit.

Total padatan susu kambing peranakan etawa pada penelitian ini diperoleh dari mengurangi 100% dengan kadar air yang terkandung di dalam susu segar. Rata – rata total padatan pada sampel susu kambing PE segar yang diteliti adalah sebesar 21,57%. Berdasarkan SNI kadar total bahan padat atau *total solid* minimal 11% atau kadar BPTL (bahan padat tanpa lemak) 3,0%. Namun pada penelitian ini tidak dilakukan analisa BPTL. Bahan padat yang terdapat di dalam susu antara lain: protein, lemak, karbohidrat, vitamin dan mineral.

5.6 Analisis Alkohol

Prinsip uji alkohol dilakukan untuk mengetahui susu pecah dengan penambahan alkohol atau tidak. Prosedur uji alkohol yaitu dengan cara memasukkan 10 ml susu ke dalam tabung reaksi besar kemudian ditambahkan 10 ml alkohol 70% dan digojog pelan-pelan. Apabila terjadi endapan pada dinding tabung, maka uji dinyatakan positif.

Hasil analisis alkohol pada Tabel 1 menunjukkan negatif. Endapan yang terbentuk merupakan hasil koagulasi protein susu yang menunjukkan susu sudah mengalami proses kerusakan/ pembusukan. Koagulasi protein susu diawali dengan lemahnya ikatan misel-kasein karena adanya asam yang dihasilkan oleh bakteri yang tumbuh di dalam susu. Adanya penambahan alkohol 70% pada ikatan misel-kasein yang telah melemah

mengakibatkan terjadinya koagulasi protein susu khususnya kasein.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa nilai pH 6,26., total asam 0,67%, kadar air 78,43%, kadar protein 2,54%, total padatan 21,57% dan uji alkohol negatif

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Dikti yang telah membiayai penelitian ini dengan Hibah Penelitian Dosen Pemula Tahun Pelaksanaan 2014.

REFERENSI

- Adnan, N. 1984. *Kimia dan Teknologi Pengolahan Air Susu*. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Anonim. 2012. Dinas Perkebunan dan Peternakan Provinsi Gorontalo.
- AOAC. 1995. *Food and Drug Administration. Bacteriological Analytical Manual*. 8 th Edition. AOAC Internasional, USA
- Buckle, K, A.R. Edwards, G.H. Fleet and Wooton. 1987. *Ilmu Pangan*. Penerjemah Hari Purnomo dan Adiono. Universitas Indonesia Press.
- Edelsten, D. 1988. *Composition of Milk*. In *Meat Science, Milk Science and Technology*. H.R. Cross and A.J. Overby (Eds). Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam-Tokyo. P:174-199.
- Hadiwiyoto, S. 1994. *Tehnik Uji Mutu Susu dan Hasil Olahannya*. Liberty. Yogyakarta
- Haenlein, G. F. (2004). Goat milk in human nutrition. *Small Ruminant Research*, 51(2):155–163.
- Pereira, R. A. G., Oliveira, C. J.B., Medeiros, A.N., Costa, R.G. 2010. Physicochemical and Sensory Characteristics of Milk from Goats Supplemented with Castor or Licuri Oil. *J. Dairy Sci.* 93: 456-462
- Saleh, E. 2004. *Dasar Pengolahan Susu Dan Hasil Ikutan Ternak*. Fakultas Peternakan. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Soepamo, 1992. *Prinsip Kimia dan Teknologi Susu*. Pusat Antar Universitas Pangan

- dan Gizi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sudarmadji, S. 2010. *Analisa Bahan Makanan dan Pertanian*. Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sugitha dan Djalil. 2010. Susu. <http://www.scribd.com/doc/60125528/susu>. Diakses 17 November 2013.
- Syam, S. J. 2006. *Daya Tahan Susu Pasterurisasi dalam Suhu Kamar*. Skripsi. Fakultas Peternakan. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Tawaf. 2011. *Sifat Fisik dan Kimia Susu Segar*. Fakultas Peternakan. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Van den Berg, J.C.T. 1988. *Dairy Technology in The Tropics and Subtropics*. PUDOC, Wageningen.

BAGIAN 2
BIDANG SAINS

PEMBUATAN KATALIS MODIFIKASI Cu/BATU APUNG UNTUK MENDUKUNG REAKSI KONVERSI 3-METIL-1-BUTANOL

Mardjan Paputungan¹⁾, Rakhmawaty Ahmad Asui²⁾

¹Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: marpa@ung.ac.id

²Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: rakhma_asui@ung.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi batu apung menggunakan doping logam Cu secara impregnasi sehingga dihasilkan suatu katalis Cu/Batu Apung aktif yang mampu meningkatkan selektivitas, stabilitas dan aktivitasnya dalam mengkonversi reaksi 3-metil-1-butanol. Untuk mencapai tujuan tersebut, dilakukan beberapa tahapan. Tahapan pertama adalah preparasi Batu Apung menjadi pelet dan diaktivasi pada suhu 500 °C. Aktivasi ini bertujuan untuk membentuk oksida logam serta meningkatkan kemurniannya. Selanjutnya dianalisis komponen logam-logam dalam katalis Batu Apung (BA) aktif ini menggunakan instrumen Micro Plasma-AES 4100. Setelah dianalisis, komponen logam tertinggi adalah 904 ppm aluminium dan 45.82 ppm Stronsium, sedangkan konsentrasi logam lainnya dibawah 21 ppm. SEM-EDS memperlihatkan katalis ini memiliki distribusi polidispersi yang belum homogen tetapi memiliki pori dan ratio massa logam yang tinggi yaitu Al 6.78%, Si 24.62% dan Fe 4.66% massa, katalis ini masih memiliki komponen karbon dan oksigen tinggi yaitu 17.06% dan O 3853% massa. Tahapan kedua dari penelitian ini adalah doping logam Cu ke dalam katalis batu apung dengan metode impregnasi dan diaktivasi pada suhu 500 °C. Karakterisasi SEM-EDS memperlihatkan katalis ini memiliki distribusi partikel monodispersi, memiliki lapisan padat, homogen serta pori tinggi. Ratio massa logam meningkat 6.83%, 24.22%, Fe 5.30% dan Cu 3.10% massa, dengan menurunnya C 14.03% massa.

Kata Kunci : Modifikasi Cu/BatuApung, Karakterisasi, SEM-EDS, impregnasi, konversi

Abstract

This study aims to pumice modify using the impregnation of Cu doping catalyst Cu/BA active which can increase selectivity, stability and activity in the reaction converts 3-methyl-1-butanol. To achieve these objectives, carried out several stages. The first stage is preparation pumice into pellets and activated at 500 °C. Activation aims to form metal oxide and increase purity. Then analyzed the component metals in the catalyst Pumice (BA) is actively using instrument Micro Plasma-AES 4100. After analyzed, the highest metal components are 904 ppm aluminium and 45.82 ppm strontium, while the other metal concentrations below 21 ppm. SEM-EDS showed this catalyst has not yet homogeneous distribution polidispersi but has pores and high metal mass ratio is Al 6.78%, Si 24.62% and Fe 4.66% mass, this catalyst still high component of the carbon 17.06% and oxygen O 3853 % mass. The second stage of this research is doping Cu into pumice catalyst with impregnation method and activated at 500 °C. SEM-EDS showed this catalyst has particle distribution monodispersi, has a layer of dense, homogeneous and high pore. Metal mass ratio increased Al 6.83%, Si 24.22%, Fe 5.30% and Cu 3.10% mass, with decreasing C 14.03% mass.

Keywords: Modified Cu /pumice, characterization, SEM-EDS, impregnation, conversi

1. PENDAHULUAN

Seiring menipisnya ketersediaan bahan bakar minyak bumi di Indonesia akhir-

akhir ini dan semakin tingginya harga bahan bakar dunia, merupakan bukti bahwa dunia dewasa ini sedang dilanda krisis energi

(ketersediaan sumber energi konvensional semakin terbatas).

Untuk mengatasi masalah di atas harus ada sumber energi alternatifnya. Salah satu upaya yang dilakukan adalah mengkonversi minyak fusel menjadi bahan bakar alternatif. Minyak fusel adalah produk samping dari pabrik gula tebu dengan komponen terbesarnya adalah 3-metil-1-butanol, atau isoamil alkohol (Tjipta Surasa, 1991). Untuk mendukung terjadinya reaksi konversi dimaksud, maka dilakukan penggunaan katalis modifikasi Pt/Batu Apung.

Alasan lain juga bahwa 3-metil-1-butanol adalah salah satu komponen minyak fusel yang dihasilkan dari pabrik gula seperti yang ada di Pabrik Gula Tolangohula Provinsi Gorontalo. 3-metil-1-butanol atau isoamil alkohol ini merupakan limbah pengolahan tebu dari pabrik gula. Berlimpahnya kandungan minyak fusel ini setiap tahun memberi inspirasi kepada penulis untuk mengubahnya menjadi sumber bahan bakar alternatif melalui reaksi konversi yang dibantu oleh katalis heterogen seperti batu apung yang disuport dengan logam tembaga (Cu).

2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Sifat pori dari batu apung dan situs aktif asam hasil modifikasi diharapkan mempengaruhi unjuk kerja katalis terhadap reaksi konversi 3-metil-1-butanol. Babu, dkk (1997), melaporkan konversi 3-metil-1-butanol dengan katalis asam (reaksi bergantung pada pusat asam) HZSM-5 adalah sebesar 87,5 %; Sigit (1999), mengkonversi 3-metil-1-butanol dengan katalis Pt/zeolit (0,5 % Pt) dengan hasil sebesar 19,3 % pada 400 °C. Sigit (1999) menduga produk-produk hasil konversi 3-metil-1-butanol menggunakan katalis Pt/Zeolit, melalui metoda analisis spektramassa adalah; 3-metil-1-butena, aseton, 2-metil-2-butena dan 3-metilbutanal. Mardjan (2000), telah mempelajari reaksi katalis Pt/Zeolit (0,25 % Pt) terhadap reaksi 3-metil-1-butanol dengan hasil konversi 11,31 %. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil reaksi konversi 3-metil-1-butanol masih rendah diantaranya; kandungan logam (Pt), Sifat adsorpsi logam pada permukaan pengemban dan kondisi reaksi.

Kurang optimalnya kerja katalis dalam mendukung reaksi konversi 3-metil-1-butanol tersebut merupakan suatu masalah yang menarik untuk dikaji. Diantaranya adalah kontribusi jenis dan luas pori yang dihasilkan pada saat modifikasi katalis, serta optimasi temperatur reaksi untuk terjadinya reaksi.

Mardjan (2003), melaporkan hasil karakterisasi katalis batuan aktif Gorontalo diantaranya memiliki sifat ukuran pori yakni mikropori 23,98 %, mesopori 31,39 % dan makropori 44,63 % dengan sifat keasaman berkisar 3,116 sampai 3,5. Selanjutnya Mardjan (2009), telah melaporkan hasil karakterisasi katalis batuan aktif alam Gorontalo yang disuport dengan logam Pd memiliki sifat keasaman 0,2935 dan luas muka 425 m²/gr.

Dari berbagai laporan di atas, belum ada data mengenai karakteristik pori katalis yang memadai untuk terjadinya penjerapan umpan (reaktan) dalam katalis secara maksimal. Idealnya luas pori katalis berukuran > 600 m²/gr katalis dan terdapat situs aktif yang banyak pada permukaannya untuk mendukung reaksi konversi pada suhu tinggi.

3. METODE PENELITIAN

Sampel penelitian ini adalah Batu Apung yang diambil dari Buol Toli-toli. Sampel ini dibuat menjadi serbuk sampai ukuran 80 Mesh. Alat utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pelet yang digunakan untuk membuat pelet, untuk memudahkan pengukuran sampel pada instrumen. Karakterisasi katalis berupa *Micro Plasma-AES 4100* dan *SEM-EDS*. Tujuannya untuk melihat komposisi logam dan profil permukaan katalis.

A. Penentuan komponen mineral berupa logam Mg, Ca, Cr, Mn dan Fe dalam batu apung melalui alat *Micro Plasma AES 4100*.

- a. Penyiapan larutan standar masing-masing logam semesta tersedia dalam mikroplasma, kecuali logam Fe harus disediakan larutan stadanya.
 - Membuat larutan induk, masing-masing ditimbang 1 gram dilarutkan dalam aquades sampai 1 liter

- Masing-masing larutan standar induk ini dibuat 0,1 ; 0,3 ; 0,5 ; 0,7 ; 0,9 ppm dengan mengencerkan larutan induk.
 - Larutan standar tersebut di analisa dengan MP-AES mendapatkan grafik standar masing-masing logam Mg, Ca, Cr, Mn dan Fe (ada 16 standar dalam alat instrumen MP AES 4100)
- b. Pembuatan larutan kerja (sampel) 100 mL
- Batu apung dihaluskan (digerus) sampai melewati ayakan 80 mesh melalui alat shacker.
 - Ditimbang 1 gram batu apung (80 mesh), dilarutkan dalam HNO₃ pekat sampai larut sempurna. Larutan tersebut diencerkan dengan aquades sampai 100 mL larutan..
- c. Dari larutan kerja (sampel), diambil 10 mL dan diencerkan sampai 1 L dan selanjutnya dianalisa kandungan logam seperti Mg, Ca, Cr, Mn dan Fe dengan alat *MP-AES 4100*.

B. Pembuatan Pelet Batu Apung Aktif

- a. Pembuatan pelet Batu Apung
- Dari batu apung yang sudah dihaluskan sampai 80 mesh, selanjutnya ditambahkan dekstrin 1 %, dan diaduk sampai rata.
 - Campuran ini siap dibentuk menjadi pelet melalui alat pencetak pelet yang diberi ukuran lubang silinder berdiameter 0,5 cm. Tekanan yang diberikan untuk membuat pelet ini relatif konstan kira-kira 2 kN.
 - Pelet Batu Apung tersebut selanjutnya dikeringkan selama beberapa jam dan dilanjutkan dengan kalsinasi dalam furnace pada 600 °C selama 4 jam (aktivasi katalis pertama). BA-Aktif.
 - Dilakukan prosedur yang sama untuk batuan zeolit Jawa sebagai pembanding. (Z-aktif).
 - Pada pengukuran awal komposisi logam semi logam dalam batu apung melalui MP-AES 4100
- b. Modifikasi Katalis Batu Apung dengan logam Cu.
- Dalam penerapan impregnasi logam Cu ke dalam pelet Batu Apung, **pertama**,

dilakukan pembuatan larutan CuCl₂ ke dalam larutan HCL sebagai prekursornya sampai volume larutan mencapai 250 mL. **Kedua**, dilakukan perendaman pelet Batu Apung aktif ke dalam larutan CuCl₂ selama 18 – 20 jam sambil diaduk menggunakan pengaduk magnet jika perlu. Setelah direndam pelet tersebut kemudian dikeringkan pada suhu kamar dilanjutkan dengan pengeringan pada oven sekitar 200 °C. **Ketiga**, adalah kalsinasi pelet Cu/Batu Apung pada suhu 500 °C dalam furnace. Langkah pertama, kedua dan ketiga dilakukan juga terhadap zeolit pembanding.

C. Karakterisasi Katalis Cu/Batu Apung

- a. Penentuan morfologi komponen penyusun batu apung dimodifikasi dengan logam tembaga menggunakan instrumen Micro Plasma-AES 4100
- b. Uji sebaran logam tembaga pada kristal batu apung melalui SEM

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Sebagai tahapan awal dalam penelitian ini, telah diuji komposisi kandungan dari batu apung yang berasal dari Buol Toli-Toli (tempat sampel). Dari hasil pengukuran dengan alat MP- AES 4100, diperoleh komposisi logam dan semi logam dalam Batu Apung seperti dalam Tabel 1 berikut ini.

Tabel 4.1 Komposisi Kandungan Logam dan semi logam BatuApung Buol (BA-B) Hasil Analisis Instrumen MP-AES 4100

Sampel	ppm Ba	ppm Al	ppm Fe	ppm Cu	ppm K	ppm Sr	ppm Mn
BA	5.07	904	20.29	13.78	13.28	45.82	14.32

Dari data pada Tabel 1 di atas, terlihat bahwa tingginya kadar Al dalam batu apung. Hal ini dapat dipahami bahwa hasil analisis instrumen MP- AES 4100 hanya menguji kadar logam saja, sedangkan semi logam berupa Si tidak terukur.

Tabel 4.2 Komposisi Kimia BA-Aktif dan Cu/Ba aktif Hasil Analisis Instrumen SEM (EDS-BA Aktif)

% Massa Logam	Katalis	
	BA	Cu/BA

C	17.06	14.03
O	38.53	38.82
Na	2.77	2.48
Al	6.78	6.83
Si	24.62	24.22
K	1.53	1.60
Ca	3.21	2.80
Fe	4.66	5.30
Cu	0.00	3.10

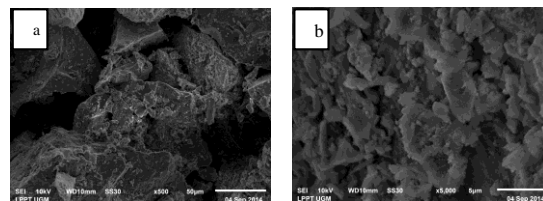
B. Pembahasan

Berdasarkan data komposisi baik logam dan semi logam sebagai informasi awal Batu Apung berasal dari Buol Toli-Toli, dapat memberi petunjuk pengerjaan selanjutnya yakni aktivasi diawali dengan perendaman batu apung ke dalam larutan asam kuat. Sedangkan kesulitan yang muncul adalah terlalu tingginya kandungan Silikon (21,99 – 23,66) % massa dan ini akan bertambah lagi persentasenya ketika melalui perendaman asam. Namun demikian dapat dikatakan disini bahwa ratio Si/Al sangat tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa material dimaksud sangat baik untuk katalis konversi yang katalis yang bekerja pada suhu tinggi untuk melakukan pemutusan ikatan substrat dan pembentukan senyawa baru.

Analisis Sampel Menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)

Katalis Batu Apung dan Cu/Batu apung dianalisis distribusi sebaran partikelnya menggunakan alat *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Alat ini memiliki kelebihan mampu menggambarkan profil permukaan katalis, sehingga ukuran rata-rata partikelnya, bentuk partikelnya, berapa persen partikel yang ukurannya antara satu nilai diameter ke nilai diameter lainnya dapat diketahui. Informasi-informasi inilah sangat penting karena ketika ukuran partikelnya dalam orde nanometer, maka sifat partikelnya ini akan ditentukan oleh ukuran serta distribusi ukurannya (Abdullah M, 2009)

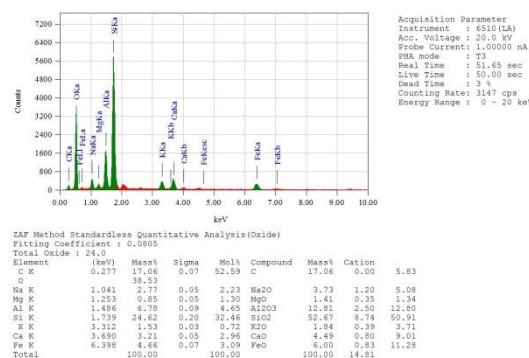
Katalis Batu Apung (BA) aktif, pada perbesaran foto 5000x teramati permukaannya belum homogen. Sebaran partikelnya tidak homogen dan membentuk partikel polidispersi. Profil permukaan katalis BA-aktif ini diperlihatkan pada Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Profil permukaan katalis BA-Aktif; (a) perbesaran 500x; (b) perbesaran 5000x

Pada Gambar 4.1 secara umum teramati partikel pada katalis BA-aktif tidak beraturan, tetapi memiliki pori. Katalis ini memiliki partikel skala micrometer, dengan bentuk partikelnya rata-rata arah horizontal. Untuk memastikan ukuran partikelnya dapat menggunakan aplikasi paint, MS Excel dan OriginLab. Dengan aplikasi ini dapat dihitung rata-rata tabulasi ukuran partikelnya juga dapat dihitung rata-rata luas penampang dan diameter partikel.

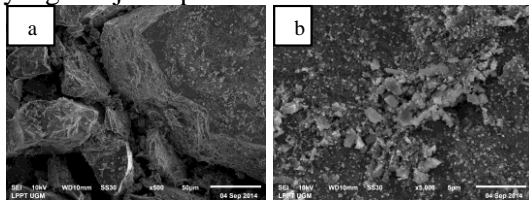
Perbandingan ratio persen massa oksida logam yang terbentuk pada katalis BA aktif dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.



Gambar 4.2 Perbandingan ratio persen massa logam oksida pada katalis BA aktif

Pada Gambar 4.2 teramati perbandingan ratio logam Silikon dan Aluminium lebih tinggi yaitu 24.62% massa dan 6.78% massa, tetapi masih mengandung karbon sebesar 17.06% massa. Diharapkan dengan penambahan logam Cu sebagai pusat aktif dapat menurunkan konsentrasi karbon pada katalis ini, karena mampu mengurangi selektivitas dan aktivitas katalis. Perbandingan % massa pada katalis mengindikasikan bahwa katalis ini memiliki intensitas yang baik tetapi masih memerlukan doping logam lain seperti Cu untuk memperbaiki kemampuan aktivitas katalis ini. Katalis Batu Apung yang di doping dengan tembaga (Cu/BA) aktif, diamati profil permukaannya menggunakan SEM dengan

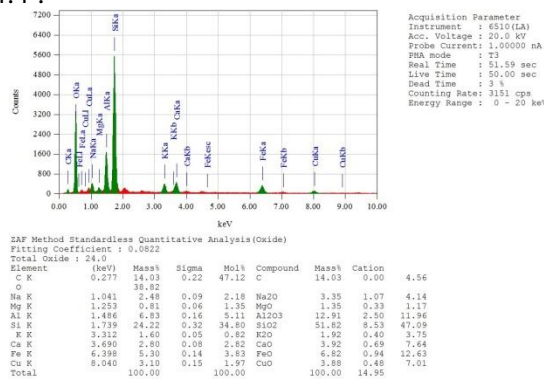
perbesaran yang sama yaitu 500x dan 5000x, yang disajikan pada Gambar 4.3 berikut :



Gambar 4.3 Profil permukaan katalis Cu/BA-Aktif; (a) perbesaran 500x; (b) perbesaran 5000x

Pada Gambar 4.3a modifikasi katalis dengan Cu memberikan katalis yang padat dan membentuk lapisan-lapisan tertentu yang seragam. Kondisi katalis modifikasi ini diharapkan meningkatkan konsentrasi logam Si dan menurunkan konsentrasi karbon dan oksigen. Masuknya logam Cu dalam katalis Batu Apung aktif diharapkan meningkatkan kemampuan batu apung dalam mengkonversi metanol.

Perbesaran 5000x pada Gambar 4.3b memberikan banyak informasi profil permukaan katalis Cu/BA aktif, teramati sebaran partikelnya homogen dan memiliki hampir seragam ukuran partikel (monodispersi). Distribusi logam-logamnya lebih baik dibandingkan dengan katalis BA aktif. Data ini dapat didukung dengan dianalisis lebih lanjut menggunakan pengukuran difraksi sinar-X, untuk memastikan intensitas senyawa logam-logam oksida yang terbentuk dan kristalinitasnya. Namun pengukuran SEM telah menunjukkan data yang signifikan memperkuat hasil analisis diatas. Berikut perbandingan ratio persen massa oksida logam yang terbentuk pada katalis Cu/BA aktif dapat dilihat pada Gambar 4.4 :



Gambar 4.4 Perbandingan ratio persen massa logam oksida pada katalis Cu/BA aktif

Pada Gambar 4.4 perbandingan ratio karbon menurun 14% massa, dan meningkatkan logam, seperti Si 24.22% massa dan Al 6.83% massa setelah di impreg logam Cu ke permukaan katalis dengan perbandingan ratio Cu 3.10%. Terbentuknya situs aktif ini mampu menggeser kesetimbangan gugus karbon dan logam oksida lainnya (Wu dkk 2009). Hal ini dapat diamati pada foto SEM perbesaran 5000x (Gambar 4.3b) distribusi partikelnya lebih homogen dan membentuk monodispersi yang baik dengan pori tinggi. Kondisi katalis ini diharapkan akan meningkatkan selektivitas, stabilitas, dan aktivitas katalis Cu/BA aktif dalam mengkonversi reaksi 3-metil-1-butanol.

5. KESIMPULAN

Batu Apung yang berasal dari Buol Toli-Toli mengandung komposisi logam dan logam berupa C, O, Fe, Ca, Mg, Si, Al, K, dan Na dengan komposisi non logam masih mendominasi % massa totalnya. Hasil karakterisasi menunjukkan Ratio Si dan Al sangat tinggi yakni 24.22% dan 6.83% massa dan logam Cu terimpregnasi sekitar 3,10 % massa.

Dengan demikian katalis modifikasi Cu-BA aktif dapat diusulkan menjadi katalis reaksi konversi 3-metil-1-butanol.

6. REFERENSI

1. Atkins, P.W., 1985, *Physical Chemistry* Third Ed, W.H., Freeman and Company New York
2. Augustin, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis For Chemis*, Marcel Dekker Inc, New York
3. Babu, G.P., Murty, R.J., Krisman, V., 1977, *Conversion of Isoamil alcohol Over Acid Catalysis : Reavction Dependence on Natural of Active Center*, Journal Of Catalysis, 166:111-114.
4. Bowker, M. (1998), *The Basic and Applications of Heterogeneous Catalysis*, Oxford University Press Inc, New York.
5. Chambell, I.M., 1988, *Catalyst at Surface*, Chapman and Hall Ltd, London
6. Gates, B.C., 1979, *Chemistry of Catalytic Propertis*, Mc-Graw Hill Boo Company, New York
7. Losell, S., and Shield, Joan, E., 1984, *Power Surface Area and Porosity*, Second Edition, Chapman and Hall Ltd, New York.
8. Mardjan, P., 2003, *Karakteristik Batuan Aktif Gorontalo* (Laporan penelitian), FMIPA IKIP Negeri Gorontalo.
9. Mardjan, P., 2006, *Karakterisasi Katalis Pt/Zeolit dan Pt/Asbes Serta Uji aktivitasnya Terhadap Campuran 3-metil-1-butanol, Etanol dan Air* Jurnal Entropi ISSN 1907-1965, Volume 1 Februari 2006 hal. 45 – 53.
10. Mardjan, P., 2009, *Laporan Hasil Penelitian, Karakterisasi Katalis Modifikasi Pd/Batuan Aktif Gorontalo.*, Tidak dipublikasikan.
11. Abdullah, Mikrajuddin. (2009), *Pengantar Nanosains*. Penerbit ITB, Bandung, 137-138
12. Ridwan, Agus Supriadi. At al., 2009, *Makalah Bahan Galian Batu Apung (pumice)*. (online). [http://www.scribd.com/doc/33920004 / Batu-Apung](http://www.scribd.com/doc/33920004/Batu-Apung) diakses 1 Maret 2012.
13. Sigit, P., 1999, *Optimasi dan Studi Kinetika Konversi 3-metil-1-butanol Menggunakan katalis Pt/zeolit alam*, Tesis UGM, Yogyakarta.
14. Sutarti, M., dan Minta, R., 1994, *Zeolit : Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasidan Informasi Ilmiah LIPI
15. Tjiptasurasa., 1991, *Komponen Minyak Fusel Indonesia, Isolasi dan Oksidasinya, Sintesis dan Evaluasi Farmakokimia Beberapa Senyawa Turunannya*, *DisertaseS-3* Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
16. Wu, G.S., Mao, D.S., Lu, G. Z., Cao, Y., Fan, K. N. (2009), *The Role of the Promoters in Cu Based Catalysts for Methanol Steam Reforming*, *Catalysis Letters*, **130**, 177-184

MISTERI GAGALNYA CHAOS: BARISAN HINGGA BIFURKASI PERIOD-DOUBLING PADA SISTEM INTERAKSI NONLINEAR SEPASANG OSILATOR

Hasan S. Panigoro¹⁾

¹⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: hspanigoro@ung.ac.id

Abstract

In this manuscript, a dynamical system of coupled nonlinear oscillators having the frequencies with ratio 1: ε , is studied. We assume that the nonlinearity is quadratic norm preserving. Using the averaging method, we constructed the normal form. In particular, we are interested on the existence of a number of period-doubling bifurcations in an open set of parameter values.

Keywords: Averaging Method, Normal Form, Periodic Solution, Period-Doubling Bifurcation

1. PENDAHULUAN

Pada tahun 2002, Crommelin [2] memodelkan permasalahan iklim yang memiliki properti unik, yaitu memiliki bagian nonlinear kuadratik namun meminimumkan energi. Pemodelan ini dikenal dengan nama *Ultra-Low Frequency Variability (ULFV)*, yang merepresentasikan suatu sistem osilator nonlinear berpasangan dengan interaksi berupa pola aliran di atmosfer (aliran udara, panas dan lainnya) dengan komponen yang lebih lambat pada sistem cuaca (laut, lautan es, dan lainnya) dalam jangka waktu yang lama.

Interaksi kedua dinamik tersebut terjadi di permukaan laut. Selain terjadi perpindahan air melalui penguapan dan hujan, pada permukaan laut juga terjadi interaksi momentum dari atmosfer dengan momentum dari lautan. Unsur-unsur yang mempengaruhi interaksi ini adalah tekanan permukaan, suhu dan uap air pada suatu lapisan di atmosfer, dan komponen-komponen dengan laju horizontal pada lapisan tersebut. Parameter yang digunakan pada model ini menggambarkan pengaruh dari beberapa proses, diantaranya konveksi, proses kimiawi di permukaan tanah, bentuk awan yang menutupi suatu wilayah tertentu, radiasi sinar matahari dan lainnya yang terjadi secara lambat. Fenomena cuaca yang terjadi secara cepat seperti badai yang terjadi secara tiba-tiba diabaikan pada kasus ini.

Pada tahun 2003 dan 2004, Tuwankotta [6] [7] melakukan penelitian yang termotivasi oleh sistem ULFV yang dimodelkan oleh Crommelin [2]. Sistem ini memiliki sifat

geometridan frekuensi yang sama dengan Crommelin, dengan perbandingan frekuensi 1: ε .

$$\dot{x} = (A + \varepsilon B)x + \varepsilon F(x) \quad (1.1)$$

dengan $x := (x_1, x_2, x_3, x_4) \in \mathbb{R}^4$ dengan nilai eigen dari A adalah $\lambda_{1,2} = \varepsilon\mu_1 \pm i$ dan $\lambda_{3,4} = \varepsilon\mu_2 \pm i\varepsilon\omega$. Bentuk normal dari sistem (1.1) yang dibahas pada paper ini.

Diperlihatkan di Tuwankotta [7] bahwa bentuk normal sistem (1.1) didapatkan dengan metode perataan, dimana metode ini menghasilkan dimensi ruang fase dan ruang parameter yang lebih sederhana. Metode ini menjamin bahwa solusi yang diperoleh dari bentuk normalnya akan berdekatan dengan solusi sistem awal dalam waktu yang panjang.

Hasil utama yang diperlihatkan pada paper ini adalah munculnya barisan bifurkasi *period-doubling*. Munculnya barisan bifurkasi ini di mulai dari kontinuitas titik ekuilibrium tak trivial pada sistem dengan variasi parameter. Kontinuitas ini memperlihatkan ada bifurkasi *hopf* disertai munculnya solusi periodik berupa *limit cycle*. Selanjutnya solusi periodik tersebut di kontinuitas dengan variasi parameter dan memperlihatkan munculnya barisan bifurkasi *period-doubling*.

Hal yang menarik yaitu barisan bifurkasi *period-doubling* yang terbentuk ternyata merupakan barisan hingga dan pada akhirnya teridentifikasi penyebab barisan tersebut menjadi barisan hingga. Hal ini menjawab gagalnya dinamik *chaos* pada sistem karena tidak mungkin barisan hingga tersebut

menjadi barisan tak hingga bifurkasi *period-doubling*.

2. FORMULASI MASALAH

Pandang sistem persamaan diferensial di \mathbb{R}^3 berikut:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= \delta x r + \varepsilon \kappa_1 r, \\ \dot{x} &= \Omega(x, y) y - \delta r^2 - \varepsilon \kappa_2 x, \\ \dot{y} &= -\Omega(x, y) x - \varepsilon \kappa_2 y, \end{aligned} \quad (1.2)$$

dimana:

$\Omega(x, y) = \omega + \alpha x + \beta y$, dan $0 < \varepsilon \ll 1$ adalah parameter perturbasi.

Misalkan terdapat fungsi $G : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}^3$ didefinisikan oleh:

$$G(\xi) = \begin{bmatrix} \delta x r \\ \Omega(x, y) y - \delta r^2 \\ -\Omega(x, y) x \end{bmatrix} \quad (1.3)$$

dimana $\xi = (r, x, y)^T$, dan $\Omega(x, y) = \omega + \alpha x + \beta y$. Didefinisikan juga fungsi $S : \mathbb{R}^3 \rightarrow \mathbb{R}$ yaitu:

$$S(\xi) = r^2 + x^2 + y^2. \quad (1.4)$$

Kemudian kita definisikan:

$$S(R) := \{\xi | r^2 + x^2 + y^2 = R^2, R \geq 0\},$$

dengan kurva ketinggian $S(\xi) = R^2$. Perhatikan bahwa $\xi \cdot G(\xi) = 0$ sehingga sifat mempertahankan jarak yang dimiliki sistem (1.1) tetap ada setelah penormalan. Dari sifat ini berakibat $\frac{dS}{dt} = 0$ sepanjang solusi dari $\dot{\xi} = G(\xi)$. Ini berarti medan vektor G senantiasa tangensial pada permukaan bola $S(\xi)$. Pada Tuwankotta [7] diperlihatkan bahwa sistem (1.3) memiliki beberapa sifat simetri. Salah satunya yaitu dinamik untuk $r > 0$ sama dengan dinamik untuk $r < 0$ sehingga ruang fase dari sistem (1.2) dapat direduksi menjadi $\mathcal{D} := \{r \geq 0 | r \in \mathbb{R}\}$. Sifat simetri juga mereduksi nilai dari β , sehingga dapat dipilih $\beta < 0$. Selain itu diasumsikan bahwa $\alpha, \delta \neq 0, \omega > 0$, dan $\kappa_1 \kappa_2 > 0$.

3. METODE PENELITIAN

Dalam mengidentifikasi bifurkasi yang terjadi dilakukan secara numerik menggunakan software komputasi numerik *Auto-07*. Adapun langkah-langkah yang dilakukan yaitu:

1. Identifikasi titik ekuilibrium.
2. Analisis kestabilan titik ekuilibrium.
3. Identifikasi bifurkasi dengan kontinuitas titik ekuilibrium dengan variasi satu parameter.
4. Identifikasi kurva bifurkasi jika berhasil mengidentifikasi bifurkasi yang terjadi.
5. Kontinuitas solusi periodik jika mendapatkan solusi periodik atau berhasil mengidentifikasi bifurkasi *hopf* (karena bifurkasi *hopf* selalu disertai munculnya *limit cycle*).
6. Analisis hubungan antara seluruh hasil kontinuitas yang didapatkan.
7. Simulasi terhadap dinamik dari seluruh tahap sebelumnya yang dapat membantu menjelaskan hasil yang didapatkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Titik Ekuilibrium

Ketika sistem terperturbasi ($\varepsilon \neq 0$), sistem menjadi:

$$\begin{aligned} \dot{r} &= \delta x r + \varepsilon \kappa_1 r, \\ \dot{x} &= \Omega(x, y) y - \delta r^2 - \varepsilon \kappa_2 x, \\ \dot{y} &= -\Omega(x, y) x - \varepsilon \kappa_2 y, \end{aligned} \quad (4.1)$$

dimana:

$\Omega(x, y) = \omega + \alpha x + \beta y$, dan $0 < \varepsilon \ll 1$. Dengan mudah kita identifikasi bahwa ada titik ekuilibrium trivial $(\bar{r}, \bar{x}, \bar{y}) = (0, 0, 0)$ pada sistem (4.1). Dengan proses aljabar sederhana, dapat pula diidentifikasi titik ekuilibrium tak trivial $(\bar{r}, \bar{x}, \bar{y}) = (r_0, x_0, y_0)$, dimana:

$$\begin{aligned} r_0 &= \sqrt{\frac{(\varepsilon^2(\beta\kappa_1 - \delta\kappa_2)^2 + (\varepsilon\alpha\kappa_1 - \delta\omega)^2)\kappa_1\kappa_2}{((\beta\kappa_1 - \delta\kappa_2)\delta)^2}}, \\ x_0 &= -\varepsilon \frac{\kappa_1}{\delta}, \\ y_0 &= \frac{(\varepsilon\alpha\kappa_1 - \delta\omega)\kappa_1}{(\beta\kappa_1 - \delta\kappa_2)\delta}, \end{aligned} \quad (4.2)$$

Ekuilibrium tak trivial ini ada apabila $(\beta\kappa_1 - \delta\kappa_2)\delta \neq 0$ dan $\delta \neq 0$.

Dari persamaan (4.1) maka:

$$J(\bar{r}, \bar{x}, \bar{y}) = \begin{bmatrix} \varepsilon\kappa_1 + \delta\bar{x} & \delta\bar{r} & 0 \\ -2\delta\bar{r} & -\varepsilon\kappa_2 + \alpha\bar{y} & \omega + \alpha\bar{x} + 2\beta\bar{y} \\ 0 & -(\omega + 2\alpha\bar{x} + \beta\bar{y}) & -(\beta\bar{x} + \varepsilon\kappa_2) \end{bmatrix}$$

Sehingga titik ekuilibrium trivial akan memberikan nilai eigen $\varepsilon\kappa_1$, dan $-\varepsilon\kappa_2 \pm \omega i$. Akibat asumsi $\kappa_1\kappa_2 > 0$, maka ada dua kasus yaitu:

1. $\kappa_1 > 0$, dan $\kappa_2 > 0$, dan
2. $\kappa_1 < 0$, dan $\kappa_2 < 0$,

dimana untuk kedua kasus sama-sama akan mengakibatkan titik ekuilibrium trivial adalah titik ekuilibrium tipe *saddle*.

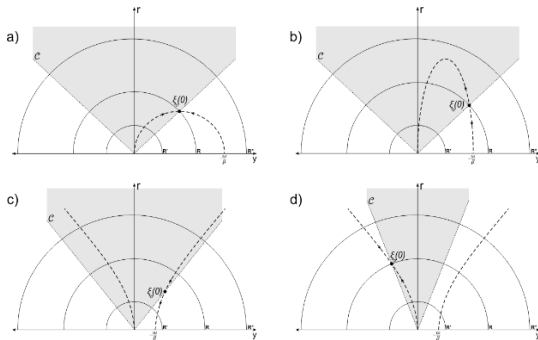
Pandang fungsi:

$$\mathcal{S}(\xi) = r^2 + x^2 + y^2.$$

Dengan menerapkan fungsi tersebut ke sistem (4.1), diperoleh:

$$\dot{\mathcal{S}} = 2\varepsilon(\kappa_1 r^2 - \kappa_2(x^2 + y^2)).$$

Ketika $\dot{\mathcal{S}} = 0$, didapatkan persamaan kerucut \mathcal{C} diruang fase $\mathcal{D} \in \mathbb{R}^3$. Kerucut \mathcal{C} membagi ruang fase \mathcal{D} menjadi dua bagian. Bagian dalam ketika $\dot{\mathcal{S}} > 0$ dan bagian luar ketika $\dot{\mathcal{S}} < 0$. Ketika $\dot{\mathcal{S}} > 0$, solusi akan bergerak menjauhi ekuilibrium trivial, sedangkan ketika $\dot{\mathcal{S}} < 0$, solusi akan bergerak mendekati ekuilibrium trivial. Titik-titik ekuilibrium tak trivial sistem (4.1) akan terletak pada kerucut \mathcal{C} . Perhatikan gambar (4.1):



Gambar 4.1: Letak titik ekuilibrium tak trivial pada bidang (r, y) . Garis yang membentuk kerucut \mathcal{C} (garis putus-putus) membagi ruang fase menjadi dua bagian yaitu bagian dalam (yang diarsir) dengan semua solusinya bergerak menjauhi titik ekuilibrium trivial dan bagian luar dengan semua solusi mendekati titik ekuilibrium trivial.

Gambar (1.a) dan (1.b) merupakan ilustrasi dari kasus $\delta > 0$ sedangkan gambar 1.c) dan 1.d) merupakan ilustrasi dari kasus $\delta < 0$. Titik ekuilibrium tersebut jika ada maka terletak pada kerucut \mathcal{C} disekitar titik potong dengan manifold ekuilibrium dibidang $(x = 0)$ (elips atau hiperbola).

4.2 Bifurkasi Hopf

Bifurkasi *Hopf* merupakan bifurkasi satu parameter dengan kontinuitas titik ekuilibrium. Dengan demikian, langkah awal yang dilakukan adalah dengan mengkontinuasi solusi ekuilibrium dalam hal ini adalah ekuilibrium tak trivial dengan memvariasikan salah satu parameter, dan menetapkan nilai untuk parameter lain. Dengan menetapkan nilai $\beta < 0$, $\alpha < 0$, $\omega > 0$, $\kappa_1 > 0$, $\kappa_2 > 0$ dan melakukan variasi parameter δ untuk mengkontinuasi titik ekuilibrium, maka bifurkasi *hopf* terjadi di $\delta = -\frac{\beta\kappa_1}{2\kappa_1 + \kappa_2}$. Hal ini secara analitik dapat dilihat dari nilai eigen $\mathcal{J}(r_0, x_0, y_0)$.

Dalam melakukan komputasi numerik, ditetapkan beberapa nilai parameter:

$$\begin{aligned} \kappa_1 &= 5, & \beta &= -6, \\ \kappa_2 &= 1, & \omega &= 3, \\ \alpha &= -2, \end{aligned} \quad (4.3)$$

dengan perturbasi sebesar:

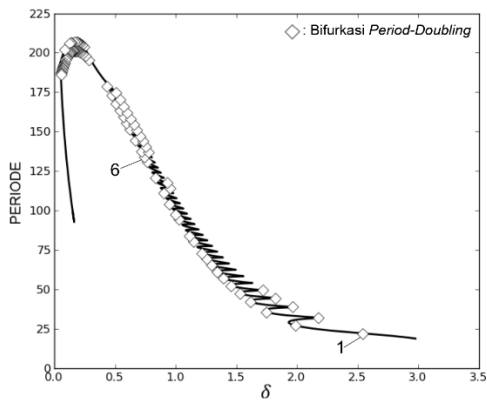
$$\varepsilon = 0.015.$$

Dengan nilai parameter diatas, menurut prediksi analisis, bifurkasi *hopf* terjadi pada saat $\delta = 2.73$. Dengan Komputasi numerik menggunakan Auto-07, didapatkan Bifurkasi *hopf* terjadi disekitar $\delta = 3.02$ dan $\delta = 0.164$.

4.3 Barisan Hingga Bifurkasi Period-Doubling

Perhatikan kembali data numerik (4.3). Selanjutnya ditetapkan nilai $\delta = 3.5$, sehingga titik ekuilibrium tersebut stabil. Kemudian titik ekuilibrium tersebut dikontinuasi dengan memvariasikan parameter δ . Disekitar $\delta = 3.02$, terjadi bifurkasi *hopf* disertai munculnya solusi periodik stabil.

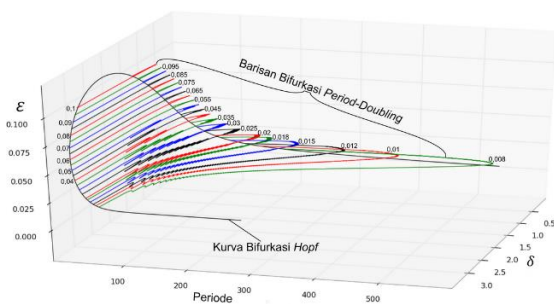
Selanjutnya dilakukan kontinuitas solusi periodik dengan tetap memvariasikan parameter δ . Ketika dilakukan komputasi *backward*, solusi periodik tersebut mengalami bifurkasi *period-doubling* berkali-kali membentuk barisan bifurkasi *period-doubling*. Barisan bifurkasi *period-doubling* tersebut berhenti pada saat $\delta = 0.164$. Perhatikan gambar (4.2):



Gambar 4.2:Kontinuasi solusi periodik yang membentuk barisan hingga bifurkasi *period-doubling* pada saat $\varepsilon = 0.015$.

Dapat kita lihat bahwa berhentinya kontinuasi solusi periodik tersebut terjadi pada nilai δ yang sama dengan solusi periodik yang terjadi pada bifurkasi *hopf* kedua pada analisis sebelumnya. Dengan melihat perilaku dari solusi periodik yang membentuk barisan bifurkasi *period-doubling*, maka ada indikasi terjadinya *chaos*. Hal ini bisa terjadi jika barisan bifurkasi *period-doubling* tersebut menjadi barisan tak hingga bifurkasi *period-doubling* dengan periodenya mendekati tak hingga. Oleh karena itu dilakukan variasi terhadap parameter untuk melihat kemungkinan terjadi barisan tak hingga bifurkasi *period-doubling*.

Selanjutnya diberikan perlakuan yang sama secara numerik dengan merubah nilai pertubasi. Untuk nilai pertubasi yang cukup kecilpun (sampai $\varepsilon = 0.008$) terjadi hal yang sama, dimana kontinuasi solusi periodik membentuk barisan hingga bifurkasi *period-doubling* yang terhenti pada *bifurkasi hopf* kedua. Selanjutnya dilakukan kontinuasi *bifurkasi hopf* untuk melihat hubungan antara kontinuasi solusi periodik dengan kurva *hopf*. Simulasi yang terjadi dapat diperhatikan pada gambar(4.3):

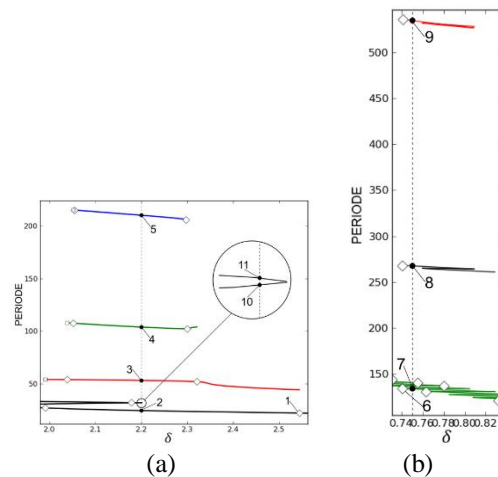


Gambar 4.3:Barisan bifurkasi *period-doubling* untuk beberapa nilai ε .

Perhatikan bahwa kontinuasi solusi periodik yang dimulai dari solusi periodik yang terbentuk pada saat terjadi bifurkasi *hopf*, selalu berakhir juga pada solusi periodik yang terbentuk pada saat terjadi bifurkasi *hopf* di kurva yang sama dengan bifurkasi *hopf* sebelumnya. Hal ini mengindikasikan bahwa barisan bifurkasi *period-doubling* yang muncul akan selalu membentuk barisan hingga. Hal ini menjawab gagalnya dinamik *chaos* dengan memberikan pertubasi terhadap sistem agar barisan bifurkasi tersebut menjadi barisan tak hingga bifurkasi *period-doubling*.

4.4 Dinamik Solusi Periodik dari Barisan Hingga Bifurkasi *Period-Doubling*

Pada saat terjadi bifurkasi *period-doubling*, salah satu solusi periodik pecah menjadi dua buah solusi periodik dengan solusi periodik yang baru memiliki periode dua kali periode dari solusi periodik sebelumnya. Perhatikan gambar (4.4):

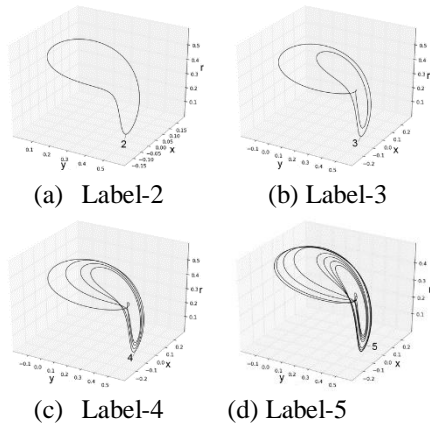


Gambar 4.4:Cabang dari bifurkasi *period-doubling* di label-1 dan label-6 dari gambar (4.3). Ketika kontinuasi solusi periodik di $\varepsilon = 0.014$, ditemukan barisan hingga *period-doubling*. Di dua titik bifurkasi (label-1 dan label-6), dilakukan pergantian cabang kontinuasi solusi periodik. Continuasi tersebut mengalami bifurkasi *period-doubling* lagi. Kemudian dilakukan pergantian cabang kontinuasi solusi periodik lagi dan kembali mengalami bifurkasi *period-doubling*. (pada gambar, untuk label-1 di plot 3 cabang kontinuasi baru, sedangkan untuk label-6 di plot 2 cabang kontinuasi baru).

Di label-1 dan label-6 pada gambar (4.3) dilakukan pergantian cabang kontinuasi solusi periodik. Cabang baru yang didapatkan ternyata juga mengalami bifurkasi *period-doubling*. Pergantian cabang kontinuasi juga dilakukan pada cabang baru tersebut dan kembali terjadi bifurkasi *period-doubling*.

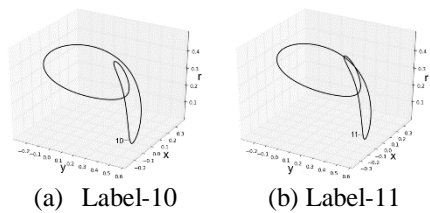
Pada gambar (4.4.a) disimulasikan 3 cabang baru dari bifurkasi *period-doubling* oleh *label-1*, dan pada gambar (4.4.b) diperlihatkan 2 cabang baru dari bifurkasi *period-doubling* pada *label-6*.

Untuk selanjutnya dinamik dari masing-masing cabang kontinuasi dapat dilihat pada gambar (4.5) dan (4.6). Perhatikan gambar (4.5), dimana pada saat $\delta = 2.2$, diplot 4 solusi periodik di 4 cabang kontinuasi yang berbeda. Diperlihatkan bahwa solusi periodik di *label-(2,3,4,5)* memiliki struktur orbit periodik yang serupa, namun memiliki periode dua kali dari cabang sebelumnya. Solusi periodik pada *label-3* memiliki periode dua kali dari solusi periodik *label-2* dan demikian seterusnya.



Gambar 4.5:Plot 4 buah solusi periodik di percabangan pada *label-1* gambar (4.4).

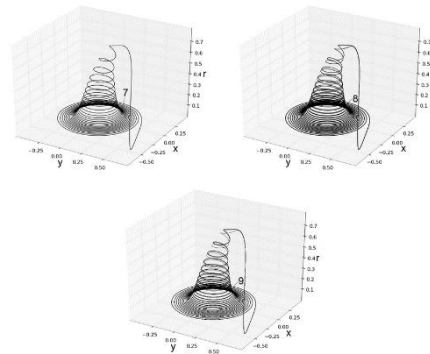
Perhatikan gambar (4.6). Pada *label-10* dan *label-11* diperlihatkan solusi periodik ang lain, namun di nilai δ yang sama di $\delta = 2.2$. Kedua solusi periodik ini memiliki struktur orbit yang berbeda dengan solusi periodik pada *label-(2,3,4,5)*. Hal ini menjelaskan bahwa solusi periodik pada *label-10* dan *label-11* tidak berhubungan dengan terjadinya bifurkasi *period-doubling* pada *label-1*, walaupun dinilai δ yang sama.



Gambar 4.6: Plot 2 buah solusi periodik lain di $\delta = 2.2$ pada kontinuasi solusi periodik.

Perhatikan gambar (4.7). Hal serupa terjadi pada percabangan *label-6*. Dilakukan

pergantian cabang kontinuasi solusi periodik, dan kontinuasi solusi periodik pada cabang yang baru itu juga mengalami bifurkasi *period-doubling*. Kemudian diplot solusi periodik pada setiap cabang dengan nilai $\delta = 0.75$. Dapat dilihat bahwa *label-(7,8,9)* memiliki struktur orbit serupa, namun memiliki periode yang berbeda. *Label-8* memiliki periode dua kali dari periode solusi periodik di *label-7*, dan *label-9* juga memiliki periode dua kali dari solusi periodik *label-8*.



Gambar 4.7: Plot 3 buah solusi periodik dipercabangan *label-6* gambar (4.4)

5. KESIMPULAN

Sistem yang dipelajari dalam paper ini adalah sistem interaksi nonlinear sepasang osilator dengan perbandingan frekuensi 1: ε dengan ketaklinearannya adalah kuadratik yang mempertahankan energi.

Perubahan dinamik terjadi ketika dilakukan kontinuasi titik ekuilibrium tak trivial dengan variasi satu parameter yang mendapatkan terjadinya bifurkasi *hopf*. Munculnya bifurkasi *hopf* disertai dengan adanya solusi periodik terisolasi sehingga analisa dilanjutkan dengan kontinuasi solusi periodik tersebut dengan variasi parameter yang sama dengan kontinuasi solusi periodik sebelumnya.

Hasil kontinuasi didapatkan berupa barisan hingga bifurkasi *period-doubling*. Dengan munculnya barisan ini maka seharusnya terindikasi kemungkinan munculnya *chaos* pada sistem. Namun dengan merubah nilai perturbasi ternyata tidak akan berdampak pada barisan bifurkasi *period-doubling* tersebut menjadi barisan tak hingga dengan periode membesar dan mendekati tak hingga juga. Analisis selanjutnya memperlihatkan bahwa hal ini terjadi karena barisan bifurkasi *period-doubling* selalu

berawal dari munculnya solusi periodik ketika terjadi bifurkasi *hopf* yang satu dan berakhir ke solusi periodik ketika terjadi bifurkasi *hopf* yang lain, dimana kedua bifurkasi *hopf* tersebut berada di kurva bifurkasi yang sama. Hal ini mengakibatkan barisan bifurkasi *period-doubling* tersebut adalah barisan berhingga sehingga teridentifikasi tidak berubahnya sifat barisan bifurkasi *period-doubling* tersebut dengan memvariasikan parameter perturbasi. Hal ini berarti barisan bifurkasi *period-doubling* ini tidak akan memicu terjadinya *chaos*.

Hal yang menarik selanjutnya adalah dinamik dari solusi periodik hasil percabangan yang bukan hanya memiliki periode dua kali dari solusi periodik sebelumnya, namun juga memiliki struktur orbit yang sama dengan sebelumnya.

6. REFERENSI

1. Carr, J. (1981), *Applications of Center Manifold Theory*, Springer-Verlag, New York.
2. Crommelin, D. T. (2002), *Homoclinic Dynamic : A Scenario for Atmospheric Ultra Low-Frequency Variability*, J. Atmos. Sci.
3. Champneys, A. R, et al. (2009), *Auto-07P: Continuation and Bifurcation Software for Ordinary Differential Equations*.
4. Kelley, A. (1967), *The Stable, Center Stable, Center, Center Unstable and Unstable Manifold*, J. Diff. Eqns.
5. Kuznetsov, Y. A. (1998), *Elements of Applied Bifurcation Theory*, Springer-Verlag, New York.
6. Tuwankotta, J. M. (2003) , *Widely Separated Frequencies in Coupled Oscillators with Energy-Preserving Quadratic nonlinearity*, Phisica D.
7. Tuwankotta, J. M. (2004), *Averaging Method and Normal Form for Coupled-Oscillators with Widely-Space frequencies and Energy-Preserving Nonlinearity*, J. Indones. Math. Soc (MIHMI).
8. Verhulst, F. (1996), *Nonlinear Differential Equations and Dynamical Systems*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
9. Wiggins, S. (1990), *Introduction to Applied Nonlinear Dynamical System and Chaos*, Spriger-Verlag, New York.

MULTILINEAR REGRESSION ANALYSIS OF QUINAZOLINE DERIVATIVES AS ANTICANCER AGENT

La Ode Aman¹, Widisusanti Abdulkadir², Julitha Geybie Rembet³

¹*Chemistry Dept., Mathematics and Natural Sciences Faculty, Universitas Negeri Gorontalo*

^{2,3}*Pharmacy Dept., Medical and Sport Sciences Faculty, Universitas Negeri Gorontalo*

Abstract:

Nowadays a lot of new active substances as anticancer cervix agents has been developed. One of the protein target in discovery of anticancer cervix drugs is inhibition of Epidermal Growth Factor Receptor-Tyrosine Kinase (EGFR-TK). In this research studied the Quantitative Structure and Activity Relationship (QSAR) of quinazoline derivatives as inhibitors of EGFR-TK. Various physicochemical parameters were calculated and then obtained the QSAR equation to predict the activity of new compounds quinazoline derivatives. The Best QSAR equation is $IC_{50-pred} = - (3.155 \pm 19.369) * glob + (2.280 \pm 1.291) * mr - (0.136 \pm 0.103) * TPSA - (1.599 \pm 2.585) * Log P - 0.186 \pm 8.861$, with $n = 13$, $r = 0.896$, $r^2 = 0.803$, $F_{cal} = 8.152$, $F = 2.123$, $SE = 1.6859896$, $Sig = 0.006$, $q^2 = 0.354093$. Based on the QSAR equation and by using the Topliss Scheme approach has acquired three new compounds of quinazoline derivative and with molecular docking studies showed the interaction between the three ligand with active site of EGFR-TK.

Keywords: cervical cancer, EGFR-TK, molecular docking, QSAR, quinazoline, Topliss Scheme

1. Introduction

Known three ways to treat of cancer. They are surgery, radiation and chemotherapy. In cancer treatment, chemotherapy has advantage compared to surgery or radiation because of its ability to treat widespread cancer (metastasis), whereas surgery and radiation therapy in cancer treatment is limited to certain areas (JinCan, C., et. al., 2008).

New discovery of anticancer drug efforts of either natural or synthetic continue to be

developed. In the past, discovery efforts are trial and error so it is very expensive in cost and it took a long time for one active substance. Today, with the help of computer has made the process of discovery of new active substances is more effective in cost and time.

Quantitative Structure and Activity Relationship (QSAR) study is one approach in an effort to design and discovery of new active substances better than previous compounds by using computer program (in silico).

Corresponding author: La Ode Aman, research field: Computational chemistry. E-mail: laode_aman@ung.ac.id

QSAR studies were performed of this research using a data set synthesized by El-Azab et al (2010). Twenty-seven compounds of quinazoline derivative were tested antitumor activity against HeLa cells (Human Cervix Cell Line). The work mechanism of these ligand series by inhibition of Epidermal Growth Factor Receptor-Tyrosine Kinase (EGFR-TK) through ATP binding pocket in the N-terminal domain mediated by water hydrogen bonds.

2. Experimental

2.1 Data Set

Twenty-seven of quinazoline derivatives with anticancer activity have developed, synthesized and activity tested by El-Azab et al (2010). These compounds and their activity are listed in Table 1.

2.2 Calculation parameters

Molecular structure scheme was modeled by using HyperChem ® Release 8.0. All compounds structure optimized by semi empirical AM1 method with gradient 0.01 kcal/Å. By using Molecular MOE 2007.09 calculated all of physicochemical descriptors are used in this QSAR study. These descriptors are partition coefficient (log P), solubility (log S), total energy (E-tot), electronics energy (E-ele), HOMO Energy (E-HOMO), LUMO energy (E-LUMO), total dipole moment (μ), heat formation (HF), van der Waals volume (Vw), globularity (GLOB), molar refractivity (mr), hydrophobic surface area (A) and total atomic polarizability.

2.3 Statistical analysis

Statistical analysis is performed by multilinear regression using SPSS Statistics 19 IBM Software Trial. Dependent variable (Y) is

the FP IC50 experiments of each compound and independent variables (X_i) is the value of each predictor.

2.4 Validation

Validation by using cross validation techniques with Leave One Out (LOO) approach. LOO cross validation squares (q^2) be an indicator of performance and stability model (JinCan, C., 2008) which is calculated according to the following formula:

$$q^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}$$

With, y_i = experiment activity, \bar{y}_i =average of experiment activity, and \hat{y}_i =cross validation predictive activity of compound i .

By cross validation with LOO approach was obtained a selected model. The best QSAR equations have statistical criteria $r^2 \geq 0.8$, and $q^2 \geq 0.5$. If the QSAR equations obtained do not fulfill these criteria, it means there is/are the outlier data which should be excluded.

2.4 New Compounds Design

There are three measures in the design of new compounds, namely (i) determining lead compound, (ii) selecting the substituents of lead compound which is replaced by a new substituent, and (iii) determine the list of new substituents. In this study, compound Q07 (Fig. 1) is a lead for designing new quinazoline derivatives. Substituents are selected for designing new compound use Topliss Scheme approach, so obtained 10 new substituents as follow: -H, -CH₃, -OCH₃, -CF₃, -NH₂, -OH, -OC₆H₅, -NO₂, -CN, -COCH₃. Modification is done on Cl position so that obtained 10 new compounds of quinazoline derivatives.

2.5 Molecular Docking

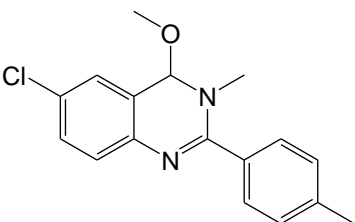
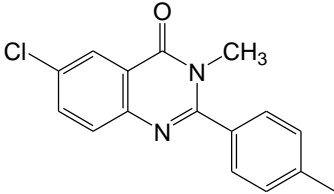
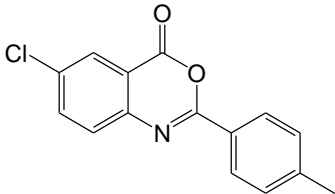
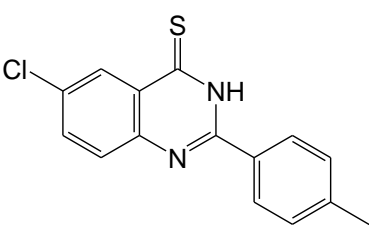
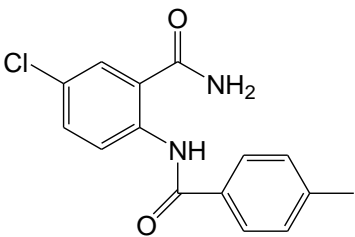
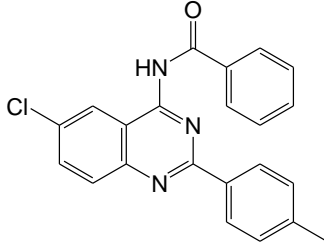
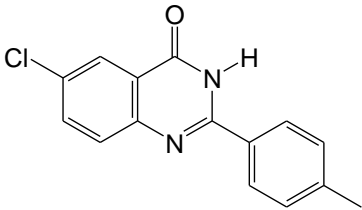
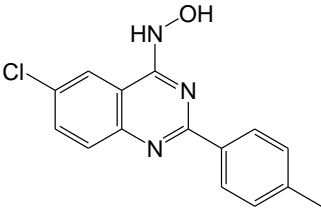
The study of ligands—EGFR-TK interaction is done by using molecular docking techniques on Arguslab 4.0.1 program. There are two parameters were observed in the molecular docking i.e. ΔG (free energy change) and hydrogen bonds formed between the ligand with the receptor. On hydrogen bonds observed number of and long bonds are formed.

3. Results and Discussion

Statistical analysis using multilinear regression with combination 2, 3, and 4 parameters as dependent variables and anticancer activity as independent variable.

Statistical quality parameter using correlation coefficient (r), the square of the correlation coefficient (r^2), standard error (SE), the value of Fischer (F) and RMSE (root mean squared error) to test the model with the best regression equation. Highest r , r^2 , SE, Fcal is/are the best model.

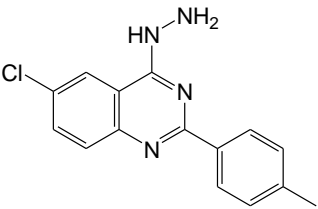
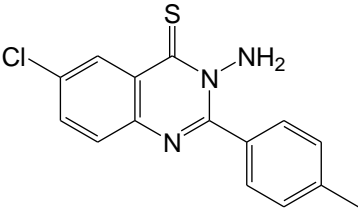
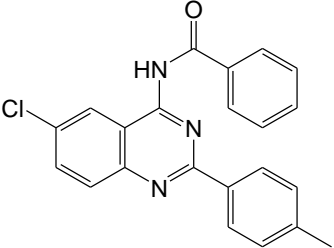
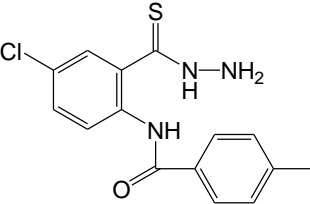
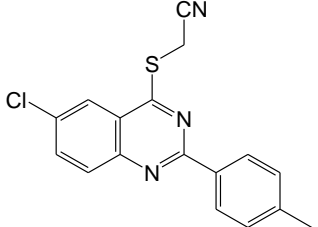
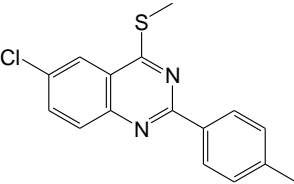
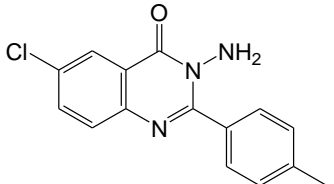
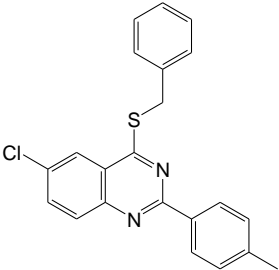
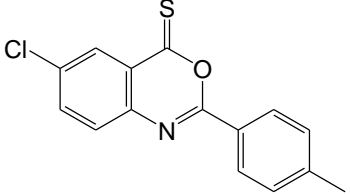
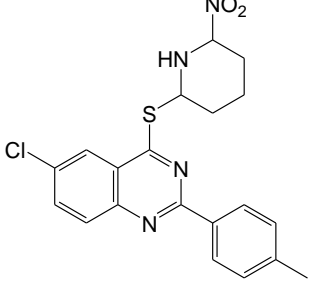
Table 1 Data set of quinazoline derivative compounds and their activity

No.	Compounds	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)	No.	Compounds	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)
Q01		18.9	Q05		4.37
Q02		8.23	Q06		4.57
Q03		8.23	Q07		3.56
Q04		10.01	Q08		12.7

RMSE calculation use sub program of MOE 2007.09 namely QuaSAR_Model. Models with RMSE more than 2.5 were removed, so we get two models of predictor combination as shown in Table 2.

From the two models combination are selected model 78 with r and RMSE better than others. Model 78 is combination of 4 parameters: partition coefficient (log P), Topology Surface Polar Regions (TPSA), Globularity (GLOB) and

Table 2 Data set of quinazoline derivative compounds and their activity (continued)

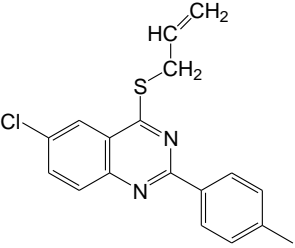
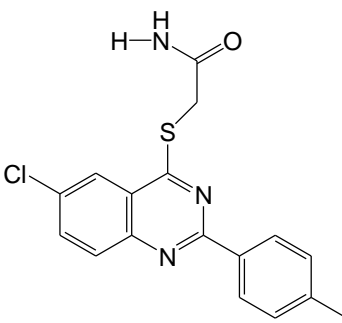
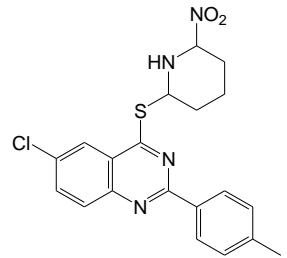
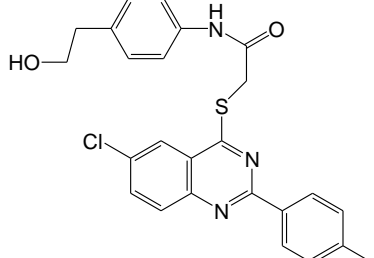
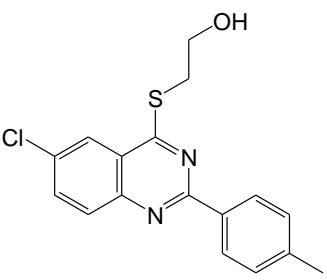
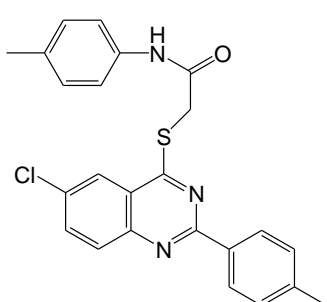
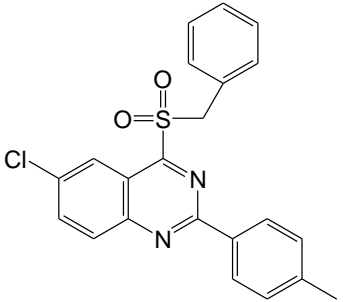
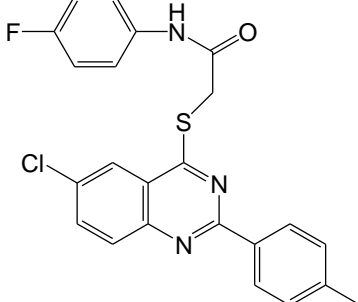
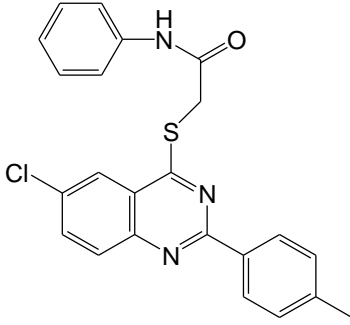
No.	Compounds	IC ₅₀ (µg/ml)	No.	Compounds	IC ₅₀ (µg/ml)
Q09		3.98	Q14		14.01
Q10		16.2	Q15		4.98
Q11		5.18	Q16		14.7
Q12		12.1	Q17		11.3
Q13		13.3	Q18		3.76

molar refractivity (mr) with QSAR equation as follows $IC_{50}\text{-pred} = (47.495 \pm 27.605) * glob - (3.517 \pm 1.802) * mr + 0.117 * TPSA + (0.3908 \pm 2.984) * \text{Log P} + (17.117 \pm 8.977)$ with $r = 4.30$, $r^2 = 0.185$, $SE = 4.1448281$, $F_{cal} = 1.25$, $Sig = 0.319$ (eq. 1).

This QSAR equation is not fulfilled the statistical criteria that $r^2 > 0.8$. This is because

there are compounds that are used as the data sets are outliers. To get the best QSAR equation, the way is with remove the outlier compounds. In QSAR Tutorial of MOE 2007.09 mentioned outliers data are data that with $Z\text{-SCORE} \geq 2.5$.

Table 3 Data set of quinazoline derivative compounds and their activity (continued)

No.	Compounds	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)	No.	Compounds	IC ₅₀ ($\mu\text{g/ml}$)
Q19		9.66	Q23		
Q20		5.93	Q25		
Q21		9.25	Q26		10.1
Q22		7.01	Q27		12.3
Q24		4.98			10.5

After fourteen compounds outliers removed, then we obtain QSAR equations with good statistical parameters as follows:

$IC_{50-pred} = (-3.155 \pm 19.369) * Glob + (2.280 \pm 1.29) * Mr - (0.136 \pm 0.103) * TPSA - (1.599 \pm 2.585) * Log P - (0.186 \pm 8.861)$ with $n = 13$, $r = 0.896$, $r^2 = 0.803$, $F_{cal} = 8.152$, $F = 2.123$, $SE = 1.6859896$, $S = 0.006$, $q^2 = 0.354093$ (eq. 2)

2) **Table 2 Predictors' values and $IC_{50-pred}$ of new compounds of quinazoline derivatives**

New Compounds	mr	TPSA	glob	Log P	$IC_{50-pred}$
QD01	7.222558	51.8	0.004114	2.987	4.447439
QD02	7.669441	51.8	0.006221	3.322	4.924022
QD03	7.905765	61.03	0.005796	2.98	4.755758
QD04	7.789126	51.8	0.007814	3.95876	4.173699
QD05	7.475017	77.82	0.003402	2.352	2.501937
QD06	7.39832	72.03	0.003705	2.716	2.531514
QD07	9.926889	61.03	0.001592	4.634	6.73244
QD08	7.785717	100.78	0.00301	2.959	-0.88158
QD09	7.799113	75.59	0.003626	2.684	3.012582
QD10	8.380693	61.03	0.014046	3.114	5.598298

3.2 Designing of New Compounds

The best QSAR equation was used as a basis for predicting activity of quinazoline derivative new compounds which is estimated to have anticancer potential. Ten new compounds of quinazoline derivatives obtained by substitution Cl group in the lead compound with a groups -H, -CH₃, -OCH₃, -CF₃, NH₂, -OH, -OC₆H₅, -NO₂, -CN, and -COCH₃ thus gained ten compounds of new quinazoline derivatives. Each new compound is calculated parameters mr, TPSA, glob and log P and by using QSAR equation (Eq. 2) can be obtained theoretical or

Thus, it can be seen that the four physicochemical of parameters quinazoline derivatives that act as inhibitors of the EGFR-TK were topology of polar surface area, partition coefficient, globularity, and molar refractivity.

predictive anticancer activity ($IC_{50pred.}$) of each new compound as shown in Table 2.

Table 2 shows there are three compounds have better activity than lead compound ($IC_{50} = 3.56$). They are QD05, QD06 and QD09. The molecular structure and anticancer activity of these compounds and theoretically activity shown in Fig. 2, 3 and 4.

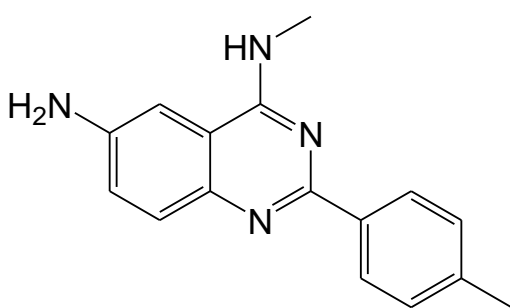


Fig. A QD05 with $IC_{50pred} = 2.532$

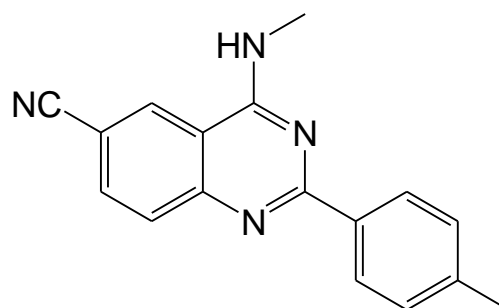


Fig. C QD06 with $IC_{50-pred} = 2.532$

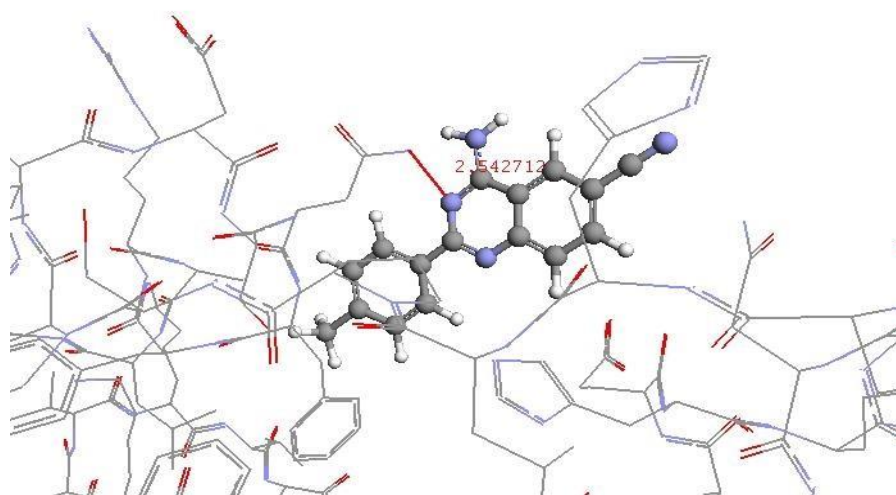


Fig. 1 Interaction between QD09 and binding site of EGFR-TK.

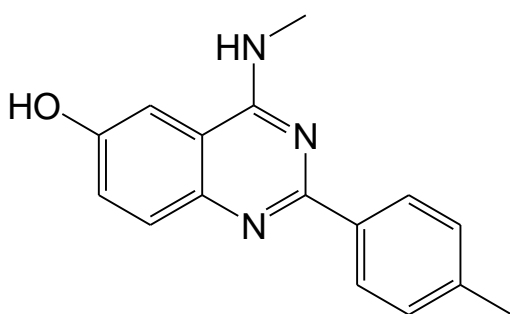


Fig. B QD06 with $IC_{50pred} = 2.532$

Molecular docking aims to study the interaction of ligands with receptor. Three new compounds quinazoline derivative (QD05, QD06, and QD09) are studied the interaction between ligand and with EGFR-TK protein. By using software ArgusLab molecular docking results obtained are summarized in Table 3. Fig. 4 shows compound interaction between QD09 and binding site of EGFR-TK.

Best Ligand Energy Pose describe the free energy (ΔG). ΔG is a parameter related to the reactivity of a compound with a receptor. According to Sellasie (2003), the spontaneity of the reaction between the compounds with receptor occurs with a decrease in free energy. This means that the more negative of free energy

of a compound, the higher the spontaneity of the reaction between compounds with the receptor.

Table 3 shows that all three compounds have a marked negative ΔG (-). This means that these

financial support for my participating on ICCST-3 2014 in Bali, Indonesia.

Ligand	IC ₅₀ -pred	ΔG	Numbers of hydrogen bond	Atom Binding		Receptor residues	Bond length
				Ligand	Receptor		
QD05	2.5755953	- 6.14857	-	-	-	-	-
QD06	3.1746387	- 6.85872	2	N (11)	N	990 PRO	2.865505
				O (7)	O	994 ASP	2.054839
QD09	3.3247233	- 6.90519	1	N (8)	N	996 ASN	2.542712

Table 4 Docking Molecular Between New Compounds of Quinazoline Derivatives and EGFR-TK

ligands have the ability to bind to the EGFR-TK binding site.

4. Conclusions

The Best QSAR equation in this QSAR study is $IC_{50}\text{-pred} = (-3.155 \pm 19.369) * glob + (2.280 \pm 1.291) * mr - (0.136 \pm 0.103) * TPSA - (1.599 \pm 2.585) * \text{Log } P - 0.186 \pm 8.861$, with $n = 13$, $r = 0.896$, $r^2 = 0.803$, $F_{cal} = 8.152$, $F = 2.123$, $SE = 1.6859896$, $Sig = 0.006$, $q^2 = 0.354093$.

Three new compounds of quinazoline derivatives have anticancer cervix activity through inhibition of EGFR-TK function as shown in Fig. 2, Fig. 3, and Fig. 4.

Acknowledgment

Thanks to the Rector of the State University of Gorontalo (Universitas Negeri Gorontalo) for

References

- [1] El Azab et al. Design, synthesis and biological evaluation of novel quinazoline derivatives as potential antitumor agents: Molecular Docking Study. *European journal of Medicinal Chemistry*. 2010, 45 (2010) 4188-4198.
- [2] JinCan, C., Li, Q., Yong, S., LanMei, C., and KangCheng, Z. A QSAR Study and Molecular Design of Benzothiazole Derivatives as a Potent Anticancer Agents. *Sci in China Ser B*. 2008, Vol 51 No 2, 111-119.
- [3] Selassie. History of Quantitative Structure-Activity Relationships Chemistry Department Pomona College Claremont, California, *Burger Burger's Medicinal Chemistry and Drug Discovery*. 2003.

Adsorpsi Ion Pb(II) dan Cd(II) pada Abu Dasar Batubara Terimobilisasi Dithizon

Tri Handayani¹, Nurul Hidayat Aprilita², Adhitasari Suratman², Mudasir²

Fakultas Pertanian, Universitas Ichsan Gorontalo,

e-mail: trihandayani.kimia@gmail.com

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gadjah Mada

Abstract

A research on adsorption of Pb(II) and Cd(II) ions using dithizone immobilized coal bottom ash has been conducted. This research aimed to examine the ability of dithizone immobilized coal bottom ash in Pb(II) and Cd(II) adsorption of the solution by using comparator adsorbent of activated coal bottom ash. Some adsorption parameters i.e. initial pH, adsorbent mass, adsorption kinetic and adsorption isotherm were examined in the adsorption processes. The characterization of dithizone immobilized coal bottom ash was analyzed using X-Ray Diffraction (XRD) method to describe the minerals constituent of bottom ash and crystallinity, Infra Red (IR) spectrophotometry to identify functional groups on the adsorbent and using Gas Sorption Analyzer (GSA) to determine the adsorbent porous distribution, BET specific surface area, total pore volume and average pore radius.

The optimum condition of 40 mg.L⁻¹Pb(II) and Cd(II) adsorption for dithizone immobilized bottom ash occurred at pH 4 and pH 6 respectively with same of adsorbent mass and contact time for both metal ions was 0.3 g and 90 min. The kinetic parameters and model of adsorption isotherm of Pb(II) and Cd(II) ions on activated bottom ash and dithizone immobilized bottom ash followed kinetic equation pseudo second order (Ho and Mckay) and Freundlich isotherm models.

Keywords: coal bottom ash, dithizone, adsorption, Pb(II), Cd(II)

1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang semakin pesat menyebabkan keberadaan logam berat dalam sistem air menjadi masalah lingkungan yang serius karena karakteristik logam tersebut beracun, kumulatif dan *non-biodegradable* diantaranya adalah timbal dan kadmium. Timbal (Pb) merupakan salah satu logam berat yang paling beracun. Cemar timbal dapat berasal dari limbah pemanfaatan logam tersebut seperti pabrik cat, pertambangan dan bahan bakar timbal. Di dalam tubuh, cemaran logam ini dapat menyebabkan peningkatan tekanan darah, gangguan pencernaan, kerusakan ginjal, kerusakan syaraf, sulit tidur dan gangguan reproduksi. Selain timbal, salah satu logam berat beracun lainnya adalah kadmium. Cemaran kadmium umumnya berasal dari limbah baterai kadmium, pigmen, pelapisan logam dan plastik. Kadmium masuk ke dalam tubuh melalui saluran pencernaan dan terakumulasi dalam ginjal menyebabkan kerusakan fungsi ginjal. Selain itu, Kadmium mengakibatkan pula terjadinya deformasi tulang (kasus *itai-itai* oleh logam berat kadmium di Jepang) (Badan standar Nasional, 2009). Menurut Kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup melalui Keputusan No.20/MENKLH/II/1990 menetapkan kadar maksimum timbal dan kadmium dalam air minum yaitu masing-masing 0,05 dan 0,005 mg.L⁻¹.

Berbagai metode telah dikembangkan untuk mengurangi maupun menghilangkan logam berat di air seperti metode pertukaran kation (Lim *et al.*, 2009), ultra-filtrasi (Jawor dan Hoek, 2010), *reverse osmosis* (Mohsen-nia *et al.*, 2007), pengendapan (Gharabaghi *et al.*, 2012) dan adsorpsi (Li *et al.*, 2012). Namun metode adsorpsi dinilai merupakan metode yang relatif efektif, mudah dan murah dalam mengatasi konsentrasi logam yang berlebihan di air (Hsu *et al.*, 2008). Sejumlah peneliti telah melaporkan perbedaan kemampuan adsorpsi dari berbagai jenis adsorben seperti kaolin (Jiang *et al.*, 2010), bentonit (Zhao, G. *et al.*, 2010), lignin (Wu *et al.*, 2008), lempung (Boonamnuayvitaya *et al.*, 2004), zeolit (Ghasemi *et al.*, 2012), abu layang dan abu dasar batubara (Gorme *et al.*, 2010).

Penelitian terkait modifikasi adsorben untuk adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cd(II) juga

telah dilaporkan diantaranya modifikasi zeolit-*amine* (Wingenfelder *et al.*, 2005), lempung kaolinit-polifosfat (Amer *et al.*, 2010), kitosan-*ethyleneglycol-bis(2-aminoethylether)-N,N,N',N'-tetraacetic acid* (Zhao *et al.*, 2013), dan modifikasi silika-pirazol-3-karbaldehid (Radi *et al.*, 2014). Penelitian-penelitian sebelumnya memberikan informasi bahwa modifikasi yang dilakukan terhadap material adsorben seperti zeolit, lempung, kitosan, dan silika gel dapat menghasilkan adsorben yang memiliki kapasitas adsorpsi dan selektifitas yang baik terhadap ion Pb(II) dan Cd(II).

Abu dasar (*bottom ash*) merupakan limbah padat yang diperoleh dari hasil pembakaran batubara selain abu layang (*fly ash*). Berdasarkan hasil penelitian Gorme *et al.*, (2010) bahwa adanya mineral kuarsa (SiO₂) dan mullit (Al₂O₃) dalam sampel abu dasar batubara menunjukkan adanya sejumlah besar silikon dan aluminium. Mineral tersebut mirip dengan mineral yang ditemukan dalam zeolit yang telah dikenal sebagai adsorben yang baik untuk mengadsorpsi logam berat. Disisi lain, ditizon (difeniltiokarbazon) merupakan salah satu senyawa pengompleks organik yang memiliki atom donor lebih dari satu (atom S, N) dan telah diakui menunjukkan sensitivitas dan selektifitas yang baik terhadap beberapa ion logam seperti Ag, Hg, Cu (Friedeberg, 1955); Cd, Ni (Manzoori dan Karim-nezhad, 2004); dan Pb (Rajesh dan Manikandan, 2008), sehingga ketika abu dasar diimobilisasi dengan ditizon maka abu dasar yang dihasilkan tidak hanya memiliki kapasitas adsorpsi yang baik namun dapat pula digunakan sebagai adsorben yang selektif terhadap ion-ion logam berat.

Adsorpsi ion Pb(II) dan Cd(II) pada berbagai material padat yang dimodifikasi dengan ditizon telah dilaporkan diantaranya Salih *et al.*, (1998) melaporkan telah mempelajari adsorpsi ion logam berat Cr(III), Pb(II), Hg(II), dan Cd(II) menggunakan adsorben Poly (EGDMA-HEMA)-ditizon dan Mahmoud *et al.*, (2010) melaporkan pula telah mempelajari penghilangan ion logam Pb(II) dan logam berat lainnya dari air menggunakan adsorben alumina yang dikembangkan secara *surface-adsorbed-dithizone*. Dengan demikian berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mempelajari sintesis

adsorben abu dasar terimobilisasi ditizon, adsorpsi ion Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon yang meliputi pengaruh pH, massa adsorben, serta kinetika dan isoterm adsorpsinya.

2. KAJIAN LITERATUR

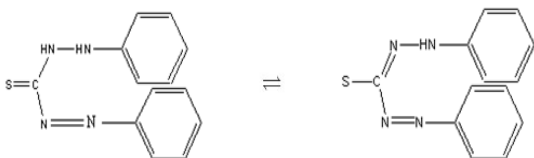
Abu dasar batubara (*Coal bottom ash*).

Abu dasar merupakan limbah padat hasil pembakaran batubara selain abu terbang (*fly ash*). Umumnya abu dasar ditemukan menempel pada bagian bawah tungku pembakaran. Dari proses pembakaran batubara, 80% dari abu batubara menjadi abu terbang dan sisanya 20% menjadi abu dasar (Syahrul *et al.*, 2010).

Karakteristik fisik dari abu dasar adalah ukuran partikel kecil, porositas tinggi dan luas permukaan yang besar (Sukpreabprom *et al.*, 2014). Komponen kimia abu dasar batubara hampir sama dengan komponen kimia abu layang, komponen utamanya adalah SiO₂ dan Al₂O₃ serta banyak mengandung padatan amorf. Kedua sifat tersebut yang menjadikan abu dasar berpotensi sebagai adsorben logam berat. (Gorme *et al.*, 2010; Sukpreabprom *et al.*, 2014; dan Wicaksono, 2014). Komponen abu dasar ditentukan oleh sumber batubara dan bukan oleh tipe tempat pembakarannya.

Imobilisasi Pengompleks Organik Ditizon pada Suatu Padatan.

Ditizon (*Dipheniltiocarbazone*, H₂Dz) merupakan salah satu pengompleks cukup sensitif untuk analisis logam-logam seperti Ag, Hg, Au, Cd dan Pb terutama dalam pemisahan dan prekonsentrasi logam renik (*trace*) secara ekstraksi sebelum logam tersebut dianalisis dengan metode tertentu (Friedeberg, 1955; Manzoori dan Karim-nezhad, 2004; Rajesh dan Manikandan, 2008).



Gambar 1. Bentuk tautometrik ligan ditizon: *thioketo* (I) dan *thiol* (II) (White, 1925).

Imobilisasi ditizon pada padatan pendukung dengan sisi aktif gugus -OH seperti silika gel dan zeolit telah dilakukan

oleh beberapa peneliti baik imobilisasi secara fisika maupun secara kimia (terjadi ikatan kimia antara sisi aktif padatan pendukung dan atom donor N, S ditizon) (Mahmoud *et al.*, 2000; Cestari *et al.*, 2004; dan Yu *et al.*, 2011).

Imobilisasi ditizon pada padatan pendukung lainnya seperti *microbeads* poli (EGDMA-HEMA) telah dilaporkan. Salih *et al.*, (1998) telah melakukan imobilisasi ditizon pada *microbeads* poli (EGDMA-HEMA) secara kimia yaitu melalui gugus -OH pada padatan pendukung dengan gugus -NH ditizon setelah kedua gugus tersebut mengalami deprotonasi. Adsorben yang dihasilkan digunakan untuk mempelajari adsorpsi ion logam berat Cd(II), Hg(II), Cr(III), dan Pb(II) dengan kapasitas adsorpsi maksimum yang diperoleh yaitu masing-masing sebesar 18,3; 43,1; 62,1; dan 155,2 mg.g⁻¹.

3. METODE PENELITIAN

Bahan.

abu dasar batubara (dari PS. Madukismo), Ditizon kristal p.a, Etanol 99% p.a, HCl 37%, Toluene, Timbal Nitrat (Pb(NO₃)₂), Kadmium Iodida (CdI₂) dari Merck, Asam Sitrat (C₆H₈O₇), Natrium Sitrat (C₆H₅Na₃O₇·2H₂O), Natrium Dihidrogen Fosfat (NaH₂PO₄·H₂O), Dinatrium Hidrogen Fosfat (Na₂HPO₄), akuades, dan akuabides.

Peralatan.

Spektrofotometer Serapan Atom (SAA) Perkin Elmer model 3110, Spektrometer Inframerah Shimadzu model FTIR 8201 PC, Difraktometer Sinar X Shimadzu model XRD-600, *Gas Sorption Analyzer* (GSA) NOVA Station A, Magnetik Strirrer Model H-12/09, pemanas dan pengaduk magnetik, seperangkat alat refluks, neraca analitik Mettler AE 200, pH meter TOA electronic model HM-5B, ayakan 250 mesh dan 400 mesh, krus porselin, kertas saring Whatman 42, dan peralatan gelas.

Aktivasi abu dasar batubara. Abu dasar batubara yang akan diaktivasi sebelumnya diayak dengan ayakan 250 dan 400 mesh. Proses aktivasi dilakukan dengan merefluks 20 g abu dasar batubara dalam 120 mL larutan asam klorida pekat (1:1) selama 4 jam. Campuran kemudian disaring dan dicuci dengan aquabides sampai filtratnya netral (pH=7). Padatan yang diperoleh dikeringkan dalam oven pada suhu 160

°C selama 6 jam. Sebagian dari abu dasar batubara ini akan dipakai langsung sebagai adsorben dan sebagian yang lain digunakan untuk imobilisasi ditizon.

Imobilisasi ditizon pada abu dasar batubara (Mahmoud *et al.*, 2000). Imobilisasi ditizon pada permukaan abu dasar batubara dilakukan dengan merefluks 4 g abu dasar batubara yang telah diaktivasi dan 1,024 g ditizon dalam 80 mL toluen pada suhu 80 °C dengan kecepatan pengadukan 400 rpm selama 4 jam. Hasil reaksi selanjutnya disaring dan dicuci dengan toluena, etanol, dan aquabides sampai tidak ada karakteristik ditizon dalam filtrat. Padatan yang diperoleh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 5 jam. Adsorben yang dihasilkan diayak dengan ayakan 250 dan 400 mesh dan selanjutnya digunakan sebagai adsorben untuk mempelajari adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) dan hasilnya dibandingkan dengan abu dasar teraktivasi.

Karakterisasi adsorben. Abu dasar batubara yang telah diaktivasi dan abu dasar setelah imobilisasi dikarakterisasi dengan difraksi sinar-X untuk mengetahui kristalinitas komponen penyusun adsorben, FT-IR untuk mengetahui gugus-gugus fungsional adsorben, dan Gas Sorption Analyzer (GSA) untuk mengetahui luas permukaan, volume pori total dan rerata jejari pori adsorben.

Pengaruh pH pada adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan menggunakan adsorben abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar batubara terimobilisasi ditizon. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*. Sebanyak 50 mg adsorben (masing-masing abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon) diinteraksikan dengan 20 mL larutan Pb(II) 40 mg.L⁻¹ dengan variasi pH 2 hingga 8. Campuran diaduk dengan stirrer selama 60 menit. Prosedur yang sama dilakukan pada larutan Pb(II) 40 mg.L⁻¹ tetapi tanpa penambahan adsorben untuk setiap variasi pH larutan sebagai pengontrol. Setelah proses adsorpsi, adsorben disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS untuk menentukan kapasitas adsorpsi. Prosedur yang sama dilakukan pula untuk ion logam Cd(II).

Pengaruh berat adsorben pada adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan

menggunakan adsorben abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar batubara terimobilisasi ditizon. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*. Sebanyak 20 mL larutan Pb(II) 40 mg.L⁻¹ diinteraksikan dengan variasi massa adsorben (0,05; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 g) pada pH optimal dan diaduk dengan stirrer selama 60 menit. Selanjutnya adsorben disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Prosedur yang sama dilakukan pula untuk ion logam Cd(II).

Kajian kinetika adsorpsi, pengaruh variasi waktu kontak pada adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan menggunakan adsorben abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar batubara terimobilisasi ditizon. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*. Sebanyak 20 mL larutan Pb(II) 40 mg.L⁻¹ diinteraksikan dengan adsorben pada pH dan massa optimum kemudian diaduk dengan stirrer dengan variasi waktu (30, 60, 90, 120, 150, 180 menit). Hasil interaksi disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Prosedur yang sama dilakukan pula untuk ion logam Cd(II).

Kajian adsorpsi isoterm, pengaruh variasi konsentrasi awal ion logam pada adsorpsi ion logam Pb(II) dan Cd(II) dengan menggunakan adsorben abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar batubara terimobilisasi ditizon. Proses adsorpsi dilakukan dengan metode *batch*. Sejumlah tertentu adsorben (massa optimum) diinteraksikan dengan 20 mL larutan Pb(II) dengan variasi konsentrasi awal (30, 40, 50, 70, dan 100 mg.L⁻¹) pada pH optimum. Campuran diaduk dengan stirrer pada waktu kontak optimum. Adsorben kemudian disaring dan kandungan logam dalam filtrat dianalisis dengan AAS. Prosedur yang sama dilakukan pula untuk ion logam Cd(II).

Banyaknya ion logam yang teradsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan (Wang *et al.*, 2011):

$$q = \frac{(C_0 - C)}{m} \times v \quad (1)$$

q adalah jumlah ion logam berat yang teradsorpsi (mg.g⁻¹), C_0 adalah konsentrasi konsentrasi awal ion logam (mg.L⁻¹), C adalah konsentrasi ion logam dalam larutan setelah

adsorpsi, V adalah volume larutan ion logam (mL), dan m adalah berat adsorben (g).

Evaluasi Kinetika Adsorpsi. Data adsorpsi kesetimbangan yang diperoleh pada berbagai waktu kontak diuji menggunakan bentuk linier dari persamaan kinetika adsorpsi diantaranya, kinetika reaksi orde nol, kinetika reaksi orde satu, kinetika reaksi orde dua, kinetika reaksi orde tiga, kinetika pseudo orde satu Lagergren dan kinetika pseudo orde dua (Ho dan Mckay).

Evaluasi Isoterm adsorpsi. Model isoterm adsorpsi dievaluasi dengan menguji data adsorpsi kesetimbangan yang diperoleh pada berbagai konsentrasi larutan logam menggunakan bentuk linier dari persamaan model isoterm Langmuir dan model isoterm Freundlich.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi Abu Dasar Batubara

Pada penelitian ini proses aktivasi menggunakan asam bertujuan untuk menghilangkan oksida-oksida logam lain yang dapat mengganggu proses adsorpsi dan imobilisasi (Mahmoud *et al.*, 2000) serta mengubah gugus-gugus SiO_2 dan Al_2O_3 pada permukaan abu dasar menjadi gugus silanol dan aluminol yang lebih aktif sehingga abu dasar dapat berinteraksi dengan ditizon.

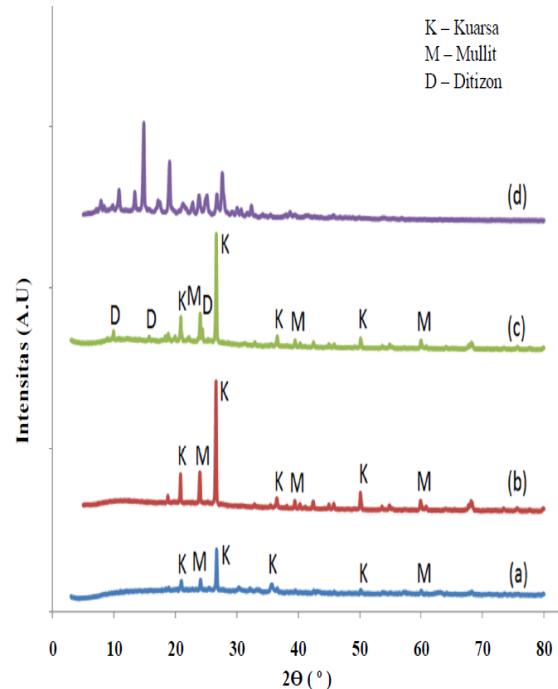
Imobilisasi Ditizon pada Abu Dasar Batubara

Proses imobilisasi ini pada dasarnya merupakan proses melekatkan material organik ditizon ke permukaan padatan abu dasar yang inert dan tidak larut, sehingga diharapkan gugus-gugus aktif dari material organik tersebut dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dan selektivitas adsorben. Ditizon memiliki atom S dan N pada strukturnya yang diharapkan dapat mengikat ion-ion logam seperti Pb(II) dan Cd(II) melalui interaksi kovalen koordinasi. Secara visual adsorben yang dihasilkan menunjukkan adanya perubahan warna partikel abu dasar yang semula berwarna keabu-abuan menjadi kecoklatan. Hasil penelitian selanjutnya dikonfirmasi dari hasil analisis XRD, spektrofotometri IR dan GSA.

Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi dengan XRD

Hasil difraktogram XRD pada Gambar 2. (a) menunjukkan bahwa tiga puncak yang memiliki intensitas terbesar pada abu dasar batubara muncul pada sudut difraksi $26,68^\circ$ ($d = 3,33 \text{ \AA}$); $24,05^\circ$ ($d = 3,69 \text{ \AA}$); dan $20,92^\circ$ ($d = 4,24 \text{ \AA}$).



s Difraktogram Sinar-X abu dasar batubara (a), abu dasar batubara teraktivasi (b), abu dasar batubara terimobilisasi ditizon (c), dan ditizon murni (d).

Berdasarkan data JCPDS (No. 46-1045 dan No. 15-0776), dua puncak utama pada difraktogram sinar-X abu dasar batubara yaitu pada sudut difraksi $26,68^\circ$ ($d = 3,33 \text{ \AA}$) dan $20,92^\circ$ ($d = 4,24 \text{ \AA}$) bersesuaian dengan sudut difraksi $26,68^\circ$ ($d = 3,34 \text{ \AA}$) dan $20,9^\circ$ ($d = 4,25 \text{ \AA}$) yang merupakan puncak-puncak karakteristik mineral kuarsa (SiO_2) sedangkan untuk puncak dengan sudut difraksi $24,05^\circ$ ($d = 3,69 \text{ \AA}$) bersesuaian dengan sudut difraksi $24,06^\circ$ ($d = 3,70 \text{ \AA}$) yang merupakan puncak karakteristik dari mineral mullit. Dengan demikian dapat diketahui bahwa abu dasar batubara yang digunakan dalam penelitian ini sebagian besar berada sebagai fasa kristalin kuarsa (SiO_2) dan mullit (Al_2O_3) Hasil ini memiliki kesesuaian dengan hasil analisis kuantitatif kadar mineral abu dasar batubara PS. Madukismo yang dilakukan oleh Wicaksono (2014) yang menyatakan bahwa komponen mineral penyusun

utama abu dasar batubara PS. Madukismo adalah kuarsa sebesar 41,50%.

Gambar 2.(b) teramati kenaikan intensitas mineral kuarsa dan mullit setelah aktivasi yang menunjukkan bahwa proses aktivasi menggunakan asam menyebabkan kenaikan derajat kristalinitas dari abu dasar.

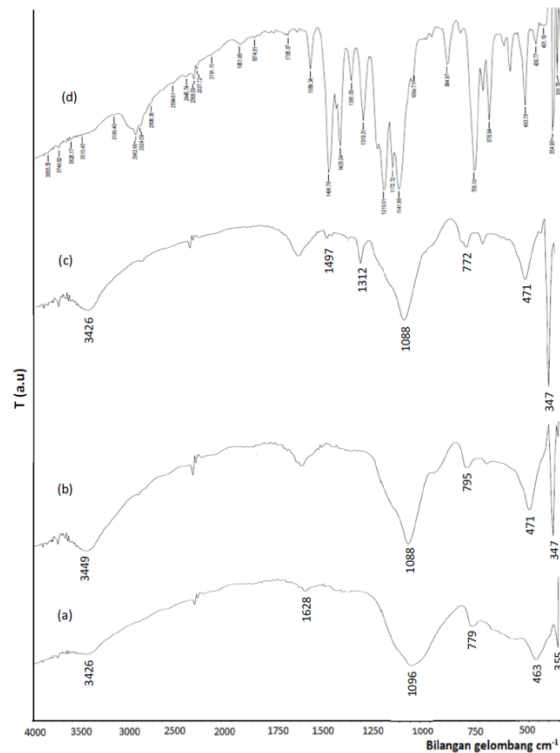
Gambar 2. (c) menunjukkan munculnya puncak-puncak baru yang semula tidak muncul pada difraktogram sinar-X dari abu dasar teraktivasi (Gambar 1. (b)). Puncak tersebut muncul pada sudut difraksi $9,90^\circ$ ($d = 8,93 \text{ \AA}$), $15,68^\circ$ ($d = 5,64 \text{ \AA}$) dan $24,32^\circ$ ($d = 3,66 \text{ \AA}$) yang karakteristik dengan puncak-puncak yang muncul pada difraktogram sinar-X ditizon yaitu pada sudut difraksi $10,79^\circ$ ($d = 8,19 \text{ \AA}$), $14,82^\circ$ ($d = 5,97 \text{ \AA}$) dan $24,90^\circ$ ($d = 3,57 \text{ \AA}$). Selain itu, pada Gambar 1. (c) teramati pula penurunan intensitas dari puncak-puncak mineral kuarsa dan mullit abu dasar yang menunjukkan bahwa imobilisasi ditizon pada abu dasar teraktivasi menyebabkan penurunan derajat kristalinitas adsorben.

Karakterisasi dengan Spektrofotometri IR

Gambar 3. (a) menunjukkan bahwa gugus-gugus fungsional yang karakteristik pada abu dasar batubara mirip dengan gugus-gugus fungsional pada zeolit. Adanya serapan lebar vibrasi ulur gugus -OH (3426 cm^{-1}) dan serapan kuat dari vibrasi ulur gugus Si-O-Si, Si-O-Al abu dasar (1096 cm^{-1}) memungkinkan abu dasar batubara dapat dimodifikasi dan mempunyai kemampuan adsorpsi terhadap ion logam berat. Gambar 3. (b) serapan vibrasi ulur gugus -OH dan gugus Si-O-Si terlihat lebih tajam dan mengalami pergeseran bilangan gelombang setelah proses aktivasi menggunakan asam yaitu masing-masing dari 3426 menjadi 3449 cm^{-1} dan dari 1096 menjadi 1088 cm^{-1} yang menunjukkan beberapa gugus siloksan Si-O-Si pada abu dasar telah berubah menjadi gugus silanol (Si-OH) yang lebih aktif.

Gambar 3. (c) teramati dua pita serapan karakteristik yang semula tidak muncul pada spektra IR abu dasar teraktivasi (Gambar 3. (b)). Dua pita serapan karakteristik tersebut yaitu serapan vibrasi gugus C=C aromatis (1497 cm^{-1}) dari gugus fenil dan serapan vibrasi gugus C-N (1312 cm^{-1}). Pita serapan dari vibrasi ulur

gugus C=S ($1200-1050 \text{ cm}^{-1}$) tidak teridentifikasi pada penelitian ini. Hal ini disebabkan pita serapan tersebut menyatu dengan pita serapan kuat dari gugus Si-O-Si pada daerah bilangan gelombang 1088 cm^{-1} (Yu *et al.*, 2011). Selain itu, teramati pula pergeseran bilangan gelombang vibrasi ulur gugus OH (3449 menjadi 3426 cm^{-1}) dan vibrasi asimetris pada jalinan eksternal (795 menjadi 772 cm^{-1}) yang menunjukkan adanya interaksi antara gugus-gugus ditizon dengan gugus-gugus aktif abu dasar.



Gambar 3. Spektra inframerah abu dasar batubara (a), abu dasar teraktivasi (b), abu terimobilisasi ditizon (c) dan ditizon murni (d).

Karakterisasi menggunakan GSA (Gas Sorption Analyzer)

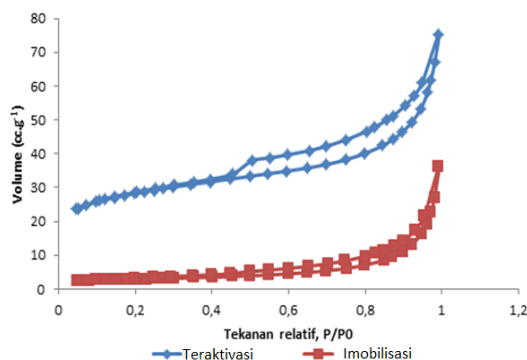
Bentuk isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 pada Gambar 4. menunjukkan bahwa isoterm adsorpsi-desorpsi N_2 dari adsorben memiliki kesesuaian dengan isoterm tipe 3.

Gambar 5. menunjukkan bahwa distribusi pori adsorben sebagian besar dibawah 800 \AA dan paling banyak memiliki ukuran $< 200 \text{ \AA}$. Distribusi pori adsorben hasil modifikasi menunjukkan diameter pori (d) yang berukuran

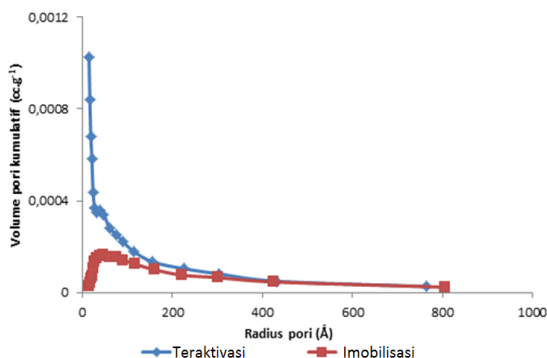
< 20 Å dan 20 Å < d < 500 Å mengalami penurunan. Berdasarkan klasifikasi *Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), dapat dikatakan bahwa abu dasar batubara setelah diimobilisasi dengan ditizon mengalami penurunan pori yang berukuran mikro dan meso.

Tabel 1. Sifat permukaan adsorben

Keterangan	Abu dasar teraktivasi	Abu dasar terimobilisasi ditizon
Luas Permukaan spesifik BET (m ² .g ⁻¹)	92,39	9,67
Volume pori total (mL.g ⁻¹)	1,16 x 10 ⁻¹	5,57 x 10 ⁻²
Radius pori rata-rata (Å)	25,14	115,21



Gambar 4. Isoterm adsorpsi-desorpsi N₂ dari adsorben.



Gambar 5. Distribusi pori adsorben

Tabel 1. menunjukkan imobilisasi ditizon pada abu dasar dapat menyebabkan kenaikan radius pori rata-rata, sedangkan volume pori total sebaliknya mengalami penurunan. Penurunan volume pori ini

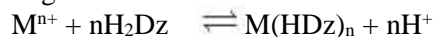
kemungkinan disebabkan oleh terjadinya penyisipan molekul ditizon ke dalam pori. Penyisipan molekul ini kemungkinan disertai dengan interaksi antara gugus-gugus dari ditizon dengan situs aktif abu dasar yang menyebabkan pori abu dasar mengalami pelebaran pori (kenaikan radius pori total).

Berdasarkan perhitungan mekanika kuantum, jarak antara gugus fenil yang satu dengan gugus fenil yang lain dalam molekul ditizon yaitu 13,168 Å, sehingga dengan diameter pori abu dasar 50,28 Å (dua kali nilai radius pori rata-rata abu dasar teraktivasi pada Tabel 1.) menunjukkan bahwa kemungkinan lebih dari dua molekul ditizon dapat masuk ke pori abu dasar setelah imobilisasi.

Pengaruh pH larutan logam

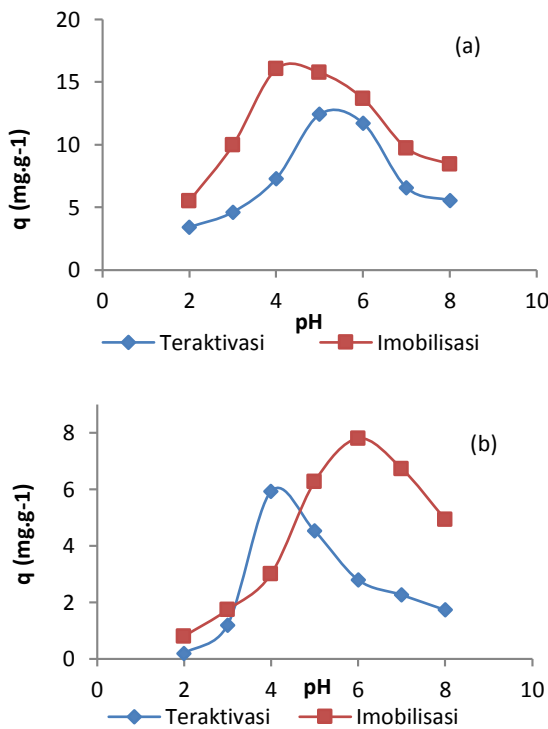
Pengaruh pH terhadap jumlah ion logam Pb(II) dan Cd(II) yang teradsorpsi dapat dilihat pada Gambar 6. yang menunjukkan bahwa secara umum peningkatan pH larutan menyebabkan peningkatan jumlah ion logam baik Pb(II) maupun Cd(II) yang teradsorpsi pada kedua adsorben dan mencapai nilai optimum pada pH tertentu.

Ion logam Pb(II) maupun Cd(II) dalam air umumnya membentuk kompleks [Pb(H₂O)₆]²⁺ dan [Cd(H₂O)₆]²⁺ dengan H₂O sebagai ligan. Pada pH rendah terjadi penurunan jumlah ion logam yang teradsorpsi, ini disebabkan pada keasaman tinggi memungkinkan terjadinya kompetisi antara ion H₃O⁺ dengan ion logam yang juga bermuatan positif untuk berikatan dengan gugus aktif pada permukaan adsorben. Berdasarkan persamaan reaksi Basset(1991) menunjukkan bahwa untuk adsorpsi menggunakan abu dasar terimobilisasi ditizon jika konsentrasi ion H₃O⁺ dalam larutan semakin besar, maka kesetimbangan reaksi akan bergeser ke kiri yang menyebabkan pembentukan kompleks logam ditizonat berkurang.



Pada kondisi optimum, jumlah ion logam yang berinteraksi dengan situs aktif adsorben mencapai jumlah maksimum akibat berkurangnya jumlah ion H₃O⁺ dan masih minimnya keberadaan ligan -OH dalam larutan (Yu *et al.*, 2011). Kondisi optimum pH adsorpsi Pb(II) pada adsorben abu dasar terimobilisasi

dan abu dasar teraktivasi yaitu masing-masing pada pH 4 dan pH 5, sedangkan untuk adsorpsi Cd(II) pH optimum diperoleh yaitu masing-masing pada pH 6 dan pH 4, dengan nilai kapasitas adsorpsi maksimum 16,04 dan 12,44 mg.g⁻¹ untuk Pb(II) serta 7,8 dan 5,93 mg.g⁻¹ untuk Cd(II). Salih *et al.*, (1998) melaporkan bahwa kapasitas adsorpsi dari ion logam Pb(II) dan Cd(II) 50 mg.L⁻¹ menggunakan adsorben *microbeads poli* (EDGMA-HEMA)-ditizon meningkat dengan peningkatan pH larutan dan nilai adsorpsi maksimum telah dicapai pada pH 4 untuk adsorpsi Pb(II) dan pada pH 6 untuk adsorpsi Cd(II) dengan kapasitas adsorpsi masing-masing 31 mg.g⁻¹ untuk Pb(II) dan 7,6 mg.g⁻¹ untuk Cd(II).

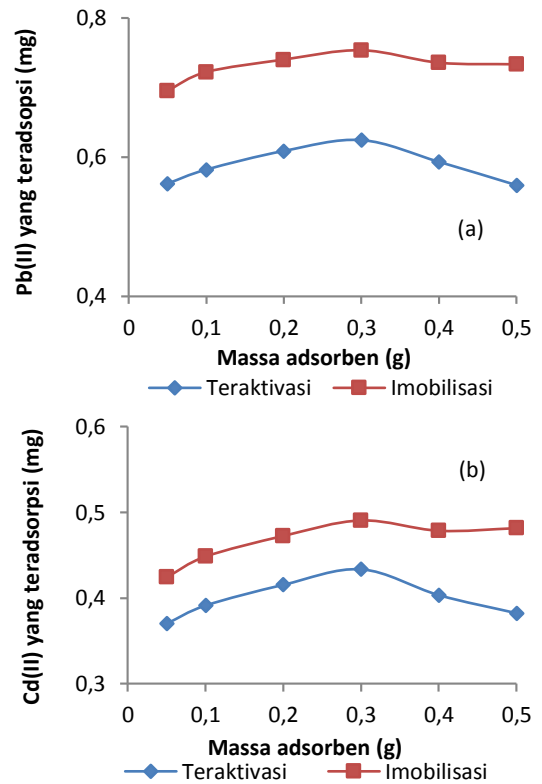


Gambar 6. Grafik pengaruh pH terhadap jumlah Pb(II) (a) dan Cd(II) (b) yang teradsorpsi pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Kenaikan pH menimbulkan penurunan jumlah ion logam yang teradsorpsi. Hal ini disebabkan karena pengaruh pH terhadap spesiasi ion logam Pb(II) dan Cd(II) yang mulai mengendap membentuk persenyawaan dengan ligan -OH yaitu pada pH 7 untuk ion Pb(II) dan pada pH 9 untuk ion Cd(II). Selain itu,

berdasarkan nilai K_{sp} Pb(OH)₂ dan Cd(OH)₂ yaitu masing-masing $1,43 \cdot 10^{-20}$ dan $7,2 \cdot 10^{-15}$ menunjukkan bahwa ion Pb(II) dan Cd(II) mulai mengendap dalam bentuk Pb(OH)₂ dan Cd(OH)₂ yaitu masing-masing pada pH 6 dan pH 9, sehingga endapan yang terbentuk sebelum interaksi dapat mengurangi jumlah ion logam yang dapat teradsorpsi.

Pengaruh massa adsorben



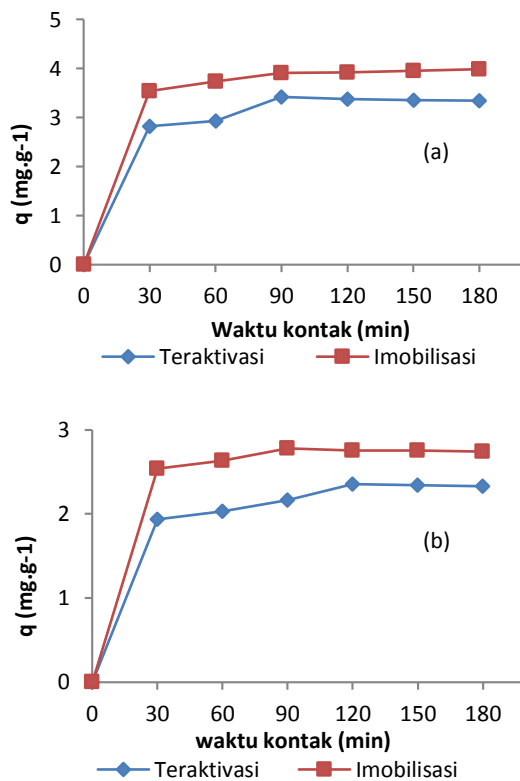
Gambar 7. Grafik pengaruh massa adsorben terhadap jumlah Pb(II) (a) dan Cd(II) (b) yang teradsorpsi pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Peningkatan jumlah ion logam yang teradsorpsi (baik Pb(II) maupun Cd(II)) teramati seiring dengan peningkatan massa adsorben yang digunakan (Gambar 7.). Ini menunjukkan bahwa meningkatnya jumlah situs aktif pada adsorben dengan waktu dan konsentrasi adsorbat yang tetap memberikan kesempatan yang lebih besar untuk ion logam dapat teradsorpsi. Penggunaan massa adsorben yang terlalu besar secara umum menyebabkan jumlah ion logam yang teradsorpsi cenderung tetap atau menurun.

Hal ini kemungkinan disebabkan adsorben mengalami penumpukan sehingga banyak situs aktif yang tersembunyi dan tidak dapat diakses secara bebas oleh ion logam yang juga terhidrasi oleh molekul air dalam larutan dengan ukuran kompleks terhidrasi yang cukup besar (Raharjo *et al.*, 2008).

Adapun nilai maksimum Pb(II) dan Cd(II) yang teradsorpsi pada kedua adsorben (baik pada abu dasar teraktivasi maupun abu dasar terimobilisasi ditizon) tercapai pada massa adsorben 0,3 g.

Kinetika Adsorpsi



Gambar 8. Grafik pengaruh variasi waktu kontak terhadap jumlah Pb(II) (a) dan Cd(II) (b) yang teradsorpsi pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Hasil penelitian tahap ini dapat dilihat pada Gambar 8. Dari gambar tersebut, secara umum teramati adanya peningkatan jumlah ion logam yang teradsorpsi hingga waktu interaksi tertentu dan kemudian relatif konstan untuk kedua jenis adsorben yang digunakan.

Pada adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) terjadi peningkatan jumlah ion logam yang teradsorpsi dimenit-menit awal proses adsorpsi. Waktu

optimum interaksi Pb(II) dengan ditizon dicapai pada menit ke-90 untuk kedua adsorben yang digunakan dengan kapasitas adsorpsi sebesar 3,42 mg.g⁻¹ untuk abu dasar teraktivasi dan 3,91 mg.g⁻¹ untuk abu dasar terimobilisasi ditizon.

Tabel 2. menunjukkan bahwa kinetika reaksi adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon cenderung mengikuti persamaan kinetika pseudo orde dua. Hal ini menunjukkan bahwa adsorpsi didasarkan pada adsorpsi fasa padat (Ho dan McKay, 1999). Kecenderungan kinetika adsorpsi pada penelitian ini sesuai dengan hasil yang telah dilaporkan oleh Gorme *et al.*, (2010), Sukpreabrom *et al.*, (2014), dan Cestari *et al.*, (2004).

Tabel 2. Persamaan kinetika adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Orde Reaksi	R ²			
	Pb(II)		Cd(II)	
	A	B	C	D
Orde nol	0,619	0,822	0,849	0,581
Orde satu	0,627	0,814	0,850	0,584
Orde dua	0,635	0,805	0,849	0,587
Orde tiga	0,642	0,797	0,848	0,589
Pseudo orde satu	0,595	0,967	0,868	0,774
Pseudo orde dua	0,996	0,999	0,990	0,999

Keterangan: A: adsorpsi Pb(II) pada abu dasar teraktivasi; B: adsorpsi Pb(II) pada abu dasar terimobilisasi ditizon; C: adsorpsi Cd(II) pada abu dasar teraktivasi; D: adsorpsi Cd(II) pada abu dasar terimobilisasi ditizon.

Nilai konstanta laju (*k*) adsorpsi ion Pb(II) maupun Cd(II) pada abu dasar terimobilisasi ditizon dalam penelitian ini secara umum teramati lebih besar dibandingkan pada abu dasar teraktivasi (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa kesetimbangan reaksi adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar terimobilisasi ditizon menjadi lebih cepat.

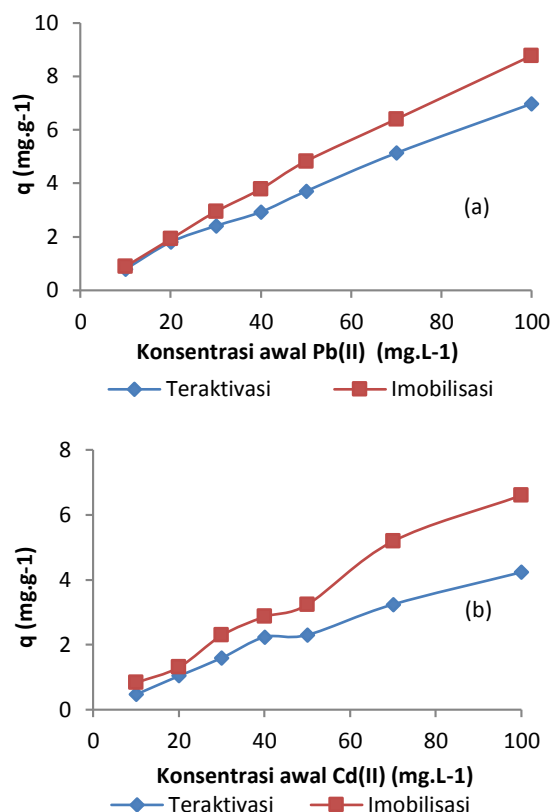
Tabel 3. Parameter kinetika adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon

Adsorben	Pseudo orde dua Pb(II)			Pseudo orde dua Cd(II)		
	k (g.mg ⁻¹ . min ⁻¹)	q_e (mg.g ⁻¹)	R^2	k (g.mg ⁻¹ . min ⁻¹)	q_e (mg.g ⁻¹)	R^2
Abu teraktivasi	0,289	3,460	0,996	0,176	2,176	0,990
Abu terimobilisasi	0,309	4,089	0,999	0,218	2,794	0,999

Isoterm Adsorpsi

Gambar 9. secara umum menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi meningkat seiring dengan peningkatan konsentrasi awal ion logam yang dipelajari. Hasil penelitian menunjukkan pula kapasitas adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar batubara terimobilisasi ditizon lebih besar dibandingkan pada abu dasar teraktivasi. Nilai kapasitas adsorpsi tertinggi pada adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) menggunakan adsorben abu dasar terimobilisasi ditizon, yaitu masing-masing 8,76 dan 6,61 mg.g⁻¹.

Tabel. 4 menunjukkan pada sistem adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) baik oleh abu dasar teraktivasi maupun abu dasar terimobilisasi ditizon mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai R² masing-masing 0,943 dan 0,854 untuk ion Pb(II) serta 0,965 dan 0,944 untuk ion Cd(II). Nilai ini lebih besar dari nilai R² yang diperoleh dari model isoterm Langmuir, sehingga dapat diasumsikan bahwa adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) terjadi pada permukaan heterogen dari kedua adsorben yang digunakan dan mengikuti pola *multilayer*. Hasil ini bersesuaian dengan penelitian sebelumnya oleh Gorme *et al.*, (2010) dan Sukpreabprom *et al.*, (2014) yang telah melaporkan bahwa adsorpsi Pb(II), Cd(II) dan Zn(II) menggunakan adsorben abu dasar batubara mengikuti oleh model isoterm Freundlich. Cestari *et al.*, (2004) melaporkan pula telah mempelajari parameter kinetika dan kesetimbangan dari adsorpsi Hg(II) pada silika-ditizon dengan data isotherm adsorpsi yang diperoleh digambarkan dengan baik oleh model isotherm Freundlich.



Gambar 9. Grafik pengaruh konsentrasi awal Pb(II) (a) dan Cd (II) (b) terhadap jumlah ion Pb(II) dan Cd(II) yang teradsorpsi pada abu dasar teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Nilai K_F merupakan konstanta Freundlich yang dihubungkan dengan kapasitas adsorpsi. Berdasarkan Tabel. 4 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi ion Pb(II) dan Cd(II) meningkat dengan penggunaan adsorben abu dasar terimobilisasi ditizon. Selain itu, nilai $1/n$ dari adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) mengindikasikan pula bahwa adsorbat teradsorpsi dengan baik oleh adsorben ($0 < 1/n < 1$) (Zhang dan Qu, 2013).

Tabel 4. Parameter model isoterm adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada abu dasar batubara teraktivasi dan abu dasar terimobilisasi ditizon.

Parameter Isoterm	Pb(II)		Cd(II)	
	Abu Aktivasi	Abu Imobilisasi	Abu Aktivasi	Abu Imobilisasi
Langmuir q_m (mol.g ⁻¹)	$7,71.10^{-5}$	$8,39.10^{-5}$	$5,49.10^{-5}$	$6,17.10^{-5}$
K_L (L.mg ⁻¹)	4453,18	15665,66	1333,78	3086,62
R^2	0,655	0,281	0,569	0,341
Freundlich K_F (L.g ⁻¹)	0,035	0,063	0,019	0,024
$1/n$	0,793	0,561	0,893	0,775
R^2	0,943	0,854	0,965	0,944

5. KESIMPULAN

1. Adsorben abu dasar terimobilisasi ditizon dapat disintesis dengan mengimobilisasikan ditizon pada permukaan abu dasar yang telah diaktivasi. Adsorben yang dihasilkan berupa serbuk berwarna coklat yang memiliki afinitas adsorpsi yang baik terhadap Pb(II) dan Cd(II).
2. Kondisi optimum adsorpsi ion Pb(II) 40 mg.L⁻¹ untuk abu dasar teraktivasi terjadi pada pH 5 dan untuk abu dasar terimobilisasi ditizon terjadi pada pH 4 dengan massa adsorben dan waktu kontak yang sama untuk kedua adsorben yaitu 0,3 g dan 90 menit. Pada adsorpsi ion Cd(II) 40 mg.L⁻¹, kondisi optimum adsorpsi terjadi pada pH 4 untuk abu dasar teraktivasi dan pH 6 untuk abu dasar terimobilisasi dengan massa adsorben 0,3 g dan waktu kontak masing-masing 120 menit dan 90 menit.
3. Kinetika adsorpsi ion Pb(II) dan Cd(II) mengikuti persamaan kinetika adsorpsi pseudo orde dua (Ho dan McKay) dengan nilai konstanta laju (*k*) oleh abu dasar terimobilisasi ditizon secara umum lebih besar dibandingkan abu dasar teraktivasi.
4. Model isoterm adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) pada kedua adsorben mengikuti model isoterm Freundlich dengan nilai K_F pada adsorpsi Pb(II) sebesar 0,035 L.g⁻¹ untuk abu dasar teraktivasi dan 0,063 L.g⁻¹ untuk abu dasar terimobilisasi ditizon, sedangkan pada adsorpsi Cd(II) nilai K_F yang diperoleh sebesar 0,019 L.g⁻¹ untuk abu dasar teraktivasi dan 0,024 L.g⁻¹ untuk abu dasar terimobilisasi ditizon. Nilai K_F tersebut mengindikasikan bahwa kapasitas adsorpsi Pb(II) dan Cd(II) meningkat dengan penggunaan adsorben abu dasar terimobilisasi ditizon dibandingkan oleh abu dasar teraktivasi.

6. REFERENSI

- Amer, M.W., Khalili, F.I. and Awwad, A.M., 2010, Adsorption of Lead, Zinc and Cadmium Ions on Polyphosphate-Modified Kaolinite Clay, *J. Environ. Chem. Eco*, 2(1), 001-008.
- Badan Standar Nasional, 2009, SNI 7387-2009: Batas Maksimum Cemar Logam Berat dalam Pangan.

Basset, J., Denney, R.C., Jeffery, G.H. and Mendham, J., 1991, *Vogel's Textbook Of Quantitative Inorganic Analysis Including Elementary Instrumental Analysis*, 4th Ed, Longman Group UK, London.

Boonamnuayvitaya, V., Chaiya, C. and Tanthapanichakoon, W., 2004, Removal of Heavy Metals by Adsorbent Prepared from Pyrolyzed Coffee Residues and Clay, *Elsevier*, 35, pp.11–22.

Castellan, G.W., 1982, *Physical Chemistry*. 3rd Ed, General Graphic Services, New York.

Cestari, A.R., Vieira, E.F.S., Lopes, E.C.N. and Silva, R.G., 2004, Kinetics and Equilibrium Parameters of Hg (II) Adsorption on Silica – Dithizone, *J. Colloid Sci* 272, pp.271–276.

Friedeberg, H., 1995, Separation and Determination of Microgram Quantities of Silver, Mercury, and Copper with Dithizone, *Anal. Chem.*, 27 (2), 305-306.

Gharabaghi, M., Irannajad, M. and Azadmehr, A.R., 2012, Selective Sulphide Precipitation of Heavy Metals from Acidic Polymetallic Aqueous Solution by Thioacetamide, *Ind. Eng. Chem. Res*, 51(2), pp.954–963.

Ghasemi, F.R., Gafari, H.M., Mousavi, S.M. and Dehghan, M., 2012, Sorption Characteristics of Heavy Metal onto Natural Zeolite of Clinoptilolite Type, *Intl. Res. J. Basic Appl. Sci*, Vol, 3 (10), 2079-2084.

Gorme, J.B., Maniquiz, M.C., Kim, S.S., Son, Y.G., Kim, Y.T. and Kim, L.H., 2010, Characterization of Bottom Ash as an Adsorbent of Lead from Aqueous Solutions, *Environ. Eng. Res*, 15(4), pp.207–213.

Ho, Y. and McKay, G., 1999, Pseudo-Second Order Model for Sorption Processes, *Process Biochem*, 34(5), pp.451–465.

Hsu, T.C., Yu, C.C. and Yeh, C.M., 2008, Adsorption of Cu²⁺ from Water using Raw and Modified Coal Fly Ashes, *Fuel*, 87(7), pp.1355–1359.

- Jawor, A. and Hoek, E.M. V, 2010, Removing Cadmium Ions from Water via Nanoparticle-Enhanced Ultrafiltration. *Environ. Sci. Technol.*, 44(7), pp.2570–2600.
- Jiang, M., Jin, X., Lu, X. and Chen, Zu, 2010, Adsorption of Pb(II), Cd(II), Ni(II) and Cu(II) onto Natural Kaolinite Clay. *Des.*, 252(1-3), pp.33–39.
- Li, Y., Wang, J., Wang, X. and Wang, J, 2012. Adsorption–Desorption of Cd(II) and Pb(II) on Ca-Montmorillonite. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 51(18), 6520–6528.
- Lim, M., You, K.S., Han, G.C., Cho, H, C. and AHN, J.W, 2009, Adsorption Behavior of Heavy Metals on NaP1 Zeolite Synthesized from Coal Bottom Ash, *World of Coal Ash (WOCA) Conference (III)*, p.2009.
- Mahmoud, M.E., Osman, M.M., Hafez, O.F, Hegazi, A.H. and Elmelegy, E, 2010, Removal and Preconcentration of Lead (II) and Other Heavy Metals from Water by Alumina Adsorbents Developed by Surface-Adsorbed-Dithizone, *DES*, 251(1-3), pp.123–130.
- Mahmoud, M.E., Osman, M.M. and Amer, M.E, 2000, Selective Pre-Concentration and Solid Phase Extraction of Mercury (II) from Natural Water by Silica Gel-loaded Dithizone Phases, *Anal. Chim. Acta*, 415(1-2), pp.33–40..
- Manzoori, J.L. and Karim-nezhad, G, 2004, Development of A Cloud Point Extraction and Preconcentration Method for Cd and Ni Prior to Flame Atomic Absorption Spectrometric Determination, *Anal. Chim. Acta*, 521, 173–177.
- Mohsen-Nia, M., Montazeri, P. and Modarress, H, 2007, Removal of Cu²⁺ and Ni²⁺ from Wastewater with a Chelating Agent and Reverse Osmosis Processes, *DES*, 217(1-3), pp.276–281.
- Radi, S., Tighadouini, S., Bacquet, M., Degoutin, S., Cazier, F., Zaghrioui, M., and Mabkhot, Y.N, 2014, Organically Modified Silika with Pyrazole-3-Carbaldehyde as a New Sorbent for Solid-Liquid Extraction of Heavy Metal, *Molecules*, 19, 247-262.
- Raharjo, G., Tahir, I. and Wahyuni, E.T, 2008, Immobilization of Dithizone onto Chitin Isolated from Prawn Seawater Shells (*P. merguensis*) and its Preliminary Study for the Adsorption of Cd (II) Ion, *J. Phys. Sci.*, 19(1), pp.63–78.
- Rajesh, N. and Manikandan S, 2008, Spectrophotometric Determination of Lead after Preconcentration of Its Diphenylthiocarbazone Complex on an Amberlite XAD-1180 Column, *Spectrochim Acta A*, 70:754-757.
- Salih, B., Danizli, A., Kavakli, C., Say, R. and Piskin, E, 1998, Adsorption of Heavy Metal Ions onto Dithizone-Anchored Poly (EGDMA-HEMA) Microbeads, *Talanta*, 46(5), pp.1205–13.
- Sukpreabprom, H., Arquero, O.A., Naksata, W., Sooksamiti, P. and Janhom, S, 2014, Isotherm, Kinetic and Thermodynamic Studies on the Adsorption of Cd(II) and Zn(II) Ions from Aqueous Solutions onto Bottom Ash, *Inter. J. Environ. Sci. Develop.*, 5(2), pp.165–170.
- Syahrul, M., Muftah, F. and Muda, Z, 2010, The Properties of Special Concrete Using Washed Bottom Ash (WBA) as Partial Sand Replacement, *Inter. J. Sustain. Construc. Eng. Technol.*, 1(2), 65–76.
- Szekeres, M., Toth, J. and Dekany, I, 2002, Specific Surface Area of Stoeber Silika Determinated by Various Experimental Methods, *Langmuir*, 18, 2678-2685.
- Tunjangsari, R, 2008, Studi Adsorpsi Ion Logam Pb(II) oleh Abu Dasar (Bottom Ash) Batubara, *Skripsi*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Wang, C. Liu, J., Zhang, Z., Wang, B. and Sun, H, 2012, Adsorption of Cd(II), Ni(II), and Zn(II) by Tourmaline at Acidic Conditions: Kinetics, Thermodynamics, and Mechanisms, *Indust. Eng. Chem. Res.*, 51(11), pp.4397–4406.

- White, W.E, 1925, Dithizone as an Analytical Reagent, *J. Chem. Ed*, (2), 269-273.
- Wicaksono, D, 2014, Adsorpsi Kompetitif Metilen Biru dan Metil Violet menggunakan Abu Dasar Batubara, *Skripsi*, FMIPA, UGM, Yogyakarta.
- Wingenfelder, U., Nowack, B., Furrer, G. and Schulin, R, 2005, Adsorption of Pb and Cd by Amine-Modified Zeolite, *Water Res*, 39(14), 3287–97.
- Wu, Y., Zhang, S., Guo, X. and Huang, Honglin, 2008, Adsorption of Chromium(III) on Lignin, *Bioresour Technol*, 99(16), pp.7709–15.
- Yu, H.M., Song, H. and Chen, M.L, 2011, Dithizone Immobilized Silica Gel On-Line Preconcentration of Trace Copper with Detection by Flame Atomic Absorption Spectrometry, *Talanta*, 85(1), pp.625–30.
- Zhang, J. X. and Qu, L. L, 2013, Kinetic, Isotherm and Thermodynamic Studies of the Adsorption of Crystal Violet by Activated Carbon from Peanut Shells, *Water Sci. Technol*, vol. 67, pp. 737-744.
- Zhao, F., Repo, E., and Yin, D, 2013, Adsorption of Cd(II) and Pb(II) by a Novel EGTA-modified Chitosan Material: Kinetics and Isotherms, *J. Colloid Interface. Sci*, 174-182
- Zhao, G, Zhang, H., Fan, Q., Ren, X. and Li, J, 2010, Sorption of Copper(II) onto Super-Adsorbent of Bentonite-Polyacrylamide Composites, *J. Hazard. Mater*, 173(1-3), pp.661–8.

PEMANFAATAN LIMBAH ALUMINIUM FOIL SEBAGAI BAHAN KEAGULAN POLI ALUMINIUM KLORIDA (PAC) PADA PENGOLAHAN AIR BUANGAN LABORATORIUM

Erni Mohamad

Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo

Email: erni.mohamad@yahoo.com

Abstract

Chronology of events in the laboratory from sample preparation to implementation of testing, requiring major chemical materials and support. Materials such chemical safter use is generally disposed so as to produce waste that became known as the waste water laboratory. There are currently no waste water treatment plants of eared the next few yearsthere will beenvironmentaldegradationdue to environmental pollution from waste water laboratory. This requires a design of an integrated waste treatment. This study is intended as apreliminary study to obtain preliminary data waste water conditions. Then make aluminium waste as coagulant PAC foil because aluminiumiscontainedin the packaging of ready meals usually just dumped into the environment without the initial process. Aluminum foil is potentially good if reprocessed as a coagulant in waste water treatment processes laboratory. In making coagulant obtained by varying the volume of HCl PAC in accordance with quality standards. PAC obtained in waste water applied to the laboratory and the results showed tha tthe PAC from waste aluminum foil can correct the acidity of pH value of waste water in to the lab from 2:17pH<4 and can agglomerate waste by 75%

Keywords: Aluminium, keagulan, air, PAC, laboratorium

1. PENDAHULUAN

Laboratorium merupakan tempat di mana dilakukan suatu kegiatan pengujian pengujian untuk memperoleh data hasil uji yang akurat dan valid. Data yang diperoleh dari hasil pengujian di laboratorium baik pengujian secara kualitatif maupun secara kuantitatif merupakan data yang dapat ditelusuri, selanjutnya dapat juga digunakan sebagai proses hukum. Berbagai kegiatan dapat dilakukan di laboratorium, mulai dari persiapan contoh untuk pengujian sampai dengan kegiatan pengujian. Beberapa pengujian umum yang dilakukan di laboratorium antara lain pengujian fisika, kimia dan mikrobiologi.

Alur kegiatan pengujian di laboratorium dimulai dari persiapan contoh sampai dengan pelaksanaan pengujian, membutuhkan bahan-bahan kimia utama dan pendukung. Jenis bahan kimia yang

umum dipakai antara lain bahan kimia bersifat asam, basa, organik dan anorganik. Jenis asam-asam kuat yang digunakan seperti Asam Klorida (HCl), Asam Nitrat (HNO₃), Asam Sulfat (H₂SO₄) dan lain-lain. Beberapa asam lemah yang biasa digunakan antara lain Asam Posfat (H₃PO₄), Asam Karboksilat (HCOOH) dan sebagainya. Jenis-jenis basa kuat yang umum digunakan seperti Natrium Hidroksida (NaOH) dan Kalium Hidroksida (KOH). Kelompok bahan kimia anorganik meliputi berbagai jenis garam seperti Natrium Klorida (NaCl), Magnesium Klorida (MgCl₂), Kalium Klorida (KCl), Merkuri Sulfat (MgSO₄), Kalium Kromat (K₂CrO₇), Kalium Bikromat (K₂CrO₇), Ferro Ammonium Sulfat (Fe(NH₄SO₄)₂) dan berbagai jenis garam lainnya. Bahan kimia organik yang sering digunakan seperti jenis Alkohol, Aldehida, Aseton, senyawa Amina, Amida dan sebagainya.

Jenis bahan kimia pendukung yang digunakan seperti deterjen sebagai bahan pembersih. Bahan kimia tersebut di atas pada umumnya dibuang sehingga menghasilkan limbah yang kemudian dikenal dengan limbah laboratorium.

Saat ini belum terdapat instalasi pengolahan air limbah (IPAL) sehingga dikhawatirkan beberapa tahun ke depan akan terjadi degradasi lingkungan akibat pencemaran lingkungan dari air limbah laboratorium. Untuk itu diperlukan suatu rancangan pengolahan limbah terpadu. Penelitian ini dimaksudkan sebagai penelitian pendahuluan untuk mendapatkan data awal kondisi air limbah laboratorium di Jurusan Kimia FMIPA. Sebagai acuan digunakan air limbah laboratorium dari Lab

Sementara itu seiring dengan kemajuan teknologi, pemakaian logam aluminium sebagai bahan industri peralatan rumah tangga dan elektronik semakin meningkat untuk proses produksi. Hal ini tidak luput dari limbah sisa-sisa logam aluminium atau limbah aluminium foil kemasan makanan. Jika hal ini tidak ditangani dengan cepat maka limbah ini akan memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan, limbah aluminium dapat mencemari tanah dan juga air. Oleh karena itu perlu didaur ulang dari limbah menjadi bahan yang lebih bernilai, salah satu diantaranya menjadi flokulan Poli Aluminium Klorida (PAC). PAC dapat digunakan pada proses penjernihan air sungai menjadi air minum. Pengguna flokulan jenis PAC ini diantaranya adalah PDAM sebagai pengolah air sungai menjadi air minum.

Tetapi karena memiliki kendala pada harganya yang lebih mahal dari tawas, maka saat ini digunakan tawas sebagai bahan penjernih air. Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan PAC dengan kualitas seperti yang ada di pasaran dan memenuhi standard SNI, sehingga PAC yang dihasilkan dapat digunakan untuk proses pengolahan air dari berbagai sumber. Dalam Penelitian ini menggunakan limbah aluminium foil hasil kemasan makanan siap saji, umumnya pemakaian Aluminium untuk pembuatan PAC adalah bauksit atau alumina.

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari proses pembuatan larutan PAC dari sisa potongan logam aluminium dan variabel proses yang berpengaruh, serta mencoba untuk menggunakan larutan PAC yang dihasilkan untuk bahan pengolahan air buangan laboratorium.

Aluminium adalah logam yang berwarna putih perak dan tergolong ringan yang mempunyai massa jenis 2,7–3.g/cm. Sifat-sifat aluminium antara lain ringan, tahan korosi dan tidak beracun, maka banyak digunakan untuk alat rumah tangga seperti panci, wajan dan lain-lain. Reflektif, dalam bentuk aluminium foil digunakan sebagai pembungkus makanan, obat, dan rokok. Daya hantar listrik dua kali lebih besar dari Cu, maka Al digunakan sebagai kabel tiang listrik. Paduan Al dengan logam lainnya menghasilkan logam yang kuat seperti *Duralium* (campuran Al, Cu, mg) untuk pembuatan badan pesawat. Al sebagai zat reduktor untuk oksida MnO_2 dan Cr_2O_3 .

Akan tetapi dengan adanya kemajuan teknologi, pemakaian logam aluminium disamping berdampak positif ternyata juga memiliki dampak negatifnya. Hal ini tidak luput dari limbah sisa-sisa logam aluminium yang berasal dari sisa-sisa pemakaian aluminium tersebut. Jika hal ini tidak ditangani dengan cepat maka limbah ini akan memberikan dampak yang buruk bagi lingkungan, limbah aluminium dapat mencemari tanah dan juga air. Oleh karena itu perlu didaur ulang dari limbah menjadi bahan yang lebih bernilai, salah satu diantaranya menjadi flokulan Poli Aluminium Klorida (PAC). PAC dapat digunakan pada proses penjernihan air sungai menjadi air minum. Pengguna flokulan jenis PAC ini diantaranya adalah PDAM sebagai pengolah air sungai menjadi air minum.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1 Poli Aluminium Klorida (PAC)

Polyaluminium Chloride adalah singkatan dari PAC, merupakan polimer anorganik yang sangat efisien untuk flokul, antara $AlCl_3$ dan $Al(OH)_3$ antaraproduk hidrolisa, dengan polimer hidroksida dan menjembatani, rumus molekul: $[Al_2(OH)_nCl_{6-n} \cdot xH_2O]_m$ ($m \leq 10$, $n = 1 \sim 5$).

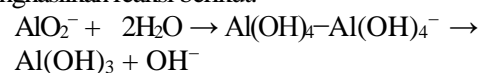
Dalam pemurnian air, senyawa ini lebih disukai, dalam beberapa kasus karena lebih efektif menghilangkan bahan kotor dibandingkan garam aluminium lainnya seperti aluminium sulfat, aluminium klorida dan berbagai bentuk kloridapolyaluminium dan chlorisulfate polyaluminium, yang struktur aluminium menghasilkan muatan bersih yang lebih rendah dibandingkan chlorohydrate aluminium.

Ion Aluminium bersifat amfoter bergantung pada suasana lingkungan yang mempengaruhinya. Karena suasananya asam maka aluminium akan juga bersifat asam sehingga pH larutan menjadi turun. Jika zat-zat ini dilarutkan dalam air, akan terjadi disosiasi garam menjadi kation logam dan anion. Ion logam akan menjadi larutan dengan konsentrasi lebih rendah dari pada molekul air, hal ini disebabkan muatan positif yang kuat pada permukaan ion logam (hidrasi) dengan membentuk molekul heksaquo (yaitu 6 molekul air yang digabung berdekatan) atau disebut dengan logam $(H_2O)_6^{3+}$, seperti $[Al(H_2O)_6]^{3+}$. Ion seperti ini stabil pada media yang sedikit asam, untuk aluminium pada $pH < 4$, untuk Fe pada $pH < 2$. Jika pH meningkat ada proton yang akan lepas dari ion logam yang terikat dan bereaksi sebagai asam. Sebelum digunakan satu hal yang harus disiapkan yaitu larutan koagulan. Di dalam larutan, koagulan harus lebih efektif, bila berada pada bentuk trivalen (valensi 3) seperti Fe^{3+} atau Al^{3+} , menghasilkan $pH < 1,5$.

Ion H^+ bereaksi dengan alkalinitas. Reaksi-reaksi hidrolisa di atas merupakan persamaan reaksi hidrolisa secara keseluruhan. Reaksi 1) biasanya digunakan untuk menghitung perubahan alkalinitas dan pH. Pada kenyataannya ion Al^{3+} dalam larutan koagulan terhidrasi dan akan berlangsung dengan ketergantungan pH hidrolisa. Senyawa yang terbentuk bermuatan positif dan dapat berinteraksi dengan zat kotoran seperti koloid. Tahap pertama terbentuk senyawa dengan 5 molekul air dan 1 gugus hidroksil yang muatan total akan turun dari 3+ menjadi 2+ misalnya: $[Al(H_2O)_5OH]^{2+}$. Jika pH naik sampai mencapai ± 5 maka akan terjadi reaksi tahap kedua dengan senyawa yang mempunyai 4 molekul air dan 2 gugus hidroksil. Larutan dengan $pH > 6$ (dipengaruhi oleh Ca^{2+}) akan terbentuk senyawa logam netral $(OH)_3$ yang tidak bisa larut dan mempunyai volume yang besar dan

bisa diendapkan sebagai flok. Jika alkalinitas cukup ion H^+ yang terbentuk akan terlepas dan endapan $[Al(H_2O)_3(OH)_3]$ atau hanya $Al(OH)_3$ yang terbentuk. Pada pH lebih besar dari 7.8 ion aluminat $*Al(H_2O)_2(OH)_4^-$ atau hanya $Al(OH)_4^-$ yang terbentuk yang bermuatan negatif dan larut dalam air. Untuk menghindari terbentuknya senyawa aluminium terlarut, maka jangan dilakukan koagulasi dengan senyawa aluminium pada nilai pH lebih besar dari 7.8. Polimerisasi senyawa aluminium hidroksil berlangsung dengan menghasilkan kompleks yang mengandung ion Al yang berbeda berikatan dengan ion lainnya oleh grup OH^- . Contoh: $OH[(H_2O)_4 Al Al(H_2O)_4]^{4+}$ atau $Al_2(OH)_2^{4+}$. OH Polinuklir Al kompleks diajukan untuk diadakan, seperti: $[Al_7(OH)_{17}]^{4+}$; $[Al_8(OH)_{20}]^{4+}$; $[Al_{13}(OH)_{34}]^{5+}$

Selama koagulasi pengaruh pH air terhadap ion H^+ dan OH^- adalah penting untuk menentukan muatan hasil hidrolisa. Komposisi kimia air juga penting, karena ion divalen seperti SO_4^{2-} dan HPO_4^{2-} dapat diganti dengan ion-ion OH^- dalam kompleks oleh karena itu dapat berpengaruh terhadap sifat-sifat endapan. Presipitasi dari hidroksida menjamin adanya ion logam yang bisa dipisahkan dari air karena koefisien kelarutan hidroksida sangat kecil. Senyawa yang terbentuk pada pH antara 4 – 6 dan yang terhidrolisa, dapat dimanfaatkan untuk polimerisasi dan kondensasi (bersifat membentuk senyawa dengan atom logam lain) misalnya $Al_6(OH)_{15}^{3+}$. Aluminium sering membentuk kompleks 6 s/d 8 dibandingkan dengan ion Fe (III) yang membentuk suatu rantai polimer yang panjang. Senyawa itu disebut dengan cationic polynuclear metal hydroxo complex dan sangat bersifat mengadsorpsi dipermukaan zat-zat padat. Bentuk hidrolisa yang akan terbentuk dalam air, sebagian besar tergantung pada pH awal, kapasitas dapar (buffer), suhu, maupun konsentrasi koagulan dan kondisi ionik (Ca^{2+} dan SO_4^{2-}) maupun juga dari kondisi pencampuran dan kondisi reaksi. Senyawa Al yang lainnya adalah sodium aluminat, $NaAlO_2$ atau $Na_2Al_2O_4$. Kelebihan NaOH yang ditambahkan (rasio Na_2O/Al_2O_3 dalam $Na_2Al_2O_4$ adalah :1,2 – 1,3/1) untuk menaikkan stabilitas sodium aluminat. Penambahan zat ini dalam bentuk larutan akan menghasilkan reaksi berikut:



Reaksi kedua hanya mungkin bila asiditas dalam air cukup untuk menghilangkan ion OH⁻ yang terbentuk sehingga menyebabkan kenaikan pH.

Pada prakteknya satu hal dipertimbangkan memberikan kelebihan asam dari larutan alum (pH 1.5) yang ditambahkan dan yang lainnya kelebihan NaOH di dalam sodium aluminat (untuk stabilitas). Pada kekeruhan yang disebabkan tanah liat sangat baik dihilangkan dengan batas pH antara 6,0 sampai dengan 7,8; penghilangan warna umumnya dilakukan pada pH yang sedikit asam, lebih kecil dari 6, bahkan di beberapa daerah harus lebih kecil dari 5. Dari beberapa penelitian (untuk air gambut dari daerah Riau), efisiensi penghilangan warna akan baik bila pH lebih kecil dari 6 untuk setiap dosis koagulan alum sulfat yang digunakan. Walaupun demikian efisiensi penghilangan warna masih tetap tinggi dihasilkan pada koagulasi dengan pH sampai 7, tetapi dengan dosis alum sulfat yang lebih tinggi (sampai 100 mg/l), tetapi bila dosis alum sulfat lebih kecil (60 mg/l) pada pH yang sama (sampai dengan 7), terjadi penurunan efisiensi penghilangan warna secara drastis (sampai dengan 10 %). Air setelah diolah dengan koagulasi – flokulasi untuk menghilangkan warna, pH harus ditetapkan diatas 6,5 (kurang dari 7,8) sebelum air disaring, karena pada pH tersebut bentuk aluminium tidak larut, jadi residu Al³⁺ terlarut didalam air dapat dihilangkan/dikurangi, pada pH > 7,8 bentuk Al adalah Al terlarut yaitu ion aluminat, $[Al(H_2O)_2(OH)_4]^-$

Untuk hal ini dilakukan penambahan kapur sebelum proses filtrasi, dan biarkan aluminium berubah bentuk menjadi bentuk tidak larut/endapan supaya dapat dihilangkan dengan penyaringan. Dengan cara ini residu Al³⁺ dapat ditekan sampai tingkat yang diijinkan. Setelah itu dilakukan penambahan kapur atau soda abu untuk proses stabilisasi dengan harapan tidak akan terjadi perubahan alum terlarut menjadi alum endapan. Bila cara diatas tidak dilakukan, kemungkinan akan terjadi pengendapan alum pada jaringan pipa distribusi, akibat penambahan kapur atau soda abu untuk proses stabilisasi dilakukan setelah air keluar dari filter, seperti halnya yang dilakukan pada pengolahan air yang biasa (tidak berwarna) .Proses koagulasi dengan koagulan lain seperti halnya garam Fe (III) yang mempunyai rentang pH

lebih besar (4 –9) dan penggunaan koagulan Polyaluminium chloride (PAC), tanpa penetapan pH pun proses koagulasi – flokulasi tetap dapat berlangsung, tetapi pembentukan flok tidak optimum, hanya flok-flok halus yang terbentuk, sehingga beban filter akan bertambah. Jika kehadiran alkalinitas didalam air cukup, pada koagulasi dengan koagulan garam Al ion H⁺ yang terbentuk akan diambil dan terbentuk endapan $[Al(H_2O)_3(OH)_3]$ atau hanya Al(OH)₃, dimana bentuk ini bermanfaat pada pertumbuhan flok (mekanisme adsorpsi). Adanya alkalinitas didalam air jika pH air >4,5. Jadi jika pH air baku < 4,5 perlu penambahan bahan alkali (kapur atau soda abu). PAC (Poly Aluminium Chloride) Senyawa Al yang lain yang penting untuk koagulasi adalah Polyaluminium chloride (PAC), $Al_n(OH)_mCl_{3-n}$. Ada beberapa cara yang sudah dipatenkan untuk membuat polyaluminium chloride yang dapat dihasilkan dari hidrolisa parsial dari aluminium klorida. Senyawa ini dibuat dengan berbagai cara menghasilkan larutan PAC yang agak stabil. PAC adalah suatu persenyawaan anorganik kompleks, ion hidroksil serta ion aluminium bertarap klorinasi yang berlainan sebagai pembentuk polynuclear mempunyai rumus umum $Al_m(OH)_nCl_{(3m-n)}$. Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC dibanding koagulan lainnya adalah: 1. PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu. 2. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok . 3. Kadar klorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam struktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida. 4. PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan ferro sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh.

PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti

disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air.6. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh.

Ada beberapa cara yang sudah dipatenkan untuk membuat polyaluminium chloride yang dapat dihasilkan dari hidrolisa parsial dari aluminium klorida, seperti ditunjukkan reaksi berikut :

$$n \text{ AlCl}_3 + m \text{ OH}^- \cdot m \text{ Na}^+ \rightarrow \text{Al}_n (\text{OH})_m \text{ Cl}_{3n-m} + m \text{ Na}^+ + m \text{ Cl}^-$$

Senyawa ini dibuat dengan berbagai cara menghasilkan larutan PAC yang agak stabil.

Beberapa keunggulan yang dimiliki PAC dibanding koagulan lainnya adalah PAC dapat bekerja di tingkat pH yang lebih luas, dengan demikian tidak diperlukan pengoreksian terhadap pH, terkecuali bagi air tertentu. Kandungan belerang dengan dosis cukup akan mengoksidasi senyawa karboksilat rantai siklik membentuk alifatik dan gugusan rantai hidrokarbon yang lebih pendek dan sederhana sehingga mudah untuk diikat membentuk flok. Kadar khlorida yang optimal dalam fasa cair yang bermuatan negatif akan cepat bereaksi dan merusak ikatan zat organik terutama ikatan karbon nitrogen yang umumnya dalam struktur ekuatik membentuk suatu makromolekul terutama gugusan protein, amina, amida dan penyusun minyak dan lipida . PAC tidak menjadi keruh bila pemakaiannya berlebihan, sedangkan koagulan yang lain (seperti aluminium sulfat, besi klorida dan fero sulfat) bila dosis berlebihan bagi air yang mempunyai kekeruhan yang rendah akan bertambah keruh. Jika digambarkan dengan suatu grafik untuk PAC adalah membentuk garis linier artinya jika dosis berlebih maka akan

didapatkan hasil kekeruhan yang relatif sama dengan dosis optimum sehingga penghematan bahan kimia dapat dilakukan. Sedangkan untuk koagulan selain PAC memberikan grafik parabola terbuka artinya jika kelebihan atau kekurangan dosis akan menaikkan kekeruhan hasil akhir, hal ini perlu ketepatan dosis. PAC mengandung suatu polimer khusus dengan struktur polielektrolite yang dapat mengurangi atau tidak perlu sama sekali dalam pemakaian bahan pembantu, ini berarti disamping penyederhanaan juga penghematan untuk penjernihan air. Kandungan basa yang cukup akan menambah gugus hidroksil dalam air sehingga penurunan pH tidak terlalu ekstrim sehingga penghematan dalam penggunaan bahan untuk netralisasi dapat dilakukan. PAC lebih cepat membentuk flok daripada koagulan biasa ini diakibatkan dari gugus aktif aluminat yang bekerja efektif dalam mengikat koloid yang ikatan ini diperkuat dengan rantai polimer dari gugus polielektrolite sehingga gumpalan floknya menjadi lebih padat, penambahan gugus hidroksil kedalam rantai koloid yang hidrofobik akan menambah berat molekul, dengan demikian walaupun ukuran kolam pengendapan lebih kecil atau terjadi *over-load* bagi instalasi yang ada, kapasitas produksi relatif tidak terpengaruh.

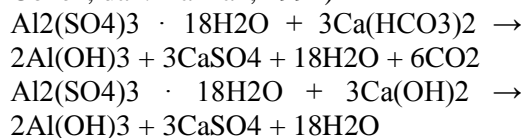
PAC kemurnian tinggi adalah putih susu bubuk, bahan bakunya adalah hidroksida aluminium $\text{Al}(\text{OH})_3$ dan Asam klorida (HCl) dibandingkan dengan kelas lainnya, substansi larut air rendah, juga kebiasaan tersebut. Dalam aplikasi, kecuali digunakan untuk memurnikan airkeran, air warga dan air pembuatan yang tepat, jugabanyak digunakan dalam industri kertas, obat-obatan, cairan gula, persiapan obat, industri kimia, dan sebagainya

2.2 Koagulasi-Flokulasi

Koagulasi adalah proses penambahan dan pencampuran suatu koagulan dilanjutkan dengan destabilisasi zat koloid tersuspensi dan diakhiri oleh pembentukan partikel berukuran besar (floc). Koagulan yang umumnya dipakai adalah garam-garam Aluminium seperti Aluminium sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC) (Zweisty dan Poedji, 2005)

Penambahan flokulan air baku menyebabkan koloid dan partikel lainnya untuk tetap bersatu dan membentuk partikel yang lebih berat (flok) yang akan mengendap sebagai sedimentasi. Proses Flokulasi (atau disebut koagulasi) adalah untuk membantu menghilangkan kontaminan seperti polutan padat halus atau molekul mikroskopis yang sulit atau tidak mungkin untuk dihilangkan dengan penyaringan saja. Umumnya flokulan kation adalah multivalent seperti aluminium, besi, kalsium atau magnesium. Banyak dari partikel air tersuspensi memiliki muatan listrik negatif yang tolak-menolak satu sama lain. Flokulan bermuatan positif menarik dan menempel pada partikel air tersuspensi. Banyak kation flokulan, di bawah pH yang tepat dan kondisi lain, bereaksi dengan air untuk membentuk hidroksi dan tidak larut yang akan bergabung bersama untuk membentuk partikel yang lebih besar atau perangkap fisik partikel kecil ke dalam flok yang lebih besar. Ada juga flokulan organik yaitu flokulan organik yang paling umum dan kuat adalah poliakrilamida yang memiliki rantai panjang untuk menjebak partikel kecil ke dalam flok yang lebih besar.

Pada proses koagulasi terjadi pembentukan inti endapan yang ditandai dengan pengadukan cepat (60-100 rpm) dengan pH bervariasi sedangkan pada tahap flokulasi terjadi penggabungan inti-inti endapan menjadi molekul besar (flok). Flokulasi dilakukan dengan pengadukan lambat (40-50 rpm). Flok yang terbentuk selanjutnya dipisahkan dari cairan dengan cara diendapkan atau diapungkan. Reaksi yang umum terjadi pada proses koagulasi (Cohen, dan. Hannah, 1991)



Dosis koagulan yang diperlukan tergantung pada konsentrasi warna, Zeta potential (pengukuran mobilitas elektroforesis) juga merupakan faktor penting untuk menghilangkan warna secara efektif. Hal ini erat hubungannya dengan sisa konsentrasi warna. Pada pH yang optimum, sisa warna berkurang secara proporsional dengan

penambahan dosis koagulan. Jenis koagulan yang dapat digunakan untuk menghilangkan warna adalah :- Garam aluminium: Alum sulfat/tawas, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Polyaluminium chloride, PAC (PACl), $\text{Aln}(\text{OH})_m\text{Cl}_{3n-m}$ - Garam besi (III) : Ferri sulfat, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$, Ferri klorida, FeCl_3 . Semakin tinggi dosis koagulan yang digunakan akan menghasilkan efisiensi penghilangan warna yang lebih besar pula, akan tetapi residu koagulan akan semakin besar. Pada kasus pembentukan flok yang lemah dengan menggunakan dosis tawas optimum untuk menghilangkan warna, polialuminium klorida (PAC) dapat digunakan sebagai koagulan pilihan selain tawas. Koagulasi dengan poli aluminium klorida dapat dengan mudah memproduksi flok yang kuat dalam air dengan jangkauan dosis yang lebih kecil dan rentang pH yang lebih besar, tanpa mempertimbangkan kehadiran alkalinitas yang cukup

2.3. Pengolahan secara kimia

Pengolahan air limbah secara kimia biasanya dilakukan untuk menghilangkan partikel-partikel yang tidak mudah mengendap. Jenis partikel tersebut antara lain: koloid, logam-logam berat, senyawa fosfor, dan senyawa organik beracun. Pengolahan dilakukan dengan cara membubuhkan bahan kimia tertentu yang dapat menghasilkan partikel berukuran lebih besar. Pengendapan bahan tersuspensi yang tidak mudah larut dilakukan dengan membubuhkan zat elektrolit yang bermuatan berlawanan dengan zat koloidnya. Ketika zat elektrolit bertemu dengan zat koloid akan terjadi reaksi netralisasi muatan koloid membentuk senyawa berukuran lebih besar sehingga pengendapan dapat terjadi (anonym, 2006)

3. METODE PENELITIAN

Sampel air yang digunakan sebagai bahan control dilakukan yang tanpa PAC dilakukan langsung di lapangan, sedangkan untuk analisis PAC bawah ke lab untuk pengujian beberapa parameter uji yaitu, pH, TDS (total dissolved solute)

Analisis uji air yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan daya koagulan flokulan PAC.

Analisa Zat Padat Terlarut (TDS)
Analisa zat padat terlarut menggunakan metoda potensiometri atau elektrometri dengan menggunakan alat TDS meter. Pengukuran ini mengacu pada SNI.06-6989.27-2004

Analisa Derajat Keasaman
Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter digital yang sebelumnya dikalibrasi dengan menggunakan larutan buffer pH 4, 7, dan 10. Pengukuran pH ini berpedoman pada SNI.06-6989.11-2004

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian tentang air limbah laboratorium dimaksudkan sebagai penelitian pendahuluan untuk menentukan jenis dan konsentrasi zat koagulan yang tepat bagi pengolahan limbah terpadu. Hasil penelitian awal terhadap air limbah laboratorium menunjukkan beberapa parameter uji yang bermasalah seperti zat padat terlarut.

5.1. Pembuatan PAC serbuk.

PAC serbuk yang diperoleh berwarna kuning jernih. Adapun Mutu zat koagulan PAC yang diperoleh dari perbandingan Al : Cl dapat dilihat dalam tabel yang disajikan berikut ini

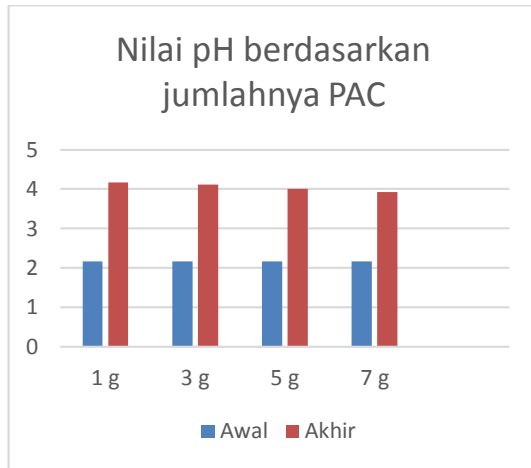
Tabel 1. Mutu PAC serbuk yang diperoleh

NO	Jenis Uji	Satuan	Perbandingan (Al : C)				
			1:16	1:18	1:20	1:22	1:24
1	Masa PAC	g	14,8	22,4	24	53,9	45,9
2	Kerapatan curah	g/mL	0,9834	1.2400	1.1310	1.1537	1.1173
3	Bobot jenis	-	-	-	-	-	-
4	pH	-	3.5	3.7	3.6	3.5	3.5
5	Besi (Fe)	%	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02
6	(Cl-)	%	17.75	21.3	24.85	28.4	35.5

Berdasarkan tabel 1 dari beberapa parameter PAC sesuai standar mutu diperoleh mutu PAC dengan memvariasikan perbandingan mL HCl. Hasil tersebut masih sesuai dengan standar mutu. Adapun masa PAC yang diperoleh dengan makin banyak HCl yang digunakan Masa PAC juga makin banyak. Kerapatan curah tidak terdapat perbedaan yang signifikan, hal ini sama dengan pH. Hal ini di akibatkan pada saat pemanasan HCl melepaskan H⁺nya sehingga yang tertinggal Cl yang berikatan dengan Al.

5.2. Perubahan derajat keasaman (pH)

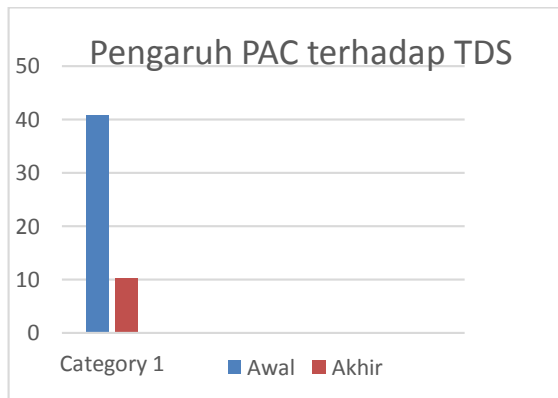
Secara keseluruhan derajat keasaman akan berubah. Bila pada analisa awal nilai pH 2.17 maka setelah proses koagulasi menjadinaik berdasarkan besarnya keagulan yang di gunakan. Hal ini menunjukkan bahwa koagulan PAC dapat memperbaiki nilai pH air limbah laboratorium. Adapun table berikut menunjukan nilai pH berdasarkan banyaknya keagulan yang digunakan



Gambar 1 menunjukkan nilai pH berdasarkan jumlah keagulan PAC.

5.3. Pengaruh penggunaan PAC terhadap polutan TDS (total zat padat terlarut)

Adapun pengaruh penggunaan PAC terhadap polutan TDS dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh PAC terhadap TDS

Dari gambar 2 terlihat bahwa penurunan zat padatterlarut pada air limbah laboratorium dengan menggunakan koagulan PACsekitar 75%. Hal ini menunjukkan bahwa proses koagulasi berlangsung baik setelahpenggunaan zat PAC Hal ini menunjukkan bahwa terjadi dimana zat aktif pengkoagulasi untuk bertumbukan dan saling berinteraksi dengan partikel koloid dalam limbah sangat besar. Banyaknya interaksi yang terjadi mengakibatkan stabilitas koloid menurun karena muatannya ternetralisasi dan koloid

akan cenderung bersatu membentuk mikrofluk dan kemudian mengendap.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian terhadap limbah aluminium sebagai bahan keagulan PAC:

1. Diperoleh bahan keagulansesuai dengan standar mutu Nasional
2. Pada derajat keasaman dapat memperbaiki nilai pH air limbah laboratorium.
3. Dapat menurunkan zat padat terlarut pada air limbah laboratorium hingga 75%.

7. REFERENSI

Anonim, 1999, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999, Sekretariat Negara, Jakarta

Anonim, 2006, Kumpulan Standar Nasional Indonesia (SNI) Bidang Lingkungan Kualitas Air dan Air Limbah Bagian I, Panitia Teknis 13-03 Kualitas Lingkungan dan Manajemen Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup, Jakarta

Alimudin, 2006 . Optimasi pengolahan secara konvensional Air sungai dan pemanfaatan serbuk gergaji dalam pengolahannya, Jurnal Mahakam

Anonim, Aluminium. <http://www.google.com/search?hl=en=ei=UTF-8&Oe=%27> Aluminium, diakses tanggal 1 Desember 2012

Anonim, Keagulan <http://72.14.203.104/Search?q=Cache:Gcolefwm8N8WJ.Preceeding.s.itb.ac.id.php> diakses tanggal 23 September 2012

Anonim, DW Fact Treatment Water,” [www.Waterqualityare.org.au/Dw Fact Teratment water](http://www.Waterqualityare.org.au/DwFactTreatmentwater) diakses tanggal 5 Februari 2012

Jesse M., Cohen, dan Sidney A. Hannah, 1991, Coagulation and Flocculation, Mc Graw Hill, New York

Muhamad Said, 2009, Pengolahan Air Limbah Laboratorium dengan Menggunakan Koagulan Alum Sulfat dan Poli Aluminium Klorida (PAC). Jurnal Penelitian Sains Sumatera selatan 2009

Standar Nasional Indonesia “ Poly Alminium klorida SNI, 06-3822-1995 Dewan Standarisasi Nasional- DSN Jakarta 1995

Zweisty, Y. dan L.H. Poedji, 2005, Pengolahan Limbah Cair Jemputan Menggunakan Poli Aluminium Klorida (PAC), Jurusan Kimia, FMIPA UNSRI, Palembang

SIFAT KESTABILAN DI SEKITAR TITIK TETAP PADA MODEL MATEMATIKA TRANSMISI PENYAKIT MALARIA

Resmawan¹⁾

¹⁾Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo email: rs.mawan88@yahoo.com

Abstract

Malaria is an infectious disease, transmitted between humans through mosquito bites, that kills about thousands of people every year. We present a system of ordinary differential equations for the spread of malaria in human and mosquito population. Susceptible humans can be infected when they are bitten by an infectious mosquito. They then progress through the exposed, infectious, and recovered classes, before reentering the susceptible class. Susceptible mosquitoes can become infected when they bite infectious or recovered humans, and once infected they move through the exposed and infectious classes. We define a basic reproductive number, R_0 , for the number of secondary cases that one infected individual will cause through the duration of the infectious period. We find that the disease-free equilibrium is stable when $R_0 < 1$ and unstable when $R_0 > 1$.

Keywords: malaria transmission, mathematical models, basic reproductive number, disease-free equilibrium

1. PENDAHULUAN

Malaria adalah penyakit yang disebabkan oleh infeksi parasit dari genus *Plasmodium*. Secara epidemiologi, penyakit malaria dapat menyerang semua orang baik laki-laki maupun perempuan, pada semua golongan usia. Parasit *Plasmodium* umumnya ditularkan melalui gigitan nyamuk spesies *Anopheles* betina (*Anopheles spp.*) yang merupakan vektor utama penyebab malaria.

Malaria merupakan salah satu penyakit menular yang masih menjadi masalah kesehatan masyarakat baik di dunia maupun di Indonesia. Berdasarkan *The World Malaria Report 2011* tentang kasus malaria di dunia, lebih dari 655 ribu orang meninggal pada tahun 2010. Secara keseluruhan terdapat 3,3 Milyar penduduk dunia tinggal di daerah endemik malaria yang terdapat di 106 negara (Ditjen PP & PL 2012). Indonesia merupakan salah satu negara yang masih beresiko penyakit malaria. Data tahun 2010 menunjukkan bahwa terdapat sekitar 229 ribu kasus malaria positif, sedangkan tahun 2011 menjadi 256 ribu kasus (Ditjen PP dan PL 2012).

Berdasarkan beberapa kasus malaria yang telah terjadi, muncullah berbagai penelitian yang mengonstruksikan sebuah model matematika untuk malaria. Pemodelan matematika dapat

membantu memahami dan mengidentifikasi hubungan penyebaran penyakit malaria dengan berbagai parameter epidemiologi.

Dalam penelitian ini, dikaji model persamaan diferensial biasa tipe *SEIRS-SEI* yang merupakan pengembangan model Chitnis (2005) dengan menambahkan parameter laju pemulihan manusia dari subpopulasi terinfeksi ke subpopulasi rentan (Ngwa dan Shu 2000). Hal ini diperlukan karena sebagian manusia yang pulih dari penyakit malaria akan akan mengalami kekebalan tubuh yang sifatnya sementara dan sebagian lainnya akan kembali menjadi rentan.

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan titik tetap dan analisis kestabilan pada model tipe *SEIRS-SEI*, serta melakukan simulasi numerik terhadap model untuk melihat dinamika populasi manusia dan nyamuk pada kondisi endemik dan tanpa penyakit.

2. MODEL MATEMATIKA

Pada penelitian ini diajukan hasil rekonstruksi model dalam bentuk *SEIRS-SEI* yang merupakan pengembangan model Chitnis (2005) dengan menambahkan parameter laju pemulihan manusia dari subpopulasi terinfeksi

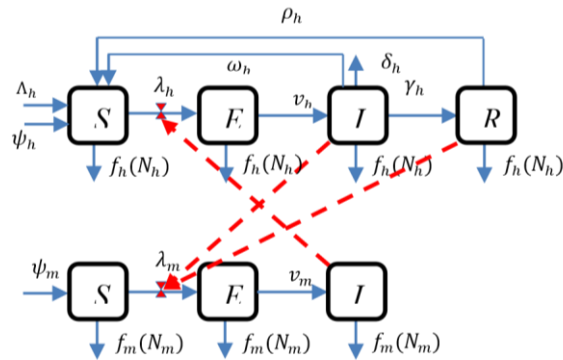
ke subpopulasi rentan. Parameter ini selanjutnya dilambangkan dengan ω_h .

Pada model ini, populasi manusia, N_h dibagi menjadi empat subpopulasi, yaitu manusia rentan (*susceptible*), S_h , manusia terpapar (*exposed*), E_h , manusia terinfeksi (*infected*), I_h , dan manusia sembuh (*recovered*), R_h , sedangkan populasi nyamuk, N_m , dibagi menjadi tiga subpopulasi, yaitu nyamuk rentan (*susceptible*), S_m , nyamuk terpapar (*exposed*), E_m , dan nyamuk terinfeksi (*infected*), I_m .

Beberapa asumsi yang digunakan antara lain:

- Semua bayi yang baru lahir dianggap rentan terhadap penyakit
- Kematian nyamuk tidak bergantung pada infeksi parasit
- Manusia sembuh masih dapat meninfeksi penyakit namun pada tingkat yang lebih rendah.

Secara skematis, pola penyebaran penyakit malaria dapat digambarkan dalam diagram kompartemen berikut:



Dengan demikian, persamaan dinamika sistem tersebut diformulasikan sebagai berikut:

$$\begin{cases} \frac{dS_h}{dt} = \Lambda_h + \psi_h N_h + \omega_h I_h + \rho_h R_h - (\lambda_h + f_h(N_h)) S_h \\ \frac{dE_h}{dt} = \lambda_h S_h - (v_h + f_h(N_h)) E_h \\ \frac{dI_h}{dt} = v_h E_h - (\gamma_h + f_h(N_h) + \delta_h + \omega_h) I_h \\ \frac{dR_h}{dt} = \gamma_h I_h - (\rho_h + f_h(N_h)) R_h \\ \frac{dS_m}{dt} = \psi_m N_m - (\lambda_m + f_m(N_m)) S_m \\ \frac{dE_m}{dt} = \lambda_m S_m - (v_m + f_m(N_m)) E_m \\ \frac{dI_m}{dt} = v_m E_m - f_m(N_m) I_m \end{cases} \quad (3.1)$$

dimana laju kematian alami mengikuti fungsi

$$f_h(N_h) = \mu_{1h} + \mu_{2h} N_h \quad \text{dan} \quad f_m(N_m) = \mu_{1m} + \mu_{2m} N_m$$

dan laju infeksi mengikuti persamaan

$$\lambda_h = \frac{\sigma_m \sigma_h \beta_{hm} I_m}{\sigma_m N_m + \sigma_h N_h}$$

$$\lambda_m = \frac{\sigma_m \sigma_h N_h}{\sigma_m N_m + \sigma_h N_h} \left(\beta_{mh} \frac{I_h}{N_h} + \tilde{\beta}_{mh} \frac{R_h}{N_h} \right)$$

Laju perubahan populasi manusia dan populasi nyamuk mengikuti persamaan yang diperoleh dari sistem (3.1), yaitu

$$\begin{cases} \frac{dN_h}{dt} = \Lambda_h + \psi_h N_h - f_h(N_h) N_h - \delta_h I_h \\ \frac{dN_m}{dt} = \psi_m N_m - f_m(N_m) N_m \end{cases} \quad (3.2)$$

Keterangan parameter disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter pada model SEIRS-SEI

Variabel	Keterangan	Satuan
Λ_h	Laju imigrasi manusia.	manusia \times waktu ⁻¹
ψ_h	Laju kelahiran manusia per kapita.	waktu ⁻¹
ψ_m	Laju kelahiran nyamuk per kapita.	waktu ⁻¹
σ_h	Jumlah gigitan nyamuk pada manusia tiap satuan waktu.	waktu ⁻¹
σ_m	Jumlah maksimum gigitan seekor nyamuk pada manusia tiap satuan waktu.	waktu ⁻¹
β_{hm}	Peluang terjadinya transmisi penyakit dari nyamuk terinfeksi ke manusia rentan.	tanpa satuan
β_{mh}	Peluang terjadinya transmisi penyakit dari manusia terinfeksi ke nyamuk rentan.	tanpa satuan
$\tilde{\beta}_{mh}$	Peluang terjadinya transmisi penyakit dari manusia sembuh ke nyamuk rentan.	tanpa satuan
v_h	Laju perpindahan manusia terpapar ke manusia terinfeksi perkapita.	waktu ⁻¹
v_m	Laju perpindahan nyamuk terpapar ke nyamuk terinfeksi perkapita.	waktu ⁻¹
γ_h	Laju pembentukan kekebalan efektif perkapita dari manusia terinfeksi ke manusia sembuh.	waktu ⁻¹
ω_h	Laju pemulihan manusia perkapita dari manusia terinfeksi ke manusia rentan.	waktu ⁻¹
δ_h	Laju kematian manusia yang disebabkan oleh infeksi malaria.	waktu ⁻¹
ρ_h	Laju konstan hilangnya kekebalan tubuh pada manusia setelah sembuh.	waktu ⁻¹
μ_{1h}	Laju kematian manusia yang tidak bergantung pada kepadatan populasi.	waktu ⁻¹
μ_{2h}	Laju kematian manusia yang bergantung pada kepadatan populasi.	manusia ⁻¹ \times waktu ⁻¹
μ_{1m}	Laju kematian nyamuk yang tidak bergantung pada kepadatan populasi.	waktu ⁻¹
μ_{2m}	Laju kematian nyamuk yang bergantung pada kepadatan populasi.	nyamuk ⁻¹ \times waktu ⁻¹

Untuk memperoleh analisis pada model (3.1) – (3.2), dilakukan penyederhanaan dengan perbandingan populasi masing-masing subpopulasi dengan total populasi spesies. Misalkan

$$e_h = \frac{E_h}{N_h}, i_h = \frac{I_h}{N_h}, r_h = \frac{R_h}{N_h}, e_m = \frac{E_m}{N_m}, i_m = \frac{I_m}{N_m},$$

$$s_h = \frac{S_h}{N_h}, s_m = \frac{S_m}{N_m} \quad (3.3)$$

dengan

$$s_h + e_h + i_h + r_h = 1 \text{ dan } s_m + e_m + i_m = 1$$

diperoleh hubungan

$$S_h = s_h N_h = (1 - e_h - i_h - r_h) N_h$$

$$S_m = s_m N_m = (1 - e_m - i_m) N_m$$

Keterangan variabel *state* disajikan dalam Tabel 2.

Variabel	Keterangan
e_h	Proporsi manusia terpapar pada waktu t
i_h	Proporsi manusia terinfeksi pada waktu t
r_h	Proporsi manusia sembuh pada waktu t
N_h	Total populasi manusia pada waktu t
e_m	Proporsi nyamuk terpapar pada waktu t
i_m	Proporsi nyamuk terinfeksi pada waktu t
N_m	Total populasi nyamuk pada waktu t

Dengan menurunkan persamaan (3.3), kita peroleh

$$\frac{de_h}{dt} = \frac{1}{N_h} \left[\frac{dE_h}{dt} - e_h \frac{dN_h}{dt} \right] \text{ dan } \frac{de_m}{dt} = \frac{1}{N_m} \left[\frac{dE_m}{dt} - e_m \frac{dN_m}{dt} \right]$$

Dengan cara yang sama untuk variabelvariabel lain, diperoleh sistem persamaan baru tujuh dimensi yaitu $e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m$ dan

N_m .

$$\begin{aligned} \frac{de_h}{dt} &= \left(\frac{\sigma_m \sigma_h N_m \beta_{hm} i_m}{\sigma_m N_m + \sigma_h N_h} \right) (1 - e_h - i_h - r_h) - \left(v_h + \psi_h + \frac{\Lambda_h}{N_h} \right) e_h + \delta_h i_h e_h \\ \frac{di_h}{dt} &= v_h e_h - \left(\gamma_h + \delta_h + \omega_h + \psi_h + \frac{\Lambda_h}{N_h} \right) i_h + \delta_h i_h^2 \\ \frac{dr_h}{dt} &= \gamma_h i_h - \left(\rho_h + \psi_h + \frac{\Lambda_h}{N_h} \right) r_h + \delta_h i_h r_h \\ \frac{dN_h}{dt} &= \Lambda_h + \psi_h N_h - (\mu_{1h} + \mu_{2h} N_h) N_h - \delta_h i_h N_h \\ \frac{de_m}{dt} &= \left(\frac{\sigma_m \sigma_h N_h}{\sigma_m N_m + \sigma_h N_h} \right) (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h) (1 - e_m - i_m) - (v_m + \psi_m) e_m \\ \frac{di_m}{dt} &= v_m e_m - \psi_m i_m \\ \frac{dN_m}{dt} &= \psi_m N_m - (\mu_{1m} + \mu_{2m} N_m) N_m \end{aligned} \quad (3.4)$$

3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama 6 (enam) bulan, mulai dari bulan januari sampai Juni 2013 bertempat di Fakultas MIPA Institut Pertanian Bogor.

3.2 Peralatan dan Software Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah Perangkat Laptop berspesifikasi: Intel® Pentium® DualCore processor T 4500 (2.3GHz, 1MB L2 Cache, 800MHz FSB) with Intel® 64 Architecture. Perangkat ini menggunakan Windows 8 Home Premium sebagai OS yang

terinstall software Mathematica sebagai simulator, dan Matlab sebagai software komputasi Numerik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Titik Tetap

Sistem tersebut memiliki dua jenis titik tetap, yaitu titik tetap tanpa penyakit (*diseasefree equilibrium*), x_{dfe} , yang memuat nilai $e_h = i_h = r_h = e_m = i_m = 0$ dan titik

tetap endemik (*endemic equilibrium*), x_{ee} , yang memuat nilai $e_h \neq 0, i_h \neq 0, r_h \neq 0, e_m \neq 0$, dan $i_m \neq 0$.

Dengan menggunakan *software mathematica*, diperoleh titik tetap tanpa penyakit

$$x_{dfe}(e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m, N_m) = (0, 0, 0, N_h^*, 0, 0, N_m^*)$$

dimana

$$N_h^* = \frac{(\psi_h - \mu_{1h}) + \sqrt{(\psi_h - \mu_{1h})^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h}}{2\mu_{2h}}$$

$$N_m^* = \frac{(\psi_m - \mu_{1m})}{\mu_{2m}}$$

dan titik tetap endemik

$$x_{ee}(e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m, N_m) = (e_h^{**}, i_h^{**}, r_h^{**}, N_h^{**}, e_m^{**}, i_m^{**}, N_m^{**})$$

dimana $e_h^{**}, i_h^{**}, r_h^{**}, N_h^{**}, e_m^{**}, i_m^{**}, N_m^{**}$ merupakan solusi sistem (3.4) terhadap masing-masing $e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m, N_m$.

$$e_h^{**} = \frac{\sigma_h \sigma_m \beta_{hm} i_m^{**} N_h^{**} (i_h^{**} + r_h^{**} - 1)}{N_h^{**} (\sigma_h N_h^{**} (\psi_h + v_h - \delta_h i_h^{**}) + \sigma_m N_m^{**} (\psi_m + v_m - \delta_h i_h^{**} + \sigma_h \beta_{hm} i_m^{**}) + (\sigma_h N_h^{**} + \sigma_m N_m^{**}) \Lambda_h)}$$

$$i_h^{**(1)} = \frac{\Lambda_h + (\psi_h + \gamma_h + \delta_h + \omega_h) N_h^{**}}{2\delta_h N_h^{**}}$$

$$= \frac{\sqrt{(\Lambda_h + (\psi_h + \gamma_h + \delta_h + \omega_h) N_h^{**})^2 - 4v_h \delta_h e_h^{**} N_h^{**2}}}{2\delta_h N_h^{**}}$$

$$N_h^{**(1)} = \frac{\psi_h - \mu_{1h} - \delta_h i_h^{**} + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h + \delta_h i_h^{**})^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h}}{2\mu_{2h}}$$

$$i_h^{**(2)} = \frac{\Lambda_h + (\psi_h + \gamma_h + \delta_h + \omega_h) N_h^{**}}{2\delta_h N_h^{**}}$$

$$+ \frac{\sqrt{(\Lambda_h + (\psi_h + \gamma_h + \delta_h + \omega_h) N_h^{**})^2 - 4v_h \delta_h e_h^{**} N_h^{**2}}}{2\delta_h N_h^{**}}$$

$$r_h^{**} = \frac{\gamma_h i_h^{**} N_h^{**}}{N_h^{**} (\psi_h + \gamma_h + \delta_h + \omega_h) N_h^{**} + \Lambda_h (\mu_{1h} - \psi_h + \delta_h i_h^{**}) + 4\mu_{2h}\Lambda_h}$$

$$e_m^{**} = \frac{\sigma_h \sigma_m N_h^{**} (\beta_{mh} r_h^{**} + \tilde{\beta}_{mh} i_h^{**}) (i_m^{**} - 1)}{\sigma_m N_m^{**} (\psi_m + v_m) + \sigma_h N_h^{**} (\psi_m + v_m + \sigma_m \beta_{mh} r_h^{**} + \sigma_m \beta_{mh} i_h^{**})}$$

$$i_m^{**} = \frac{v_m e_m^{**}}{\psi_m}$$

$$N_m^{**} = \frac{(\psi_m - \mu_{1m})}{\mu_{2m}}$$

4.2 Bilangan Reproduksi Dasar

Bilangan reproduksi dasar, \mathcal{R}_0 , didefinisikan sebagai

$$\mathcal{R}_0 = \sqrt{K_{mh}K_{hm}} \quad (3.5)$$

dimana v

$$K_{hm} = \frac{1}{C1} \cdot b_m^* \cdot \beta_{hm} \cdot \frac{D1}{D2}$$

$$K_{mh} = \frac{v_h}{C2} \cdot b_h^* \left(\beta_{mh} \cdot \frac{1}{D2} + \tilde{\beta}_{mh} \cdot \frac{\gamma_h}{E} \cdot \frac{1}{D3} \right)$$

dengan

$$C1 = v_m + \mu_{1m} + \mu_{2m}N_m^* \quad C2 = v_h + \mu_{1h} + \mu_{2h}N_h^*$$

$$D1 = \mu_{1m} + \mu_{2m}N_m \quad D2 = \gamma_h + \delta_h + \omega_h + \mu_{1h} + \mu_{2h}N_h$$

$$D3 = \rho_h + \mu_{1h} + \mu_{2h}N_h^* \quad E = \gamma_h + \delta_h + \omega_h + \mu_{1h} + \mu_{2h}N_h^*$$

4.3 Kestabilan Titik Tetap Tanpa Penyakit

4.3.1 Penentuan Matriks Jacobi

Misalkan sistem (3.4) didefinisikan sebagai fungsi sebagai berikut

$$\dot{\mathbf{x}} = f(\mathbf{x}), \mathbf{x} \in \mathbb{R}^7 \quad (3.6) \text{ dengan}$$

$\mathbf{x} \in \mathbb{R}^7$ adalah variabel-variabel yang terdapat pada sistem (3.4).

Matriks Jacobi dari sistem (3.4) didefinisikan sebagai

$$J = \begin{pmatrix} J_{11} & J_{12} & J_{13} & J_{14} & 0 & J_{16} & J_{17} \\ J_{21} & J_{22} & J_{23} & J_{24} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{32} & J_{33} & J_{34} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{42} & 0 & J_{44} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{52} & J_{53} & J_{54} & J_{55} & J_{56} & J_{57} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & J_{65} & J_{66} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

Dimana $J_{11}, J_{12}, \dots, J_{77}$ merupakan kombinasi dari variabel-variabel sistem (3.4)

$$J_{11} = -\frac{\sigma_m \sigma_h N_m \beta_{hm} i_m}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} - \left(v_h + \alpha_h + \frac{\psi_h}{N_h} \right) + \delta_h i_h$$

$$J_{12} = -\frac{\sigma_m \sigma_h N_m \beta_{hm} i_m}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} + \delta_h e_h$$

$$J_{13} = -\frac{\sigma_m \sigma_h N_m \beta_{hm} i_m}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m}$$

$$J_{14} = -\frac{\sigma_m \sigma_h^2 N_m \beta_{hm} i_m}{(\sigma_h N_h + \sigma_m N_m)^2} (1 - e_h - i_h - r_h) + \frac{\psi_h}{N_h^2} e_h$$

$$J_{16} = \frac{\sigma_m \sigma_h N_m \beta_{hm}}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (1 - e_h - i_h - r_h)$$

$$J_{17} = \frac{\sigma_m \sigma_h \beta_{hm} i_m}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (1 - e_h - i_h - r_h) - \frac{\sigma_m^2 \sigma_h N_m \beta_{hm} i_m}{(\sigma_h N_h + \sigma_m N_m)^2}$$

$$J_{21} = v_h$$

$$J_{22} = -\left(\gamma_h + \delta_h + \alpha_h + r_h + \frac{\psi_h}{N_h} \right) + 2\delta_h i_h$$

$$J_{23} = -i_h$$

$$J_{24} = \frac{\psi_h}{N_h^2} i_h$$

$$J_{32} = \gamma_h + \delta_h r_h$$

$$J_{33} = -\left(\rho_h + \alpha_h + \frac{\psi_h}{N_h} \right) + \delta_h i_h$$

$$J_{34} = \frac{\psi_h}{N_h^2} r_h$$

$$J_{42} = -\delta_h N_h$$

$$J_{44} = \alpha_h - (d_{1h} + 2d_{2h}N_h) - \delta_h i_h$$

$$J_{52} = \frac{\sigma_m \sigma_h \beta_{mh} N_h}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (1 - e_m - i_m)$$

$$J_{53} = \frac{\sigma_m \sigma_h \tilde{\beta}_{mh} N_h}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (1 - e_m - i_m)$$

$$J_{54} = \frac{\sigma_m \sigma_h}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h) (1 - e_m - i_m)$$

$$- \frac{\sigma_m \sigma_h^2 N_h}{(\sigma_h N_h + \sigma_m N_m)^2} (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h) (1 - e_m - i_m)$$

$$J_{55} = -\left(\frac{\sigma_m \sigma_h N_h}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h) + \alpha_m + v_m \right)$$

$$J_{56} = -\frac{\sigma_m \sigma_h N_h}{\sigma_h N_h + \sigma_m N_m} (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h)$$

$$J_{57} = -\frac{\sigma_m^2 \sigma_h N_h}{(\sigma_h N_h + \sigma_m N_m)^2} (\beta_{mh} i_h + \tilde{\beta}_{mh} r_h) (1 - e_m - i_m)$$

$$J_{65} = v_m$$

$$J_{66} = -\alpha_m$$

$$J_{77} = \alpha_m - (d_{1m} + 2d_{2m}N_m)$$

4.3.2 Penentuan Matriks Jacobi untuk Titik Tetap Tanpa Penyakit

Sifat kestabilan titik tetap tanpa penyakit $\mathbf{x}_{dfe}(e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m, N_m) = (0, 0, 0, N_h^*, 0,$

$0, N_m^*)$ dapat ditentukan dengan melakukan pelinearan pada sistem persamaan diferensial (3.6) disekitar \mathbf{x}_{dfe} , sehingga diperoleh matriks Jacobi untuk titik tetap tanpa penyakit

$$J_{\mathbf{x}_{dfe}} = \begin{pmatrix} J_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & J_{16} & 0 \\ J_{21} & J_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{32} & J_{33} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{42} & 0 & J_{44} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & J_{52} & J_{53} & 0 & J_{55} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & J_{65} & J_{66} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & J_{77} \end{pmatrix} \quad (3.8)$$

dimana $J_{11}, J_{12}, \dots, J_{77}$ merupakan kombinasi dari variabel-variabel sistem (3.4).

$$\begin{aligned}
J_{11} &= -v_h - \psi_h - \frac{2\Lambda_h\mu_{2h}}{-\mu_{1h} + \sqrt{4\Lambda_h\mu_{2h} + (\mu_{1h} - \psi_h)^2} + \psi_h} \\
J_{16} &= -\frac{2\beta_{hm}\mu_{2h}\sigma_h(\mu_{1m} - \psi_m)}{-\mu_{2h}\sigma_m(\mu_{1h} + \psi_h + \sqrt{\mu_{1h}^2 + 4\Lambda_h\mu_{2h} - 2\mu_{1h}\psi_h + \psi_h^2}) + \mu_{2h}\sigma_m(2\psi_m - 2\mu_{1m})} \\
J_{21} &= v_h \\
J_{22} &= -\gamma_h - \delta_h - \psi_h - \frac{2\Lambda_h\mu_{2h}}{-\mu_{1h} + \sqrt{4\Lambda_h\mu_{2h} + (\mu_{1h} - \psi_h)^2} + \psi_h} - \omega_h \\
J_{32} &= \gamma_h \\
J_{33} &= -\rho_h - \psi_h - \frac{2\Lambda_h\mu_{2h}}{-\mu_{1h} + \sqrt{4\Lambda_h\mu_{2h} + (\mu_{1h} - \psi_h)^2} + \psi_h} \\
J_{42} &= -\frac{\delta_h(-\mu_{1h} + \psi_h + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h})}{2\mu_{2h}} \\
J_{44} &= -\sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h} \\
J_{52} &= \frac{\sigma_h\sigma_m\beta_{mh}\mu_{2m}(\psi_h - \mu_{1h} + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h})}{2(\psi_m - \mu_{1m})\mu_{2h}\sigma_m + \mu_{2m}\sigma_h(\psi_h - \mu_{1h} + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h})} \\
J_{53} &= \frac{\sigma_h\sigma_m\beta_{mh}\mu_{2m}(\psi_h - \mu_{1h} + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h})}{2(\psi_m - \mu_{1m})\mu_{2h}\sigma_m + \mu_{2m}\sigma_h(\psi_h - \mu_{1h} + \sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h})} \\
J_{55} &= -(v_m + \psi_m) \\
J_{65} &= v_m; J_{66} = -\psi_m; J_{77} = \mu_{1m} - \psi_m
\end{aligned}$$

4.3.3 Penentuan Nilai Eigen

Menurut Tu (1994), titik tetap x_{dfe} bersifat stabil jika dan hanya jika setiap nilai eigen dari matriks $J_{x_{dfe}}$ bernilai negatif, dan tidak stabil jika dan hanya jika ada minimal satu nilai eigen dari matriks $J_{x_{dfe}}$ yang taknegatif.

Dari matriks $J_{x_{dfe}}$ di atas diperoleh tujuh nilai eigen. Dua nilai eigen diantaranya adalah

$$\begin{aligned}
\eta_1 &= -\sqrt{(\mu_{1h} - \psi_h)^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h} \\
\eta_2 &= \mu_{1m} - \psi_m.
\end{aligned}$$

Nilai eigen η_1 dan η_2 negatif, karena semua parameter yang digunakan positif. Lima nilai eigen lainnya merupakan akar-akar dari persamaan karakteristik

$$A_5\eta^5 + A_4\eta^4 + A_3\eta^3 + A_2\eta^2 + A_1\eta + A_0 = 0 \quad (3.9)$$

$$\begin{aligned}
B_3 &= \rho_h + \psi_h + \frac{\Lambda_h}{N_h^*} \\
&= \rho_h + \frac{1}{2} \left((\psi_h + \mu_{1h}) + \sqrt{(\psi_h - \mu_{1h})^2 + 4\mu_{2h}\Lambda_h} \right) \\
&\qquad\qquad\qquad B_4 = v_m + \psi_m \\
&\qquad\qquad\qquad B_5 = \psi_m \dots
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_6 &= \frac{\sigma_m\sigma_h N_m\beta_{hm}}{\sigma_m N_m^* + \sigma_h N_h^*} \\
B_7 &= v_h \\
B_8 &= \frac{\sigma_m\sigma_h N_h^*\beta_{mh}}{\sigma_m N_m^* + \sigma_h N_h^*} \\
B_9 &= v_m \\
B_{10} &= \gamma_h \\
B_{11} &= \frac{\sigma_m\sigma_h N_h^*\tilde{\beta}_{mh}}{\sigma_m N_m^* + \sigma_h N_h^*}
\end{aligned}$$

Untuk mengevaluasi tanda dari kelima nilai eigen pada persamaan karakteristik (3.9), digunakan kriteria *Routh-Horwitz* dan aturan *Descartes*.

1. Kriteria *Routh-Horwitz* digunakan untuk menunjukkan bahwa semua nilai eigen adalah real negatif jika $\mathcal{R}_0 < 1$ dan semua A_i adalah positif.

2. Aturan *Descartes* digunakan untuk menunjukkan bahwa terdapat satu nilai eigen taknegatif ketika $\mathcal{R}_0 > 1$ dan terdapat satu perubahan tanda pada A_i (Chitnis 2005).

Untuk membuktikan hal tersebut, diperlukan bilangan reproduksi dasar (\mathcal{R}_0). Formulasi \mathcal{R}_0 (3.5) dapat ditulis kembali dalam bentuk B_i sebagai

$$\mathcal{R}_0^2 = \frac{B_3 B_6 B_7 B_8 B_9 + B_6 B_7 B_9 B_{10} B_{11}}{B_1 B_2 B_3 B_4 B_5} \quad (3.10)$$

sehingga $A_0 < 0$. Karena $A_5 = 4$, $A_4 = 3$, $A_3 = A_2$, dan A_1 adalah positif, maka barisan A_5, A_4, A_3, A_2, A_1 , dan A_0 memiliki tepat satu perubahan tanda. Oleh karena itu, persamaan karakteristik (3.9) memiliki satu akar real positif ketika $\mathcal{R}_0 > 1$, sehingga titik tetap tanpa penyakit (x_{dfe}) dinyatakan tidak stabil.

Dengan demikian, diperoleh kesimpulan bahwa titik tetap tanpa penyakit (x_{dfe}), stabil pada kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$ dan tidak stabil pada kondisi $\mathcal{R}_0 > 1$.

4.4 Simulasi Numerik

Simulasi numerik dilakukan dengan mengambil nilai-nilai parameter yang mewakili dua kondisi seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Sistem (3.4) pada kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$ memiliki satu titik tetap tanpa penyakit dengan nilai bilangan reproduksi dasar sebesar $\mathcal{R}_0 = 0.92$, yaitu

$$x_{dfe} = (0, 0, 0, 583, 0, 0, 2425)$$

Dengan menggunakan beberapa nilai awal, ditunjukkan bahwa solusi sistem mendekati titik tetap yang ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

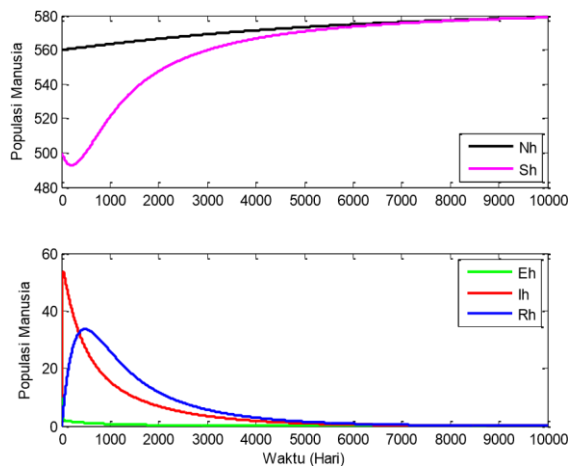
Gambar 1 dan 2 menunjukkan dinamika subpopulasi manusia dan nyamuk pada kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$ dengan menggunakan nilai awal $S_h = 500$, $E_h = 50$, $I_h = 10$, $R_h = 0$, $S_m = 4850$, $E_m = 100$, $I_m = 50$ dan total masing-masing populasi $N_h = 560$ dan $N_m = 5000$. Gambar tersebut menunjukkan bahwa jumlah tiap subpopulasi manusia dan nyamuk stabil ke titik tetap tanpa penyakit

$$x_{dfe} = (0, 0, 0, 583, 0, 0, 2425).$$

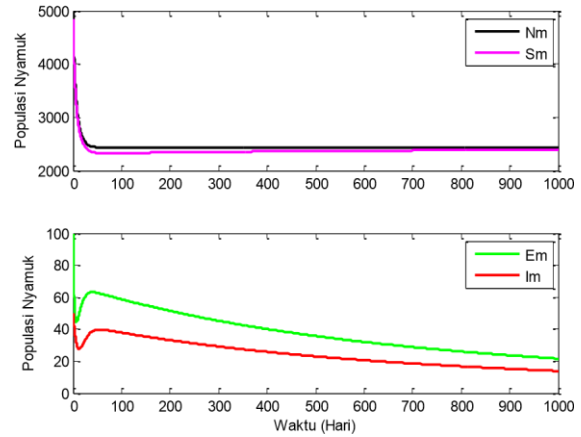
Tabel 3 Nilai-nilai parameter pada model untuk kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$ dan $\mathcal{R}_0 > 1$

Parameter	Nilai	
	$\mathcal{R}_0 < 1$	$\mathcal{R}_0 > 1$
Λ_h	0.041	0.033
ψ_h	5.5×10^{-5}	1.1×10^{-4}
ψ_m	0.13	0.13
β_{mh}	0.24	0.48
β_{hm}	0.022	0.022
$\tilde{\beta}_{mh}$	0.024	0.048
σ_h	4.3	19
σ_m	0.33	0.5
v_h	0.1	0.1
v_m	0.083	0.091
γ_h	0.0035	0.0035
δ_h	1.8×10^{-5}	9×10^{-5}
ρ_h	2.7×10^{-3}	5.5×10^{-4}
μ_{1h}	8.8×10^{-6}	1.6×10^{-5}
μ_{2h}	2×10^{-7}	3×10^{-7}
μ_{1m}	0.033	0.033
μ_{2m}	4×10^{-5}	2×10^{-5}
ω_h	1.853×10^{-3}	1.853×10^{-3}

Sumber: Labidin *et.al* (2009), Johansson & Leander (2010)



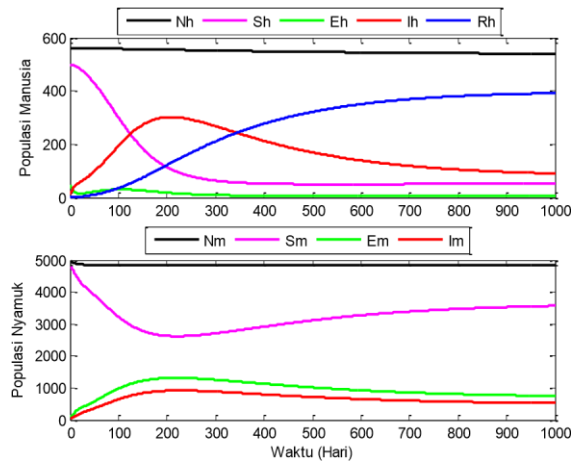
Gambar 1 Dinamika populasi manusia untuk kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$



Gambar 2 Dinamika populasi nyamuk untuk kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$

Selanjutnya, sistem (3.4) pada kondisi $\mathcal{R}_0 > 1$ memiliki satu titik tetap endemik dengan nilai bilangan reproduksi dasar sebesar $\mathcal{R}_0 = 3.63$. Titik tetap endemik adalah $x_{ee} = (0.0085, 0.1516, 0.7435, 492, 0.1463, 0.1024, 4850)$

Dengan menggunakan beberapa nilai awal, ditunjukkan bahwa solusi sistem mendekati titik tetap yang ditunjukkan pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3 Dinamika populasi manusia dan nyamuk pada kondisi $\mathcal{R}_0 > 1$

Gambar 3 menunjukkan dinamika subpopulasi manusia dan nyamuk pada kondisi $\mathcal{R}_0 > 1$ dengan menggunakan nilai awal $S_h = 500, E_h = 50, I_h = 10, R_h = 0, S_m = 4850, E_m = 100, I_m = 50$ dan total masing-masing populasi $N_h = 560$ dan $N_m = 5000$.

Gambar di atas menunjukkan bahwa jumlah tiap subpopulasi manusia dan nyamuk stabil ke titik tetap endemik

$$x_{ee}(e_h, i_h, r_h, N_h, e_m, i_m, N_m) = (0.0085, 0.1516, 0.7435, 492, 0.1463, 0.1024, 4850).$$

5. KESIMPULAN

Secara umum model yang dihasilkan dapat menunjukkan adanya endemik di suatu daerah untuk nilai parameter tertentu. Hal ini dapat dilihat dari perhitungan titik tetap model *SEIRS-SEI*. Dari model tersebut diperoleh dua titik tetap, yaitu titik tetap tanpa penyakit dan titik tetap endemik. Rincian hasil-hasil utama dalam penelitian ini disimpulkan pada uraian berikut.

1. Titik tetap tanpa penyakit mencapai kondisi stabil jika $\mathcal{R}_0 < 1$ dan tidak stabil jika $\mathcal{R}_0 > 1$.
2. Simulasi numerik menunjukkan bahwa jumlah tiap subpopulasi manusia dan nyamuk mencapai kondisi stabil di sekitar titik tetap tanpa penyakit pada kondisi $\mathcal{R}_0 < 1$, dan stabil di sekitar titik tetap endemik pada kondisi $\mathcal{R}_0 > 1$.

6. REFERENSI

- Chitnis N. 2005. *Using Mathematical Models in Controlling the Spread of Malaria*, Ph.D. thesis, Program in Applied Mathematics. University of Arizona, Tucson, AZ
- [Ditjen PP & PL] Direktorat Jenderal Pengendalian Penyakit dan Penyehatan Lingkungan. 2012. *Pedoman Tata Laksana Malaria*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI
- Johansson P and Leander J. 2010. *Mathematical Modeling of Malaria: Methods for Simulation of Epidemics*. Gothenburg: Chalmers University of Technology
- Labadin C, Kon ML. and Juan SFS. 2009. *Deterministic Malaria Transmission Model with Acquired Immunity*. Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2009 Vol II. San Francisco, USA
- Ngwa GA and Shu WS. 2000. *A mathematical model for endemic malaria with variable human and mosquito populations*. Math. Comput. Modelling, 32, pp. 747–763

PENENTUAN HARGA OPSI ASIA DENGAN MODEL BINOMIAL YANG DIMODIFIKASI

Emli Rahmi¹⁾

¹⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: erpanigoro@gmail.com

Abstract

In this paper, pricing Asian options with an adjusted binomial models proposed by Costabile et al. as modification to Hull-white models is studied. The key difference of the two models lies on the technique of choosing the representative averages which is the underlying asset prices averages realized at each node on a binomial tree. They use backward recursion and linear interpolation for pricing both European and American Asian options based on the arithmetic average of the underlying asset prices. Then, we analyzed the results to obtain the relation between each type of Asian option.

Keywords: Asian options, Binomial model, Discrete models

1. PENDAHULUAN

Mulai dibangun pada tahun 1973, kini perdagangan derivatif telah tumbuh dengan pesat dalam pasar keuangan dunia. Derivatif dapat didefinisikan sebagai instrumen keuangan yang nilainya bergantung pada (atau diturunkan dari) nilai aset yang mendasarinya (*underlying assets*), seperti saham, komoditi, dan mata uang. Salah satu jenis derivatif adalah opsi.

Opsi sendiri merupakan kontrak antara *holder* dan *writer* dimana *writer* memberikan hak (bukan kewajiban) kepada *holder* untuk membeli atau menjual suatu aset dari *writer* dengan harga tertentu (*strike* atau *exercise price*) dan pada waktu yang telah ditentukan dimasa datang (*expiry date* atau *maturity time*). Opsi untuk membeli disebut opsi call sedangkan opsi untuk menjual disebut opsi put. Jika *holder* opsi hanya dapat meng-*exercise* (melaksanakan haknya) pada saat *maturity time* maka opsi dikenal dengan opsi Eropa. Namun jika *holder* opsi dapat meng-*exercise* (melaksanakan haknya) pada setiap saat sebelum ataupun pada saat *maturity time*, maka opsi dikenal dengan opsi Amerika.

Opsi Asia merupakan opsi dengan bentuk payoff yang ditentukan oleh suatu bentuk rata-rata harga aset pada paling sedikit sebagian atau seluruh waktu selama masa berlaku opsi. Jika dilihat dari bentuk rata-ratanya maka opsi Asia terbagi dalam 2 tipe yaitu tipe rata-rata geometrik dan aritmatika. Perbedaan kedua tipe terletak pada ada tidaknya solusi eksak untuk

menghitung harga opsinya. Untuk tipe rata-rata geometrik mempunyai solusi eksak yang menuju ke formula Black-Scholes. Hal ini dikarenakan rata-rata geometrik harga aset berdistribusi lognormal ketika harga aset berdistribusi lognormal (lihat Zhang (1998) untuk penjelasan lebih lengkap) [8]. Namun hal ini tidak berlaku untuk tipe yang kedua, dimana rata-rata aritmatika harga aset ternyata berdistribusi tak lognormal ketika harga aset berdistribusi lognormal.

Salah satu model diskrit yang simpel, fleksibel dan efisien untuk menghitung hampiran harga opsi ketika solusi eksak sulit untuk diperoleh adalah model binomial. Model binomial ini merupakan model *lattice* yang disusun oleh *node* dan cabang yang menghubungkan tiap *node*. Pada model binomial, harga aset selalu diasumsikan mengikuti proses binomial yaitu dapat bergerak naik dengan faktor sebesar u atau bergerak turun dengan faktor sebesar d .

Model binomial ini pertama kali digunakan untuk menghitung harga opsi Asia pada tahun 1993 oleh Hull-White [5] yang berdasar pada model binomial Cox, Ross, Rubinstein (CRR) (1979) [2].

Model binomial Hull-White ini kemudian dimodifikasi oleh Costabile, Massimo, Russo (2006) [1]. Letak perbedaan kedua model ini ada pada teknik pemilihan rata-rata aritmatika harga aset di setiap $t_i = i\Delta t, i = 1, 2, \dots, n$ yang disebut sebagai rata-rata representatif. Sebagai benchmark atas model ini, digunakan simulasi

Monte Carlo yang merupakan metode standar untuk mendapatkan hampiran harga opsi yang tidak memiliki solusi eksak. Selain itu digunakan pula hasil penelitian sebelumnya, Harapan(2007) [3] tentang penentuan harga opsi Asia dengan tipe rata-rata geometrik.

Berdasarkan hal tersebut, paper ini bertujuan untuk menghitung harga opsi Asia dengan model binomial yang dimodifikasi, dengan memperhatikan beberapa asumsi sebagai berikut:

1. Harga aset mengikuti distribusi lognormal.
2. Jenis opsi Asia yang akan dibahas adalah opsi Asia tipe rata-rata aritmatika baik tipe Eropa maupun tipe Amerika.
3. Nilai parameter *interest rate* dan volatilitas konstan.
4. Tidak ada pembagian dividen.
5. Tidak ada biaya transaksi.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Model Binomial Hull-White

Model binomial ini berangkat dari model pergerakan harga aset sederhana. Untuk suatu selang waktu pendek harga aset diasumsikan dapat bergerak naik dengan faktor sebesar u (dengan peluang sebesar p) atau bergerak turun dengan faktor sebesar d (dengan peluang sebesar $1 - p$), dimana $0 < d < 1 < u$ dan $0 \leq p \leq 1$. Selanjutnya diasumsikan pula ekspektasi return harga aset besarnya sama dengan *risk free interest rate*, r , sehingga untuk harga aset yang bergerak secara acak dari S_i pada saat t_i menjadi S_{i+1} pada saat t_{i+1} ,

$$E(S_{i+1}) = S_i e^{r\Delta t}.$$

Pada model binomial CRR [2], untuk selang waktu yang cukup kecil diperoleh nilai $u = e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$, $d = e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$, dan $p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d}$. Dengan ketiga nilai parameter tersebut, nilai diskrit harga aset untuk setiap t_i , diberikan oleh $S_{i,j} = S_0 u^j d^{i-j}$ dengan $0 \leq j \leq i$ dan $i = 0, 1, 2, \dots, n$, dimana $S_{i,j}$ menyatakan harga aset pada saat t_i dan telah terjadi kenaikan harga aset sebanyak j kali serta penurunan harga aset sebanyak $i - j$ kali, dihitung dari saat $t_0 = 0$.

Secara umum, pada model binomial setiap lintasan harga aset yang berbeda akan menghasilkan rata-rata harga aset yang berbeda pula. Akibatnya adalah banyaknya rata-rata harga aset tumbuh secara eksponensial ketika

banyaknya *time step* yang digunakan untuk menghitung harga opsi bertambah.

Untuk menghadapi masalah ini, dengan berdasar pada model binomial CRR [2], Hull-White [5] memandang suatu himpunan rata-rata representatif di setiap *time step*-nya. Hal ini dilakukan untuk membatasi banyaknya rata-rata harga aset yang tak terkendali di setiap *nodenya*. Himpunan rata-rata representatif ini memuat nilai-nilai yang merepresentasikan rata-rata aritmatika harga aset di setiap $t_i = i\Delta t, i = 1, 2, \dots, n$ pada pohon binomial.

Himpunan rata-rata representatif dibangun dengan lebih dahulu menentukan rata-rata representatif minimum dan maksimum di setiap t_i . Oleh Hull-White formula rata-rata representatif minimum dan maksimum dipilih dalam bentuk $S_0 e^{\pm m_i h}$ dimana h suatu konstanta dan m_i bilangan bulat terkecil yang berlaku pada saat t_i , yang secara simultan memenuhi ketaksamaan berikut:

$$A_{min}(i) = S_0 e^{-m_i h} \leq \frac{1}{i+1} [i A_{min}(i-1) + d S_{i-1,0}] \quad (1)$$

$$A_{max}(i) = S_0 e^{m_i h} \geq \frac{1}{i+1} [i A_{max}(i-1) + u S_{i-1,i-1}] \quad (2)$$

dengan $A_{min}(i)$ merupakan rata-rata representatif minimum pada saat t_i dan $A_{max}(i)$ merupakan rata-rata representatif maksimum pada saat t_i .

Rata-rata representatif lainnya pada saat t_i dihitung setelah bilangan bulat m_i ditemukan dan formulanya berbentuk $S_0 e^{k_i h}$ dengan k diasumsikan semua bilangan bulat pada selang $[-(m_i - 1), (m_i - 1)]$. Bila semua rata-rata representatif pada saat t_i telah diperoleh, maka himpunan rata-rata representatif tersebut berlaku di setiap *node* pada saat t_i . Namun himpunan rata-rata representatif ini, secara matematis agak sulit untuk dirasionalkan serta sangat bergantung pada pemilihan nilai h padahal nilai h ini sangat berpengaruh dalam menentukan jumlah rata-rata representatif yang harus dihitung di setiap *node*.

Tabel 2.1: Variasi nilai h pada algoritma Hull-White.

h	n = 40	Selisih dengan MC
0.100	1.4134	0.2320
0.050	1.2886	0.1072
0.010	1.1831	0.0017
0.005	1.1762	0.0052
0.003	1.1746	0.0068

Dapat dilihat pada Tabel 2.1, dimana untuk suatu *time step*, ketika nilai h diubah-

ubah maka harga opsinya tidak konvergen ke nilai yang diberikan oleh metode Monte Carlo. Semakin kecil nilai h tidak menjamin harga opsinya akan mendekati harga opsi yang diberikan oleh metode Monte Carlo yang memberikan harga opsi sebesar 1,1814 (error sebesar 0,0140).

2.2. Model Binomial CMR

Model binomial yang diajukan Costabile, Massimo, Russo (CMR) (2006) [1] merupakan modifikasi terhadap model binomial Hull-White. Kerangka kerja model CMR ini masih sama dengan yang digunakan oleh Hull-White [5] dan berdasar pula pada model binomial CRR [2] untuk pergerakan harga asetnya. Letak perbedaannya ada pada teknik penentuan rata-rata representatif yang digunakan untuk menghitung nilai opsi Asia.

Secara umum, pada model binomial lattice, setiap lintasan harga aset yang berbeda menghasilkan rata-rata aritmatika yang berbeda pula. Hal ini menjadi alasan mengapa Hull-White bekerja dengan himpunan rata-rata representatif seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya. Fitur utama pada model binomial CMR ini berkaitan dengan penentuan subhimpunan rata-rata aritmatika sesungguhnya yang masih disebut rata-rata representatif.

Adapun himpunan rata-rata representatif pada model binomial CMR diperoleh dengan cara berikut:

1. Hitung rata-rata maksimum, $A_{max}(i, j)$ yang berasosiasi dengan $node(i, j)$. Rata-rata maksimum ini dihasilkan oleh lintasan dengan harga aset melangkah sebanyak j langkah naik yang diikuti oleh $i - j$ langkah turun. Kita nyatakan $A_{max}(i, j) = A(i, j; 1)$ yang merupakan elemen pertama pada himpunan rata-rata representatif.

$$A(i, j; 1) = \frac{1}{i+1} (\sum_{h=0}^j S_0 u^h + \sum_{h=0}^{i-j-1} S_0 u^{h+2j-i}) \quad (3)$$

2. Hitung rata-rata minimum, $A_{min}(i, j)$ yang berasosiasi dengan $node(i, j)$. Rata-rata maksimum ini dihasilkan oleh lintasan dengan harga aset melangkah sebanyak $i - j$ langkah turun yang diikuti oleh j langkah naik. Kita nyatakan $A_{min}(i, j) = A(i, j; 1 + j(i - j))$ yang merupakan elemen terakhir pada himpunan rata-rata representatif.

$$A(i, j; 1 + j(i - j)) = \frac{1}{i+1} (\sum_{h=0}^{i-j} S_0 d^h + \sum_{h=0}^{j-1} S_0 d^{i-2j+h}) \quad (4)$$

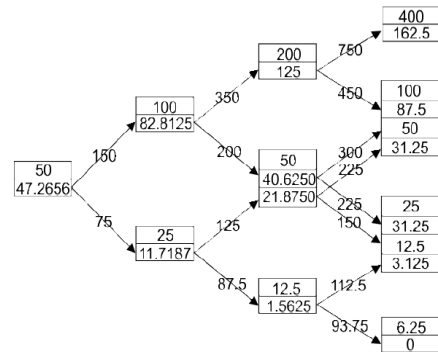
3. Rata-rata representatif lainnya di $node(i, j)$ dinyatakan dengan $A(i, j; k)$, $k =$

$1, 2, \dots, j(i - j)$ yang dihitung secara rekursif sebagai berikut:

$$A(i, j; k + 1) = A(i, j; k) - \frac{1}{i+1} [S_{max}(i, j; k) - S_{min}(i, j; k) d^2] \quad (5)$$

dengan $S_{max}(i, j; k)$ menyatakan harga aset tertinggi pada lintasan yang menghasilkan rata-rata $A(i, j; k)$ tetapi bukan merupakan harga aset penyusun lintasan yang menghasilkan rata-rata minimum.

Gambar 2.1: Penghitungan nilai opsi Asia dengan model binomial CMR.



Pandang opsi Asia gaya Eropa tipe *average price call*. Model binomial CRR dengan $3 - time\ step$ pada Gambar 2.1, menunjukkan bagaimana opsi Asia dihitung dengan model lattice ini dengan harga awal aset, S_0 adalah 50; *strike price*, K adalah 25; dan *risk free interest rate*, r sebesar 0 per tahun. Peluang harga aset untuk bergerak naik di setiap *node*, p sebesar 0,5 dan peluang bergerak turun, $(1 - p)$ sebesar 0,5. Bagian atas kotak di setiap *node* menyatakan harga aset untuk *node* tersebut. Jumlah harga aset untuk setiap lintasan harga aset ditandai di setiap cabang pohon binomial.

Untuk mencapai $node(3,3)$ karena hanya dicapai dengan satu lintasan harga aset (50,100,200,400), maka hanya satu rata-rata harga aset yang dihitung dengan menggunakan persamaan (3) atau (4). Di setiap $i\Delta t$, $i = 1, 2, \dots, n$, jumlah/total harga aset pada lintasan harga aset yang menghasilkan rata-rata representatif $A(i, j; 1)$ dapat diperoleh dari bentuk $\sum_{h=0}^j S_0 u^h + \sum_{h=0}^{i-j-1} S_0 u^{h+2j-i}$. Begitu pula jumlah/total harga aset pada lintasan harga aset yang menghasilkan rata-rata representatif $A(i, j; 1 + j(i - j))$ dapat diperoleh dari bentuk $\sum_{h=0}^{i-j} S_0 d^h + \sum_{h=0}^{j-1} S_0 d^{i-2j+h}$.

Sebagai contoh, pada $node(3,2)$, rata-rata representatif yang pertama, $A(3,2; 1)$ dihitung dengan menggunakan jumlah harga aset (50 +

100 + 200 + 100) kemudian dibagi 4 dan rata-rata representatif terakhir, $A(3,2;3)$ dihitung dengan menggunakan jumlah harga aset (50 + 25 + 50 + 100) dan dibagi 4. Selanjutnya rata-rata representatif kedua dihitung dengan harga aset tertinggi yang digunakan untuk menghitung $A(3,2;1)$ yaitu $S_{max}(3,2;1) = 200$ dan menggunakan rumusan rekursif pada persamaan (5). Jika himpunan rata-rata representatif telah dibangun sampai saat *maturity time* maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai opsi pada saat *maturity time* dengan menggunakan persamaan payoff: $\max(A(i,j;k) - K, 0)$.

Model binomial selanjutnya melangkah mundur (dalam waktu) untuk memperoleh nilai opsi pada saat $t_0 = 0$ dengan skema induksi backward berikut:

$$C(i,j;k) = e^{-r\Delta t} [pC(i+1,j+1;k_{up}) + (1-p)C(i+1,j;k_{down})] \quad (6)$$

dimana $C(i+1,j+1;k_{up})$ dan $C(i+1,j;k_{down})$ merupakan nilai-nilai opsi pada saat $(i+1)\Delta t$ yang letaknya bersesuaian dengan lintasan ke- k yang bergerak naik dan bergerak turun. Sehingga nilai opsi $C(2,1;1) = e^0 [0,5C(3,2;1_u) + 0,5C(3,1;1_d)] = 0,5(50 + 31,25) = 40,625$.

Namun tidak semua nilai opsi $C(i+1,j+1;k_{up})$ dan $C(i+1,j;k_{down})$ yang berasosiasi dengan rata-rata representatif tersebut berada dalam himpunan rata-rata representatif yang telah dibangun. Untuk mengatasi hal ini, digunakan metode interpolasi linear.

Untuk opsi Asia gaya Amerika rumusan rekursif pada penentuan nilai opsi harus dimodifikasi untuk memungkinkan adanya fasilitas *early exercise* yaitu:

$$C^{Am}(i,j;k) = \max\{A(i,j;k), e^{-r\Delta t} [pC^{Am}(i+1,j+1;k_{up}) + (1-p)C^{Am}(i+1,j;k_{down})]\} \quad (7)$$

Dengan cara serupa dapat dihitung untuk opsi Asia tipe-tipe yang lain yang terbagi dalam 8 tipe berdasarkan bentuk payoffnya yaitu:

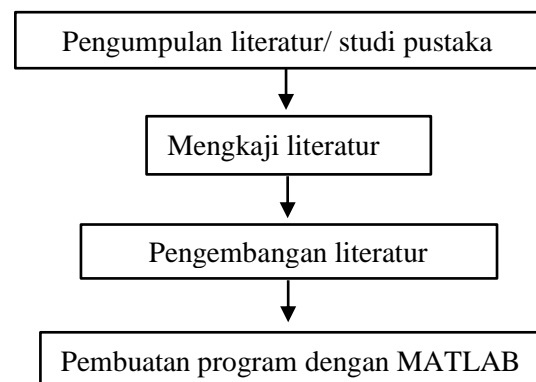
1. Opsi *average price call* Eropa:
payoff = $\max(A(n,j;k) - K, 0)$
2. Opsi *average price put* Eropa:
payoff = $\max(K - A(n,j;k), 0)$
3. Opsi *average strike call* Eropa:
payoff = $\max(S(n,j) - A(n,j;k)$
4. Opsi *average strike put* Eropa:
payoff = $\max(A(n,j;k) - S(n,j))$
5. Opsi *average price call* Amerika:
payoff = $\max(A(i,j;k) - K, 0)$

6. Opsi *average price put* Amerika:
payoff = $\max(K - A(i,j;k), 0)$
7. Opsi *average strike call* Amerika:
payoff = $\max(S(i,j) - A(i,j;k)$
8. Opsi *average strike put* Amerika:
payoff = $\max(A(i,j;k) - S(i,j))$

Sebagai benchmark terhadap kedua model tersebut, digunakan simulasi Monte Carlo (MC) yang dapat memberikan taksiran harga opsi bagi opsi yang tidak mempunyai solusi eksak.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi literatur (kajian pustaka), sehingga dapat dibentuk flowchart sebagai berikut:



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Tabel 4.1 dan 4.2 dinyatakan nilai opsi Asia gaya Eropa tipe *average price call* dan *put* dengan nilai *strike price* yang berbeda-beda. Harga awal aset adalah 50, risk free *interest rate* sebesar 0.1 pertahun, volatilitas sebesar 0.3 pertahun dan masa berlaku opsi selama 1 tahun.

Tabel 4.1: *Average price call* gaya Eropa dengan model binomial CMR.

n	K = 40	K = 50	K = 60
10	11.5276	4.5014	1.1176
15	11.5348	4.5082	1.1428
20	11.5384	4.5126	1.1548
30	11.5421	4.5172	1.1676
40	11.5439	4.5196	1.1740
50	11.5450	4.5210	1.1779
60	11.5458	4.5220	1.1805
70	11.5463	4.5228	1.1779
80	11.5467	4.5233	1.1838
MC	11.5444	4.5112	1.1814
	(0.0108)	(0.0190)	(0.0140)

Pada baris terakhir Tabel4.1 dan4.2 diberikannilai opsi yang dihitung dengan simulasi Monte Carlo (MC) berdasar pada 40 *time step* dan 10^5 percobaan menggunakan teknik reduksi variansi: variabel antitetik dengan standar eror berada dalam tanda kurung.

Tabel4.2: *Average price* put gaya Eropa dengan model binomial CMR.

n	K = 40	K = 50	K = 60
10	0.1359	2.1580	7.8226
15	0.1444	2.1662	7.8491
20	0.1486	2.1712	7.8617
30	0.1529	2.1764	7.8752
40	0.1551	2.1792	7.8819
50	0.1564	2.1808	7.8860
60	0.1573	2.1820	7.8888
70	0.1580	2.1828	7.8907
80	0.1584	2.1834	7.8922
MC	0.1552	2.1704	7.8889
	(0.0033)	(0.0118)	(0.0066))

PadaTabel4.3 dan 4.4 dinyatakan nilai opsi Asia gaya Eropa tipe *average strike* call dan put dengan harga awal aset yang berbeda-beda. Perhitungan dilakukan dengan risk-free *interest rates* sebesar 0.1 pertahun, volatilitas sebesar 0.3 pertahun dan masa berlaku opsi selama 1 tahun.

Tabel4.3: *Average strike* call gaya Eropa dengan model binomial CMR.

n	S0=50	S0=60	S0=70
10	4.6461	5.5753	6.5046
15	4.6578	5.5893	6.5209
20	4.6644	5.5973	6.5302
30	4.6713	5.6056	6.5398
40	4.6749	5.6099	6.5449
50	4.6771	5.6125	6.5479
60	4.6785	5.6143	6.5500
70	4.6796	5.6155	6.5515
80	4.6804	5.6165	6.5526
MC	4.6767	5.6121	6.5473
	(0.0229)	(0.0275)	(0.0320)

Pada baris terakhir Tabel 4.3 dan 4.4 diberikan nilai opsi yang dihitung dengan simulasi Monte Carlo (MC) berdasar pada 40 *time step* dan 10^5 percobaan menggunakan teknik reduksi variansi: variabel antitetik dengan standar eror berada dalam tandakurung.

Tabel4.4: *Average strike* put gaya Eropa dengan model binomial CMR.

n	S0=50	S0=60	S0=70
10	2.2314	2.6776	3.1239
15	2.2417	2.6901	3.1384
20	2.2477	2.6972	3.1468
30	2.2539	2.7047	3.1555
40	2.2572	2.7086	3.1600
50	2.2591	2.7110	3.1628
60	2.2605	2.7126	3.1647
70	2.2615	2.7138	3.1661
80	2.2622	2.7146	3.1671
MC	2.1971	2.7016	3.1519
	(0.0110)	(0.0135)	(0.0158)

Tabel4.5: *Average price* call gaya Amerika dengan model binomial CMR.

n	K = 40	K = 50	K = 60
10	12.6824	4.7097	1.1279
20	12.9562	4.8134	1.1772
30	13.0756	4.8619	1.1951
40	13.1416	4.8793	1.1975
50	13.1986	4.9053	1.2110
60	13.2347	4.9175	1.2152
70	13.2612	4.9264	1.2181
80	13.2820	4.9334	1.2203
HW(n = 40)	13.1533	4.8924	1.2076

Pada Tabel 4.5 dan 4.6 dinyatakan nilai opsi Asia *average price* call dan put gaya Amerika dengan nilai *strike price* yang berbeda-beda. Harga awal asset adalah 50, *risk free interest rate* sebesar 0.1 pertahun, volatilitas sebesar 0.3 pertahun dan masa berlaku opsi selama 1 tahun. Pada baris terakhir Tabel 4.5 dan 4.6 diberikan nilai opsi yang dihitung dengan model binomial Hull-White(HW) dengan $h = 0.005$.

Pada Tabel 4.7 dan 4.8 dinyatakan nilai opsi Asia *average strike* call dan put gaya Amerika dengan harga awal aset berbeda-beda. Perhitungan dilakukan dengan *risk free interest rate* sebesar 0.1 pertahun, volatilitas sebesar 0.3 pertahun dan masa berlaku opsi selama 1 tahun. Pada baris terakhir Tabel 4.7 dan 4.8 diberikan nilai opsi yang dihitung dengan model binomial Hull-White(HW) dengan $h = 0.005$.

Tabel 4.6: *Average price* put gaya Amerika dengan model binomial CMR.

n	K = 40	K = 50	K = 60
10	0.1370	2.4312	10.3374
20	0.1523	2.5480	10.6381
30	0.1579	2.5965	10.8347
40	0.1609	2.6289	10.9260
50	0.1627	2.6490	10.9946
60	0.1640	2.6635	11.0562
70	0.1649	2.6738	11.0991
80	0.1655	2.6827	11.1320
HW(n = 40)	0.1618	2.6331	10.9306

Tabel 4.7: *Average strike* call gaya Amerika dengan model binomial CMR.

n	S0=50	S0 = 60	S0= 70
10	5.2387	6.2864	7.3341
20	5.4487	6.5385	7.6282
30	5.5448	6.6537	7.7627
40	5.6000	6.7200	7.8400
50	5.6361	6.7633	7.8905
60	5.6617	6.7941	7.9264
70	5.6810	6.8172	7.9534
80	5.6959	6.8351	7.9743
HW(n = 40)	5.6037	6.7245	7.8452

Tabel 4.8: *Average strike* put gaya Amerika dengan model binomial CMR.

n	S0=50	S0 = 60	S0= 70
10	3.3852	4.0622	4.7392
20	3.6427	4.3712	5.0998
30	3.7619	4.5142	5.2666
40	3.8257	4.5909	5.3560
50	3.8693	4.6432	5.4170
60	3.8996	4.6796	5.4595
70	3.9239	4.7087	5.4934
80	3.9419	4.7303	5.5186
HW(n = 40)	3.8302	4.5962	5.3622

Dari hasil komputasi di atas diperoleh bahwa harga opsi Asia dengan gaya Amerika selalu lebih besar daripada harga opsi Asia gaya Eropa baik untuk tipe *average price* maupun *average strike*.

Selanjutnya pada Tabel 4.9, dengan menggunakan nilai opsi Asia *average price* call gaya Eropa kami bandingkan antara model binomial Hull-White (HW) dengan model binomial Costabile, Massimo, Russo (CMR), dan sebagai benchmark digunakan simulasi Monte Carlo (MC) dengan teknik reduksi variansi: variabel antitetik. Hal ini dilakukan untuk melihat seberapa dekat nilai opsi Asia yang diberikan oleh kedua metode terhadap simulasi Monte Carlo.

Tabel 4.9: Perbandingan nilai opsi Asia *average price* call gaya Eropa.

T (tahun)		Strike Price				
		40	45	50	55	60
0.5	Eropa/BinHW	10.7550	6.3631	3.0116	1.1080	0.3174
	Eropa/BinCMR	10.7545	6.3607	3.0076	1.1044	0.3153
	Eropa/MC	10.7560	6.3580	3.0004	1.1037	0.3225
		(0.0050)	(0.0089)	(0.0129)	(0.0106)	(0.0061)
1	Eropa/BinHW	11.5447	7.6155	4.5221	2.4196	1.1762
	Eropa/BinCMR	11.5439	7.6137	4.5196	2.4170	1.1740
	Eropa/MC	11.5444	7.6076	4.5112	2.4148	1.1814
		(0.0108)	(0.0153)	(0.0190)	(0.0181)	(0.0140)
1.5	Eropa/BinHW	12.2846	8.6695	5.7426	3.5853	2.1239
	Eropa/BinCMR	12.2839	8.6682	5.7408	3.5833	2.1220
	Eropa/MC	12.2828	8.6605	5.7326	3.5815	2.1292
		(0.0160)	(0.0204)	(0.0239)	(0.0239)	(0.0207)
2	Eropa/BinHW	12.9535	9.5817	6.7916	4.6326	3.0568
	Eropa/BinCMR	12.9528	9.5807	6.7902	4.6311	3.0552
	Eropa/MC	12.9503	9.5727	6.7830	4.6307	3.0637
		(0.0206)	(0.0248)	(0.0282)	(0.0288)	(0.0263)

Tabel 4.9 menunjukkan bahwa hasil perhitungan antara model binomial Hull-White dan Costabile, Massimo, Russo terhadap simulasi Monte Carlo adalah cukup dekat. Rata-rata perbedaan nilai opsi antara model binomial Hull-White dengan simulasi Monte Carlo sebesar **0.0034**. Sedangkan rata-rata perbedaan antara model binomial Costabile, Massimo, Russo dengan simulasi Monte Carlo sebesar **0.0016**. Hal ini berarti bahwa nilai opsi yang diberikan oleh model binomial Costabile, Massimo, dan Russo lebih baik karena lebih mendekati ke nilai opsi yang diberikan oleh simulasi Monte Carlo bila dibandingkan dengan nilai opsi yang diberikan oleh model binomial Hull-White.

Selanjutnya pada Tabel 4.10 dengan mengacu pada penelitian Harapan (2007) [3] yang memberikan hasil perhitungan harga opsi Asia tipe rata-rata geometric dengan model binomial, dilihat ubungan antara opsi Asia tipe rata-rata aritmatika dengan rata-rata geometric baik untuk opsi call maupun opsi put. Dengan parameter yang sama, yaitu harga awal aset **100**, risk-free interest rates sebesar **0.09** pertahun, volatilitas sebesar **0.2** pertahun, *strike price* **95** dan *maturity* $\frac{1}{3}$ tahun diperoleh hasil:

Tabel 4.10: Nilai opsi Asia *average price* call gaya Eropa rata-rata aritmatika vs rata-rata geometrik.

Eropa				
n	C_{geo}	C_{arit}	P_{geo}	P_{arit}
4	6.691	6.8016	0.5009	0.4772
10	6.729	6.8291	0.5295	0.5058
50	6.7543	6.8470	0.5468	0.5243

Jadi, untuk opsi Asia *average price* gaya Eropa berlaku hubungan berikut:

$$C_{geo} < C_{arit} \text{ dan } P_{geo} > P_{arit}$$

5. KESIMPULAN

Pada paper ini telah dijelaskan penentuan harga opsi Asia khususnya tipe rata-rata aritmatika dengan model binomial yang dimodifikasi yang diajukan oleh Costabile, Massimo, Russo (CMR). Model ini merupakan modifikasi dari model binomial yang diajukan oleh Hull-White. Kerangka kerja kedua model ini berdasar pada model binomial CRR untuk pergerakan harga asetnya. Letak perbedaan kedua model ini ada pada teknik pemilihan rata-rata representatif yang digunakan untuk menghitung harga opsi. Hasil yang diperoleh menyatakan bahwa rata-rata perbedaan kedua model terhadap simulasi Monte Carlo cukup dekat, walaupun model binomial CMR lebih dekat ke nilai opsi yang diberikan oleh simulasi Monte Carlo. Selanjutnya diperoleh pula hubungan diantara berbagai tipe opsi Asia baik gaya Eropa maupun Amerika.

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan dengan mencari bentuk rata-rata representatif yang lebih baik lagi baik dari segi efektivitas maupun efisiensi.

6. REFERENSI

1. Costabile M, Massabo I, Russo E. (2006), *An Adjusted Binomial Model for Pricing Asian Options*, Rev Quant Finan Acc 27: 285-296.
2. Cox JC, Ross SA, Rubinstein M. (1979), *Option Pricing: A Simplified Approach*, JJ Financial Economics 7: 229-264.
3. Harapan Riswan. (2007), *Penentuan Harga Opsi Asia*, Institut Teknologi .
4. Hull JC. (2002), *Options, Futures, and Other Derivatives, Fifth Edition*, Prentice Hall International Editions, Upper Saddle Rider.

5. Hull JC, White A. (1993), *Efficient Procedures for Valuing European and American Path-Dependent Options*, J Derivatives 1: 21-31.
6. Seydel R. (2002), *Tools for Computational Finance*, Berlin: Springer-Verlag.
7. Sidarto, Kuntjoro A. (2008), *Catatan Seputar Model Penentuan Harga Saham tipe Eropa dan Amerika*.
8. Zhang PG. (1998), *Exotic Options: A Guide to Second Generation Options*, Singapore: World Scientist.

BAGIAN 3

**BIDANG PENDIDIKAN SAINS,
MANAJEMEN PENDIDIKAN,
TEKNOLOGI PENDIDIKAN DAN
PENDIDIKAN KARAKTER**

PELAKSANAAN SUPERVISI PEMBELAJARAN IPA

Astin Lukum

¹Fakultas FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo
Email: astinlukum@gmail.com

Abstrak – Tulisan ini menggambarkan pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA di sekolah menengah pertama (SMP) di Kota Gorontalo. Supervisi pembelajaran IPA pada hakekatnya menumbuhkan profesionalisme guru IPA melalui pembinaan oleh supervisor kepada guru dalam mengembangkan situasi belajar mengajar yang lebih baik. Data dikumpulkan dengan menggunakan teknik observasi, dokumentasi dan wawancara. Hasil penelitian ini menunjukkan pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA di sekolah terbatas pada kunjungan sekolah dan kunjungan kelas, melihat Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP) dan guru yang mengajar. Bantuan profesional pengawas sebagai upaya menumbuhkan profesional guru IPA belum optimal.

Kata Kunci: Supervisi Pembelajaran IPA

I. PENDAHULUAN

Program supervisi pembelajaran IPA dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan mutu pembelajaran IPA. Keprofesionalan guru IPA tidak mungkin muncul dengan tiba-tiba, melainkan melalui proses yang disebut pertumbuhan profesional (dari guru muda, guru madya, menjadi guru yang “matang”). Oleh karena itu, guru IPA perlu mendapat bantuan untuk menumbuhkan keprofesionalannya. Bantuan ini dapat bermacam-macam, (seperti pelatihan dan studi lanjut), salah satu bantuan profesional ini dilakukan melalui supervisi pembelajaran IPA. Jadi, supervisi Pembelajaran IPA perlu dilakukan sebagai upaya untuk terus-menerus menumbuhkan keprofesionalan guru IPA. Hal ini merupakan implementasi dari hakekat pembelajaran IPA itu sendiri yang diharapkan dapat menjadi wahana bagi peserta didik untuk mempelajari diri sendiri dan alam sekitar, serta prospek pengembangan lebih lanjut dalam menerapkannya di dalam kehidupan sehari-hari.

Proses pembelajarannya menekankan pada pemberian pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi agar menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Pembelajaran IPA diarahkan untuk inkuiri dan berbuat sehingga dapat membantu peserta didik untuk memperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang alam sekitar.

Untuk memfasilitasi pembelajaran IPA tersebut diperlukan supervisi pembelajaran IPA yang merupakan salah satu jenis pengawasan yang dilakukan terhadap guru IPA dalam kerangka kepatuhan profesional (*professional compliance*). Oleh sebab itu, hendaknya supervisi pembelajaran IPA dilakukan oleh supervisor (orang-orang yang memiliki “pandangan super” dalam bidang yang disupervisi) terhadap guru IPA, dengan obyek yang diamati tertentu, dan menggunakan cara atau prosedur tertentu.

Supervisor pembelajaran IPA adalah orang-orang yang terlatih untuk melakukan supervisi dalam pembelajaran IPA dalam arti memiliki visi pemahaman, dan telah terbukti dapat menerapkan dengan baik aspek-aspek pembelajaran IPA serta memiliki visi, kemampuan dan keterampilan untuk melakukan supervise.[1]

Djam'an Satori dalam Wahono Widodo, 2007 mengemukakan supervisi pembelajaran IPA merupakan kegiatan yang ditujukan untuk memperbaiki dan meningkatkan mutu proses dan hasil pembelajaran IPA. Dalam konteks pendidikan persekolahan, mutu pembelajaran merupakan refleksi dari kemampuan profesional guru.

Kecenderungan pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA sekarang ini hanya terfokus pada salah satu teknik supervisi saja, yaitu supervisi kunjungan kelas untuk mengamati pembelajaran di kelas apa sudah sesuai dengan RPP atau tidak, tanpa membimbing

penguasaan materi sekaligus pendalaman materi-materi yang sulit yang diajarkan kepada siswa, serta hubungan materi yang diajarkan dengan hakekat pendidikan IPA itu sendiri. Ada juga supervisor yang hanya terfokus pada supervisi administrasi pembelajaran saja, memeriksa daftar hadir guru, biasanya mereka datang ke sekolah satu semester dua kali yaitu pada awal dan saat ujian semester dilaksanakan. Seharusnya supervisor adalah mitranya guru, dalam mengembangkan kualitas pembelajaran IPA di kelas.[2]

Kenyataan yang ada dalam proses pembelajaran IPA di beberapa sekolah selama ini terlihat kurang menarik, sehingga siswa merasa jenuh dan kurang memiliki minat pada pembelajaran IPA, sehingga suasana kelas cenderung pasif, sedikit sekali siswa yang bertanya pada guru meskipun materi yang diajarkan belum dapat dipahami. Dalam pembelajaran seperti ini mereka akan merasa seolah-olah dipaksa untuk belajar sehingga jiwanya tertekan. Keadaan demikian menimbulkan kejengkelan, kebosanan, sikap masa bodoh, sehingga perhatian, minat, dan motivasi siswa dalam pembelajaran IPA menjadi rendah. Hal ini akan berdampak terhadap ketidaktercapaian tujuan pembelajaran IPA. Di samping itu ditemukan pula banyak siswa yang tidak senang dengan pembelajaran IPA dan hal ini ditunjukkan oleh kelulusan siswa pada saat ujian nasional rata-rata nilai pada mata pelajaran kimia, fisika dan biologi rendah.[3]

Berdasarkan uraian di atas, perlunya memberdayakan program supervisi pembelajaran IPA untuk menggenjot profesionalitas guru IPA, guna meningkatkan mutu pendidikan IPA di Indonesia. Oleh sebab itu yang menjadi fokus masalah dalam tulisan ini adalah "bagaimanakah pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA di sekolah?".

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sergiovanni (1987) mengemukakan bahwa tujuan supervisi adalah: 1) membantu guru mengembangkan keterampilan profesional mereka dalam pemahaman akademik, kehidupan kelas, mengajar keterampilan dan menggunakan keterampilan mereka melalui teknik tertentu; 2) untuk memantau proses belajar-mengajar di sekolah.

Hal ini dapat dicapai pada kunjungan kelas selama jam belajar, berbicara dengan guru atau personal kolega, atau dengan beberapa siswa, 3) dilakukan untuk mendukung guru menerapkan teknik assesmen dan mencari pengembangan diri dan komitmen untuk melaksanakan tugasnya.[4]

Secara umum tujuan supervisi pembelajaran adalah (1) meningkatkan efektivitas dan efisiensi belajar-mengajar, (2) mengendalikan penyelenggaraan bidang teknis edukatif di sekolah sesuai dengan ketentuan-ketentuan dan kebijakan yang telah ditetapkan, (3) menjamin agar kegiatan sekolah berlangsung sesuai dengan ketentuan yang berlaku sehingga segala sesuatunya berjalan lancar dan diperoleh hasil yang optimal, (4) menilai keberhasilan sekolah dalam pelaksanaan tugasnya, dan (5) memberikan bimbingan langsung untuk memperbaiki kesalahan, kekurangan dan kekhilafan serta membantu memecahkan masalah yang dihadapi sekolah sehingga dapat dicegah kesalahan dan penyimpangan yang lebih jauh.[5]

Secara semantik supervisi pendidikan adalah pembinaan yang berupa bimbingan atau tuntunan ke arah perbaikan situasi pendidikan pada umumnya dan peningkatan mutu mengajar dan belajar pada khususnya. Good Carter, memberi pengertian supervisi adalah usaha dari petugas-petugas sekolah dalam memimpin guru-guru dan petugas lainnya, dalam memperbaiki pengajaran, termasuk menstimulir, menyeleksi pertumbuhan jabatan dan perkembangan guru-guru dan merevisi tujuan-tujuan pendidikan, bahan-bahan pengajaran, dan metode mengajar dan evaluasi pengajaran. Boardman *et al.* menyebutkan supervisi adalah salah satu usaha menstimulir, mengkoordinir dan membimbing secara kontinu pertumbuhan guru-guru di sekolah baik secara individual maupun secara kolektif, agar lebih mengerti dan lebih efektif dalam mewujudkan seluruh fungsi pengajaran. Dengan demikian mereka dapat menstimulir dan membimbing pertumbuhan tiap-tiap murid secara kontinu, serta mampu dan lebih cakap berpartisipasi dalam masyarakat demokrasi modern.[6]

Tujuan Supervisi pembelajaran IPA adalah untuk memperbaiki situasi belajar yang diarahkan pada tujuan agar siswa dapat mengetahui proses IPA, produk IPA, dan aplikasi IPA dalam teknologi, serta

bertanggung jawab terhadap diri sendiri maupun kepada masyarakat (Harbeck, 1976). Usaha perbaikan pembelajaran IPA tersebut hendaknya dilakukan secara menyeluruh, terus menerus serta penuh dengan keterampilan (Eiss, 1976. NSTA: 1997) Tujuan Supervisi pembelajaran IPA adalah untuk memperbaiki situasi belajar yang diarahkan pada tujuan agar siswa dapat mengetahui proses IPA, produk IPA, dan aplikasi IPA dalam teknologi, serta bertanggung jawab terhadap diri sendiri maupun kepada masyarakat (Harbeck, 1976). Usaha perbaikan pembelajaran IPA tersebut hendaknya dilakukan secara menyeluruh, terus menerus serta penuh dengan keterampilan (Eiss, 1976. NSTA: 1997).[7]

Ditinjau dari pengembangan supervisi Pembelajaran IPA, makna supervisi merupakan upaya membantu guru untuk meningkatkan kualitas penyelenggaraan pembelajaran secara efektif. Lebih jauh dari itu, diharapkan membantu guru agar mampu mengembangkan dan mengimplementasikan pembelajaran secara profesional. Dengan kata lain, melalui supervisi guru dapat mengembangkan kemampuan profesional secara terus-menerus.[3]

Dalam pandangan supervisi, pendidikan pada dasarnya merupakan suatu perusahaan (*entreprise*) dengan arah mengacu pada jaminan mutu (QA), memuaskan pelanggan. Usaha pendidikan seharusnya ditujukan pada efektifitas belajar sebagai *outcomes* pembelajaran. Agar efektifitas belajar dalam pembelajaran IPA tercapai, perlu adanya standar kinerja baik untuk proses maupun produk sebagai acuan mutu. Dalam standar pembelajaran IPA harus dinyatakan kebutuhan esensial minimal konsep dan keterampilan proses IPA yang diperlukan untuk melek IPA. Melek IPA (*scientific literacy*) pada masyarakat Amerika didefinisikan sebagai pengetahuan dan pemahaman terhadap konsep dan proses ilmiah yang diperlukan untuk pembuatan keputusan personal, partisipasi dalam bidang hukum dan budaya, dan produktivitas ekonomi (*National Academy of Sciences*, 1996: 22). NAS mencanangkan standar pendidikan IPA nasional yang diorganisasikan dalam enam kelompok yaitu: 1) standar pengajaran IPA; 2) standar pengembangan profesional guru-guru IPA; 3) standar assesmen dalam pendidikan IPA; 4) standar isi IPA; 5) standar program-

program pendidikan IPA; dan 6) standar sistem pendidikan IPA.[8]

Menurut Widodo (2007), model supervisi Pembelajaran IPA, berawal dari analisis kebutuhan untuk meningkatkan kinerja guru yang juga dicerminkan oleh kinerja siswa oleh sekolah melalui program penjaminan mutu, oleh musyawarah guru, atau oleh para supervisor itu sendiri. Berdasarkan analisis kebutuhan, selanjutnya disusun program supervisi pendidikan. Sasaran supervisi adalah pemberdayaan akuntabilitas profesional guru IPA, penciptaan sekolah sebagai organisasi belajar, dan manajemen sumberdaya pendidikan. Seluruh sasaran tersebut pada akhirnya bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran IPA.

Bentuk kegiatan supervisi akademik ini dapat berupa kunjungan kelas, pertemuan pribadi antara pengawas dengan guru, rapat guru, kunjungan antar kelas, kunjngan sekolah, penerbitan bulletin professional (Satori 1997 dalam Widodo 2007). Sedangkan yang menjadi fokus supervisi pembelajaran IPA ini adalah kemampuan guru IPA dalam merencanakan PBM IPA, melaksanakan PBM IPA, menilai proses dan hasil pembelajaran, memanfaatkan hasil penilaian bagi peningkatan layanan pembelajaran, memberikan umpan balik kepada siswa, melayani peserta didik yang mengalami kesulitan belajar, menciptakan lingkungan belajar yang menyenangkan, mengembangkan media pembelajaran, sumber-sumber belajar, dan melakukan penelitian tindakan kelas.[3]

Berdasarkan uraian di atas maka yang dimaksud dengan supervisi pembelajaran IPA adalah bantuan profesional kepada guru IPA yang dilakukan oleh supervisor IPA dan kepala sekolah atas dasar kemitraan dan pendampingan secara terus-menerus dan berkelanjutan untuk mencapai keberhasilan pembelajaran IPA.

III. METODOLOGI

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Kota Gorontalo. Teknik yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi dan dokumentasi. Wawancara digunakan untuk memperoleh informasi tentang pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA di SMP Kota Gorontalo. Dokumentasi dilakukan untuk memperoleh data tentang karakteristik guru IPA dan supervisor, serta observasi dilakukan

untuk memperoleh data tentang pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA termasuk pada pembelajarannya. Analisis data dalam penelitian ini dilaksanakan secara deskriptif kualitatif.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Berdasarkan hasil wawancara yang telah dilakukan peneliti, ditemukan bahwa pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA oleh supervisor bahwa pelaksanaan kunjungan kelas dilaksanakan 2 kali dalam satu semester untuk setiap orang guru, jawaban dari supervisor lainnya 3 kali dalam satu semester terdiri dari pembinaan, pemantauan dan penilaian. Ini berarti kunjungan kelas yang dilakukan pengawas masih bervariasi. Dalam proses pembimbingan supervisor melaksanakan bimbingan awal dalam kelompok, kemudian bimbingan individual dilanjutkan kolaborasi secara klinis. Pertemuan pribadi dilakukan sampai 3 kali dalam satu semester, kondisi ini terjadi apabila perangkat yang dibuat guru belum memenuhi syarat sehingga butuh bimbingan berkelanjutan. Supervisor lainnya mengemukakan bahwa bimbingan pribadi tergantung pada capaian kompetensi jika belum memenuhi standar maka dilakukan bimbingan secara terus menerus. Dalam penyusunan silabus segenap supervisor mengemukakan bahwa tugasnya sebagai pendamping guru IPA dalam menyusun silabus didasarkan pada hasil analisis. Silabus yang dihasilkan tidak sama lagi dengan silabus dari pusat atau yang dihasilkan oleh guru sebelumnya, kemudian mengecek silabus yang dihasilkan sudah memenuhi standar atau belum.

Para supervisor juga membimbing guru dalam memilih dan menggunakan metode/strategi pembelajaran IPA dengan cara menyesuaikan dengan karakteristik materi, kesiapan guru dan sarana penunjang dan memenuhi standar. Selanjutnya para pengawas juga sebagai pembimbing dan pendamping dalam penyusunan RPP yang dibimbing dari bagian pendahuluan sampai dengan bagian penutup, dengan cara mempelajari dan mengecek kekurangan-kekurangan sekaligus mereviu, sehingga guru dapat mengetahui kelemahan RPP yang sudah di buat. Mengenai pelaksanaan pembelajaran IPA di kelas maka segenap pengawas menyebutkan bahwa setiap guru IPA mendapatkan bimbingan yang

bertolak dari hasil supervisi sebelumnya pada guru yang bersangkutan, pelaksanaan bimbingan tersebut minimal 2 kali dalam satu semester, pembimbingan dimulai dari awal pelaksanaan pembelajaran, kemudian supervisor mengidentifikasi kelemahan dan kekurangan dalam pembelajaran yang dijadikan dasar untuk pembimbingan berikutnya.

Selanjutnya para supervisor juga menyebutkan telah dilaksanakan pembimbingan penggunaan media pembelajaran pada saat penyusunan RPP, pembimbingan juga di fokuskan pada guru-guru yang belum memiliki kemampuan atau pengalaman dalam menggunakan media, kemudian ditindak lanjuti dengan diklat khusus tentang penggunaan media dan alat-alat IPA. Pembimbingan kepada guru IPA dalam memanfaatkan teknologi Informasi difokuskan pada guru IPA yang belum memiliki kemampuan memanfaatkan IT. Bagi guru yang belum biasa memanfaatkan IT disarankan mengikuti workshop di satuan pendidikan masing-masing. Selain itu para pengawas melakukan pembimbingan tentang aspek-aspek penilaian dari awal kegiatan pembelajaran. Berdasarkan informasi itu, guru sudah siap melakukan pembelajaran sesuai dengan yang diminta dan dinilai supervisor.

Pembimbingan ini biasanya mengacu pada hasil supervisi tahun sebelumnya. Keikutsertaan para supervisor dalam rapat guru di sekolah biasanya dilakukan pada rapat yang membicarakan kompetensi guru atau rapat-rapat evaluasi hasil supervisi maupun program-program pembelajaran. Pelaksanaan kunjungan antar sekolah sudah pernah dilakukan misalnya seperti pelaksanaan *lesson study*, demikian juga kunjungan antar kelas dalam satu sekolah. Mengenai pembimbingan penelitian tindakan kelas, belum sepenuhnya dilaksanakan. Disamping itu pembimbingan penulisan jurnal ilmiah kepada guru IPA dalam buletin profesional semua para pengawas menyebutkan belum ada. Supervisor banyak mengikuti penataran baik di tingkat propinsi maupun nasional.

Berdasarkan data tersebut di atas supervisor telah melaksanakan supervisi pembelajaran IPA sebatas memenuhi frekwensi kunjungan yang sudah ditetapkan oleh Dinas Pendidikan Kota Gorontalo yaitu 2 sampai 3 kali dalam satu semester, sehingga belum

nampak pembimbingan guru IPA secara terus menerus dan berkelanjutan ataupun memenuhi kriteria dalam standar pelayanan minimal yaitu 2 kali dalam sebulan dan setiap kunjungan dilakukan selama 3 jam.[3],[9]

B. Pembahasan

Menurut Lukum, 2012 mengemukakan pelaksanaan supervisi oleh supervisor dan kepala sekolah telah dilakukan terus menerus tetapi masih sangat terbatas frekuensinya yaitu 2 kali dalam satu semester. Sesuai Standar Pelayanan Minimal kunjungan kelas dilakukan satu kali setiap bulan dan setiap kunjungan dilakukan selama tiga jam untuk melakukan supervisi dan pembinaan, pertemuan pribadi dua kali dalam satu bulan, rapat guru satu kali dan kunjungan antar kelas serta kunjungan antar sekolah satu kali dalam satu semester. Ini menunjukkan terjadi kesenjangan yang sangat signifikan antara realisasi pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA di Kota Gorontalo dengan ketentuan yang berlaku. [3], [9]

Kesenjangan ini terjadi karena keterbatasan yang dimiliki oleh supervisor dan kepala sekolah baik dari segi waktu, ketersediaan tenaga supervisor pembelajaran IPA dan pemahaman terhadap fungsi-fungsi supervisi serta tidak adanya pengawasan terhadap pelaksanaan supervisi oleh supervisor dan kepala sekolah, walaupun ada, itu masih terbatas pada aspek administrasi dalam bentuk program tahunan dan pelaporan setiap akhir tahun. Hal ini juga berakibat pada kurangnya kegiatan-kegiatan pelatihan, workshop maupun seminar yang diupayakan oleh supervisor maupun kepala sekolah dalam rangka meningkatkan kompetensi guru IPA termasuk belum optimalnya pelaksanaan MGMP IPA dan tidak terlaksananya pembinaan dan pembimbingan penelitian tindakan kelas dan penulisan dalam jurnal ilmiah, yang meskipun supervisor dan kepala sekolah telah mengetahui dan telah melakukan penelitian tindakan kelas dan penulisan dalam jurnal itupun masih sangat terbatas. Hal inilah yang perlu beroleh perhatian dari pemangku kepentingan dalam rangka mereposisi pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA oleh supervisor dan kepala sekolah di Kota Gorontalo. [3],[9]

Pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA oleh supervisor dan kepala sekolah akan membentuk pandangan dan perilaku guru IPA

terhadap pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA tersebut. Oleh karena itu guru IPA memandang bahwa supervisi pembelajaran IPA itu adalah suatu kegiatan yang dilaksanakan oleh supervisor dan kepala sekolah untuk memeriksa RPP, mengobservasi proses pembelajaran dan memberikan umpan balik setelah proses pembelajaran berlangsung. Guru-guru IPA belum memperoleh gambaran RPP yang bagus walaupun ada masih terbatas pada *copy-paste*, bagaimana proses pembelajaran yang bagus, itupun mereka hanya memperoleh saran dan rekomendasi pada saat umpan balik, dan mereka belum ada gambaran bagaimana pelaksanaan pembelajarannya terutama yang berkaitan dengan pemilihan media, penggunaan metode, pemilihan model pembelajaran sampai pada penilaian. Inilah yang mereka persepsikan sebagai supervisi pembelajaran IPA selama ini. [3],[9]

Guru IPA merasakan kegiatan-kegiatan pengembangan kompetensi mereka yang berkaitan dengan penelitian tindakan kelas dan penulisan dalam jurnal merupakan hal yang sulit dilaksanakan oleh guru IPA. Hal ini disebabkan pengalaman mereka tentang kedua hal tersebut sangat minim, yaitu hanya pada saat menulis skripsi ataupun tesis. Walaupun ada guru yang melakukan penelitian, itu karena "upaya mandiri" dalam rangka pengurusan kenaikan pangkat. [3],[9]

Berdasarkan uraian di atas pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA SMP di kota Gorontalo belum dilaksanakan secara optimal oleh para supervisor dan kepala sekolah karena masih terbatasnya jumlah supervisor pembelajaran IPA di Kota Gorontalo dan belum adanya pengawasan terhadap para supervisor yang memang selama ini yang secara langsung belum ada yang membina para supervisor, yang ada hanya garis koordinasi dengan kepala dinas. Oleh karena itu perlunya penambahan supervisor pembelajaran IPA dan perlu mengevaluasi struktur organisasi yang ada pada Dinas Pendidikan Kota Gorontalo.[3], [9]

V. KESIMPULAN

Pelaksanaan supervisi pembelajaran IPA SMP di Kota Gorontalo oleh supervisor dan kepala sekolah telah dilaksanakan tetapi belum memenuhi frekuensi sebagaimana dipersyaratkan pada Standar Pelayanan

Minimal Pendidikan Dasar yakni dua kali dalam sebulan.

supervisor-ipa-di-indonesia (diakses 23 Maret 2011)

PUSTAKA RUJUKAN

- [1] Wahono Widodo, "Model Supervisi Pendidikan IPA," *Jurnal Wacana Vol. 05 No. 04* (2008), <http://vahonov.foles.wordpress.com/2009/08/model-supervisi-pendidikan-IPA.pdf> (diakses 27 Pebruari 2011)
- [2] Djam'an Satori, "Supervisi Akademik dan Penjaminan Mutu dalam Pendidikan Persekolahan," dalam *Model Supervisi Pendidikan IPA 2007*, Widodo Wahono <http://vahonov.files.wordpress.com/2009/08/model-supervisi-pendidikan-IPA.pdf>, (diakses 27 Pebruari 2011)
- [3] Lukum A, Evaluasi Program Supervisi Pembelajaran IPA SMP di Kota Gorontalo, Disertasi Universitas Negeri Jakarta. 2012
- [4] Thomas J. Sergiovanni and Robert J. Staratt, "Supervision A Redefinition," (2006), <http://www.lavoiser.fr/livre/notice.asp?id=OOLW3KOXX2OWC> (diakses 28 juni 2011)
- [5] Anonym, "Pembinaan Profesional Melalui Supervisi Pengajaran," (2011) <http://miftah19.wordpress.com/2011/04/07/pembinaan-profesional-melalui-supervisi-pengajaran/> (diakses 28 juni 2011)
- [6] Asrofudin, "Pengertian (Definisi) Supervisi," (2010), <http://www.ca> (diakses 23 Maret 2011)
- [7] Paramata, "Pengembangan Model Sosialisasi Inovasi dan Supervisi Pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam." Disertnboyz.co.cc/2010 /05/penger-tian-definisi-supervisi.htmlasi, Universitas Pendidikan Indonesia, 2001
- [8] Aderusliana, "Mencari Supervisor IPA di Indonesia," (2009) [http://www.psb-psma.org/content/blog/mencari-](http://www.psb-psma.org/content/blog/mencari-supervisor-ipa-di-indonesia)
- [9] Lukum A, "Evaluation of Science Learning Supervision on Secondary Schools". *International Journal of Education*. Vol 5, No 4, 2013

KAJIAN *PROBLEM SOLVING* DALAM PEMBELAJARAN KIMIA MELALUI ASPEK EPISTEMOLOGI SAINS UNTUK MENUMBUHKAN KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS MAHASISWA

Afadil^{1,2,3)}

1)Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

2)Pendidikan Sains, Program Pascasarjana, Universitas Negeri Surabaya

3)Disampaikan pada Seminar Nasional Kimia di Universitas Negeri Gorontalo,

Kamis 9 Oktober 2014

e-mail: sukarmanafadil@yahoo.co.id.

Abstrak

Ilmu kimia diperoleh dan dikembangkan umumnya berdasarkan eksperimen yang melibatkan keterampilan dan penalaran dalam mencari jawaban atas pertanyaan apa, bagaimana, dan untuk apa gejala-gejala alam khususnya yang berkaitan dengan komposisi, struktur, sifat, transformasi, dinamika, dan energetika zat. Hal ini menunjukkan bahwa untuk memahami ilmu kimia diperlukan seperangkat keterampilan berpikir tingkat tinggi. Oleh karena itu paradigma pembelajaran lebih ditekankan pada keterampilan berpikir tingkat tinggi diantaranya adalah keterampilan berpikir kritis. Menumbuhkan keterampilan berpikir kritis mahasiswa pada pembelajaran kimia dapat dilakukan melalui langkah-langkah problem solving dengan memperhatikan aspek epistemologi sains.

Kata Kunci: berpikir kritis, problem solving, epistemologi sains

1. PENDAHULUAN

Ilmu kimia diperoleh dan dikembangkan umumnya berdasarkan eksperimen yang melibatkan keterampilan dan penalaran dalam mencari jawaban atas pertanyaan apa, bagaimana, dan untuk apa gejala-gejala alam khususnya yang berkaitan dengan komposisi, struktur, sifat, transformasi, dinamika, dan energetika zat. Bila dipandang dari sisi filsafat ilmu, konsep-konsep dalam sains (termasuk kimia) mengacu pada tiga pertanyaan, yaitu berkaitan dengan aspek ontologi, epistemologi, dan aksiologi. Hal ini menunjukkan bahwa untuk memahami ilmu kimia diperlukan seperangkat keterampilan berpikir tingkat tinggi (Chandrasegaran, Treagust & Mocerino, 2007).

Kemampuan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang diperlukan mahasiswa dalam membuat keputusan yang dapat dipercaya dan bertanggung jawab

(Schafersman, 1991). Oleh karena itu mahasiswa perlu meningkatkan kemampuan berpikir kritis, karena banyak mahasiswa yang gagal menggunakan penalaran yang baik dalam memecahkan suatu masalah disebabkan karena kemampuan berpikirnya rendah (Halpern, 1999).

Keterampilan berpikir kritis sebagai salah satu bagian dari keterampilan berpikir tingkat tinggi mempunyai peranan yang strategis dalam bidang pendidikan. Menurut Hitchcock dan Ennis (dalam Nur, 2008) bahwa salah satu tujuan utama persekolahan atau jenjang pendidikan adalah meningkatkan kemampuan peserta didik untuk berpikir kritis, membuat keputusan rasional tentang apa yang diperbuat dan apa yang diyakini. Bahkan menurut Elam (dalam Redhana dan Liliarsari, 2008) bahwa keterampilan berpikir kritis menjadi salah satu tujuan pendidikan tertinggi. Oleh karena itu paradigma pembelajaran sudah seharusnya bergeser dari

pembelajaran konvensional yang menekankan pada keterampilan berpikir tingkat rendah ke arah pembelajaran yang menekankan pada pembelajaran keterampilan berpikir tingkat tinggi termasuk keterampilan berpikir kritis. Berkaitan perubahan paradigma tersebut, maka pendidikan kimia mempunyai peran membantu mahasiswa mengembangkan pemahaman dan kebiasaan berpikir untuk menghadapi kehidupan di masa depan.

Menurut Huddle & Pillay (1996) bahwa belajar kimia sama dengan belajar mengembangkan kemampuan berpikir untuk memecahkan masalah (*problem solving*), yang pencapaiannya diukur dengan menggunakan berbagai permasalahan kimia pada level molekuler yang dapat dipecahkan oleh peserta didik secara tepat. Bahkan hingga saat ini masih ada anggapan yang mengatakan bahwa materi kimia di sekolah merupakan suatu mata pelajaran yang sulit dipelajari (Sirhan, 2007). Salah satu penyebab kesulitan ini karena konsep-konsep kimia banyak yang bersifat abstrak (Levy, Mamlok, & Hofstein, 2007; Yalcin, 2011). Itulah sebabnya dengan mempelajari kimia maka diharapkan dapat mengembangkan kemampuan berpikir kritis peserta didik. Hal ini dapat juga diartikan bahwa jika peserta didik dilatih untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis maka pemahaman terhadap permasalahan dalam pembelajaran kimia dapat diatasi.

Polya (1973) memberikan gambaran bahwa pada dasarnya langkah-langkah *problem solving* merupakan aktivitas keterampilan berpikir kritis yang diawali dengan konfrontasi dan berakhir apabila sebuah solusi telah diperoleh sesuai dengan kondisi masalah tersebut melalui: memahami masalah, merencanakan penyelesaian, menyelesaikan masalah, dan melakukan pengecekan kembali semua langkah yang

telah dikerjakan. Kelebihan dari langkah-langkah *problem solving* adalah mendorong peserta didik untuk berpikir secara ilmiah, praktis, intuitif, bekerja atas inisiatif sendiri, menumbuhkan sikap obyektif, jujur, dan terbuka. Namun karakteristik yang menonjol pada langkah-langkah *problem solving* yaitu timbulnya sikap individualistik pada peserta didik. Sikap seperti ini tentunya tidak diharapkan mendominasi peserta didik, karena dalam kehidupan ini dibutuhkan adanya keterampilan sosial yang baik. Untuk mengurangi karakteristik tersebut diperlukan suatu cara untuk mengembangkan keterampilan sosial peserta didik.

Perpaduan antara *sosial skill* dan *thinking skill* akan menghasilkan intervensi positif berupa ketercapaian tujuan pembelajaran yang dapat melibatkan seluruh mahasiswa dari latar belakang berbeda-beda menghasilkan mahasiswa yang memiliki kemampuan berpikir kritis, keterampilan sosial, dan pemahaman konsep yang baik dalam menyelesaikan masalah-masalah kimia. Hal ini didukung oleh pernyataan Fogarty (1991) bahwa untuk ketercapaian materi pelajaran (*content*) yang spesifik pada setiap mata pelajaran maka pengajar dapat memadukan beberapa keterampilan sebagai target dalam pembelajaran seperti keterampilan sosial, berpikir, dan mengorganisasi.

Namun menurut Achmad (2012), yang perlu diperhatikan bahwa proses belajar mengajar kimia antara pengajar dan mahasiswa terlibat dalam sederetan kegiatan intelektual yang rumit melalui pengamatan fenomena, mempelajari fakta, memahami model dan teori, mengembangkan keterampilan penalaran, dan menguji epistemologi kimia. Selain itu Ibrahim (2008) mengungkapkan bahwa pembelajaran IPA (termasuk di dalamnya kimia) selain terdiri dari konsep, hukum, prinsip, teori, dan fakta, informasi serta prosedur juga mengandung peristiwa, gejala atau

fenomena yang berpotensi dapat dijadikan model di dalam pembelajaran untuk mencapai hasil pembelajaran sikap positif dan memahami makna kehidupan, asal direncanakan dengan cara yang benar. Oleh karena itu proses penyelesaian masalah dalam pembelajaran khususnya pembelajaran kimia penting untuk mengaitkan dengan aspek epistemologi sains. Menurut Bahtiar (2004) dan Suriasumantri (2013), aspek epistemologi adalah pembahasan mengenai metode yang digunakan untuk mendapatkan pengetahuan. Pengetahuan yang diperoleh oleh manusia melalui akal, indra, dan lain-lain mempunyai metode tersendiri. Epistemologi membahas pertanyaan-pertanyaan seperti: asal-muasal, metode, prosedur, kriteria, hubungan, kelebihan/kekurangan, dan kesimpulan. Penekanan kajian yang dihubungkan dengan ketiga aspek epistemologi sains diharapkan mampu menumbuhkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa.

2. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Langkah-langkah *Problem Solving* dalam Pembelajaran

Problem adalah suatu situasi yang tak jelas jalan pemecahannya yang mengkonfrontasikan individu atau kelompok untuk menemukan jawaban. Sedangkan *problem solving* adalah upaya individu atau kelompok untuk yang telah dimiliki sebelumnya dalam rangka memenuhi tuntutan situasi yang tak lumrah (Krulik & Rudnick, 1996), artinya *problem solving* merupakan aktivitas mental yang dilakukan individu dalam upaya menemukan solusi dari permasalahan yang dihadapi, menekankan pada penemuan secara berkelanjutan yang aktivitasnya diawali dengan konfrontasi dan berakhir apabila sebuah jawaban telah diperoleh sesuai dengan kondisi masalah.

Menurut Woolfolk (2009), bahwa masalah dimaknai setiap situasi tatkala

berusaha mencapai tujuan tertentu dan harus menemukan cara untuk itu. *Problem solving* biasanya didefinisikan sebagai memformulasikan jawaban baru, yang lebih dari sekedar penerapan sederhana dari aturan-aturan yang sudah dipelajari sebelumnya untuk mencapai suatu tujuan. *Problem solving* mengharuskan untuk melihat berbagai hal dengan cara-cara baru. Hal ini menunjukkan bahwa *problem solving* merupakan keterampilan utama yang harus dimiliki peserta didik ketika mereka meninggalkan kelas untuk memasuki dan melakukan aktivitas di dunia nyata. Menurut Solso, Otto, and Kimberly (2008) bahwa *problem solving* adalah suatu pemikiran yang terarah secara langsung untuk menemukan suatu solusi dari suatu masalah yang spesifik. Sedangkan menurut Mettalidou (2009) bahwa *problem solving* adalah perilaku yang membutuhkan representasi mental yang tepat dari masalah melalui penerapan metode atau strategi tertentu untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Berdasarkan pengertian tersebut dapat dikatakan bahwa *problem solving* merupakan aktivitas mental yang dilakukan individu dalam upaya menemukan solusi dari permasalahan yang dihadapi berdasarkan pengetahuan, pemahaman, keterampilan yang telah dimiliki.

Bila ditinjau dari pembelajaran kimia Gabel (1994) menemukan bahwa banyak peserta didik tidak memahami konsep-konsep kimia yang terlibat dalam masalah kimia atau tidak mampu menerapkan pengetahuan konseptual dalam memecahkan masalah. Peserta didik umumnya menggunakan algoritma atau prinsip-prinsip untuk sampai pada jawaban yang benar. Salah satu solusi yang disarankan adalah mengajarkan peserta didik kemampuan/keterampilan tertentu dalam memecahkan masalah (Lee & Fensham, 1996). Lebih lanjut Nurrenbern dan Pickering (1987) mengemukakan kalau pengajar kimia

sering berasumsi bahwa keberhasilan dalam memecahkan masalah kuantitatif harus menunjukkan penguasaan konsep kimia. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan proses pembelajaran dalam memecahkan masalah kuantitatif tentang kimia dengan memecahkan masalah yang terkait dengan konseptual. Oleh karena itu keterampilan berpikir kritis sangat dibutuhkan pemecahan masalah dalam pembelajaran kimia.

Gabel (1994) memberikan solusi bahwa untuk memecahkan masalah kimia harus memiliki kedua pengetahuan ilmiah yaitu pengetahuan konseptual dan pengetahuan prosedural (algoritma). Namun kenyataannya banyak penelitian menunjukkan bahwa peserta didik sering tidak menggunakan pemahaman konseptual dalam memecahkan masalah kimia (Cracolice, Deming, dan Ehlert, 2008). Penelitian lain juga menemukan bahwa kemampuan peserta didik terbatas untuk memecahkan masalah tanpa pemahaman mendalam tentang konsep-konsep kimia yang relevan. Hal ini menjadi tantangan bagi pengajar untuk menerapkan strategi pembelajaran dalam upaya meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap konsep-konsep kimia (Gabel, 1994).

Suatu model pembelajaran dirancang dengan harapan dapat memecahkan masalah (*problem*) yang terjadi dalam pembelajaran. Beberapa pendapat ahli tentang langkah-langkah pemecahan masalah (*problem solving*) diantaranya: (1) Adair (2010) memberikan tiga langkah dalam pemecahan masalah baik itu masalah individu maupun masalah dalam kelompok yaitu (a) memahami masalah, (b) menuju pada pemecahan masalah, dan (c) mengevaluasi keputusan dan mengimplementasikannya, (2) Dewey (Bodner dan Herron, 2002) pemecahan masalah terdiri dari lima tahap yaitu (a) merasakan akan kesulitan, (b) upaya untuk mengidentifikasi masalah, (c) perumusan hipotesis, (d) pengujian

hipotesis, dan (e) mengevaluasi solusi, (3) Lee dan Fensham (1996) mengidentifikasi tujuh proses dalam pemecahan masalah yaitu (a) membaca dan memahami pernyataan masalah, (b) menerjemahkan bagian dari pernyataan masalah ke dalam laporan yang berarti untuk dirinya sendiri, (c) penetapan tujuan atau subtujuan, (d) memilih apa yang dianggap sebagai informasi penting dari apa yang diperoleh dari tiga proses pertama, (e) mengambil aturan atau fakta dari memori, (f) mencapai tujuan dan atau subtujuan secara eksplisit atau implisit, dan (g) memeriksa jalan dari solusi atau tujuan, dan (4) Polya (1973) mengartikan pemecahan masalah sebagai suatu usaha mencari jalan keluar dari suatu kesulitan guna mencapai satu tujuan yang tidak begitu mudah segera untuk dicapai. Selanjutnya Polya mengajukan empat langkah fase penyelesaian masalah yaitu (a) memahami masalah, (b) merencanakan penyelesaian, (c) menyelesaikan masalah, dan (d) melakukan pengecekan kembali semua langkah yang telah dikerjakan.

B. Aspek epistemologi sains

Metode ilmiah merupakan prosedur dalam mendapatkan pengetahuan yang disebut ilmu. Metode menurut Senn (Suriasumantri, 2013) merupakan suatu prosedur atau cara mengetahui sesuatu. Metodologi dalam sains secara filsafat termasuk dalam epistemologi sains. Epistemologi merupakan pembahasan mengenai bagaimana cara mendapatkan ilmu: sumber-sumber, hakekat, jangkauan dan ruang lingkup, tahapan pengetahuan. Alur berpikir yang mencakup dalam metode ilmiah dalam epistemologi sains dijabarkan dalam beberapa langkah yang mencerminkan tahapan-tahapan dalam kegiatan ilmiah. Tahapan tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:

- (1) *Perumusan masalah*; merupakan pernyataan

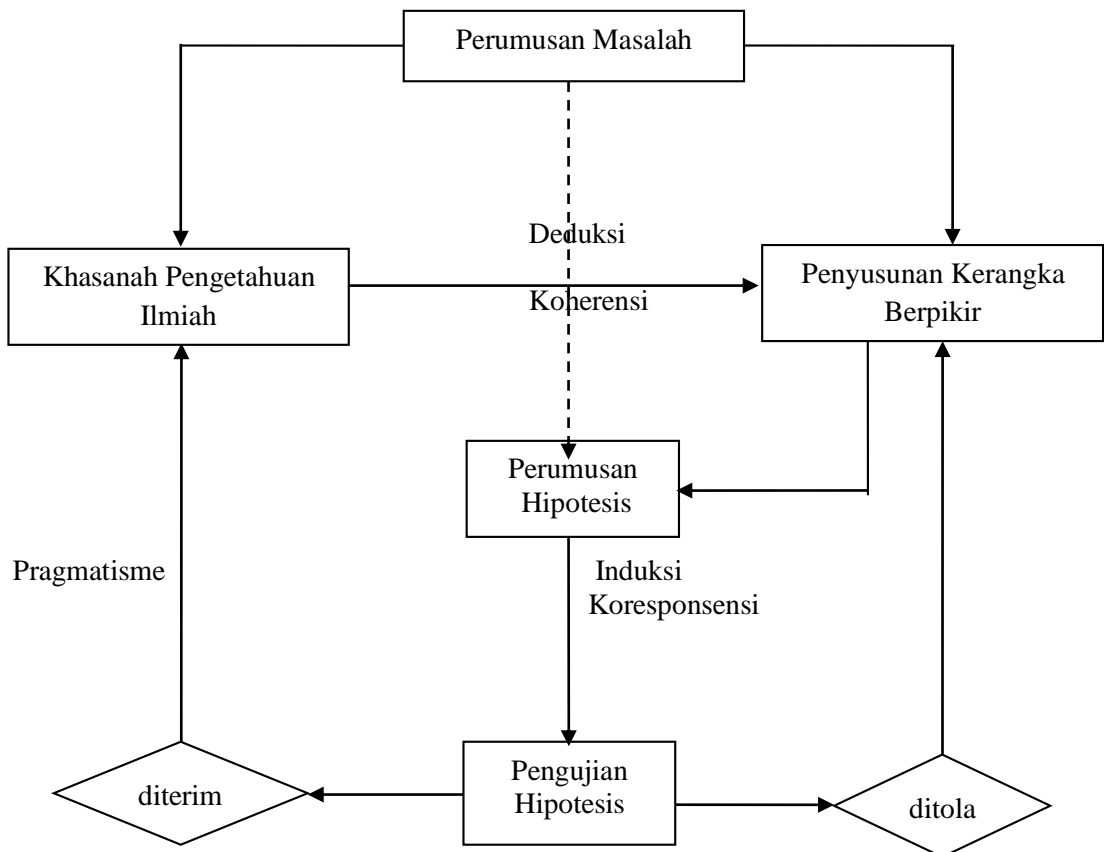
mengenai obyek empiris yang jelas batas-batasnya serta dapat diidentifikasi faktor-faktor yang terkait di dalamnya.

- (2) *Penyusunan kerangka berpikir dalam pengajuan hipotesis*; merupakan argumentasi yang menjelaskan hubungan yang mungkin terdapat antara berbagai faktor yang saling mengaitkan dan membentuk konstelasi permasalahan. Kerangka berpikir disusun secara rasional berdasarkan premis-premis ilmiah yang telah teruji kebenarannya dengan memperhatikan faktor-faktor empiris yang relevan dengan permasalahan.
- (3) *Perumusan hipotesis*; merupakan jawaban sementara atau dugaan terhadap pertanyaan yang diajukan yang

materinya merupakan kesimpulan dari kerangka berpikir yang dikembangkan.

- (4) *Pengujian hipotesis*; merupakan pengumpulan fakta-fakta yang relevan dengan hipotesis yang diajukan untuk memperlihatkan apakah terdapat fakta-fakta yang mendukung hipotesis tersebut atau tidak.
- (5) *Penarikan simpulan*; merupakan penilaian apakah sebuah hipotesis yang diajukan itu ditolak atau diterima.

Penerapan aspek epistemologi di atas dapat diterapkan pada langkah-langkah *problem solving* dalam perencanaan penyelesaian masalah dan implementasi rencana penyelesaian masalah. Secara singkat dapat digambarkan:



Gambar 1 kerangka Metode Ilmiah

C. Mengukur Kemampuan Berpikir Kritis

Berpikir adalah suatu proses kognitif atau aktivitas mental untuk memperoleh pengetahuan. Proses ini merupakan aktivitas kognitif yang disadari dan diupayakan sehingga terjadi perolehan pengetahuan yang bermakna. Menurut Costa (1985), berpikir adalah menerima stimulus eksternal melalui indra dan diproses secara internal. Oleh karena itu dapat dikatakan berpikir merupakan kemampuan mental yang mendorong seseorang menggunakan kecerdasannya untuk melakukan pekerjaan.

Berdasarkan tingkatnya, berpikir terbagi dua, yaitu berpikir tingkat rendah dan berpikir tingkat tinggi. Menghafal, mengingat, membandingkan, membayangkan, mengelompokkan, mengorganisasi, dan menghubungkan termasuk berpikir tingkat rendah (Novak, 1979). Berpikir kreatif, berpikir kritis dalam memecahkan masalah, dan pengambilan keputusan termasuk berpikir tingkat tinggi (Johnson, 2002).

Keterampilan berpikir merupakan salah satu kecakapan hidup (*life skill*) yang perlu dikembangkan melalui proses pendidikan. Cara berpikir ini diperlukan untuk menghindari atau setidaknya mengurangi kesalahan dan bias-bias kognitif (*cognitive biases*) yang mungkin terjadi karena pengaruh kepercayaan (*belief systems*), budaya (*culture*), dan model-model mental (*mental models*). Menurut Johnson (2002), berpikir kritis merupakan kombinasi kemampuan, pengetahuan, nilai, sikap, keterampilan, dan proses. Berbekal dengan kemampuan

berpikir kritis, pengajar telah membantu mempersiapkan peserta didik untuk menata masa depannya. Oleh karena itu hasil berpikir kritis harus dapat dijadikan bahan renungan dan pembelajaran agar proses berpikir semakin terasah.

Beberapa defenisi klasik dari tradisi berpikir kritis oleh beberapa ahli dikemukakan oleh Fisher (2009) bahwa menurut Dewey menanamkan berpikir kritis sebagai ‘berpikir reflektif’ dan mendefinisikannya sebagai: pertimbangan yang aktif, *persistent* (terus-menerus), dan teliti mengenai sebuah keyakinan atau bentuk pengetahuan yang diterima begitu saja dipandang dari sudut alasan-alasan yang mendukungnya dan kesimpulan-kesimpulan lanjutan yang menjadi kecenderungannya. Menurut Edward Glaser mendefinisikan berpikir kritis sebagai: (1) suatu sikap mau berpikir secara mendalam tentang masalah-masalah dan hal-hal yang berada dalam jangkauan pengalaman seseorang, (2) pengetahuan tentang metode-metode pemeriksaan dan penalaran yang logis, dan (3) semacam suatu kesimpulan untuk menerapkan metode-metode tersebut. Menurut Ennis (1985 & 2000), bahwa berpikir kritis adalah pemikiran yang rasional dan reflektif yang berfokus untuk memutuskan apa yang mesti dipercaya atau dilakukan. Paul dan Nosich mengemukakan bahwa berpikir kritis adalah mode berpikir mengenai hal, substansi atau masalah apa saja yang mampu meningkatkan kualitas pemikirannya dengan menangani secara terampil struktur-

struktur yang melekat dalam pemikiran dan menerapkan standar-standar intelektual padanya. Sejalan dengan itu oleh Michael Scriven menjelaskan bahwa berpikir kritis adalah interpretasi dan evaluasi yang terampil dan aktif terhadap kegiatan observasi, komunikasi, informasi, dan argumentasi. Sedangkan menurut Facione (2013), bahwa inti dari keterampilan berpikir kritis adalah deskripsi yang rinci dari sejumlah karakteristik yang saling berhubungan satu sama lain, yaitu meliputi analisis, eksplanasi, evaluasi, pengaturan diri, interpretasi, dan inferensi. Berdasarkan beberapa pendapat di atas, maka keterampilan berpikir kritis merupakan keterampilan berpikir pada diri seseorang yang melibatkan proses kognitif tingkat tinggi, yang terdiri dari interpretasi, analisis, evaluasi, dan inferensi melalui prosedur ilmiah dalam memecahkan suatu masalah (Dewey,1909; Glaser, 1941; Ennis, 1985, 2000; Richard Paul dan Nosich, 1993; Michael Scriven dan Scriven,1997; Facione, 2013). Indikator-indikator penilaian kemampuan berpikir kritis di atas akan tergambar pada tahapan-tahapan pembelajaran kimia dari model pembelajaran yang digunakan.

3. SIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian teoritis dan hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil simpulan bahwa langkah-langkah *problem solving* dalam pembelajaran kimia dengan memperhatikan aspek epistemologi sains dapat menumbuhkan kemampuan berpikir kritis mahasiswa. Oleh sebab itu dalam pengembangan model pembelajaran *problem solving* kimia penting

dikaitkan dengan aspek epistemologi sains.

4. REFERENSI

- Achmad, H.,Baradja, L., (2012). *Demonstrasi Sains Kimia: Kimia Deskriptif Melalui Demo Kimia*. Nuansa. Bandung.
- Adair,J., (2010). *Decision Making and Problem Solving Strategies*. London Philadelphia New Delhi: Kogan Page.
- Bahtiar A., (2004). *Filsafat Ilmu*.Edisi Revisi. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Bodner,G.M., & Herron, J.D., (2002). *Problem Solving in Chemistry*. In Gilbert, J.K., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F., and Van Driel, J.H., (Eds) Chemical Education: Research-Based Practice. Dordecht: Kluwer Academic Publishers.
- Costa, A.J. (1985). *Goal for a Critical Thinking Curriculum*. Dalam Costa, A.L. (Ed) *Developing Mind: A Resource Book for Teaching Thinking* ASCD. Virginia : Alexandria.
- Chandrasegaran, Treagust & Mocerino, (2007). *Enhancing Students' ude of multiple levels of representation to describe and explain chemical reactions*. School Sciences Review,88.p.325.
- Cracolice, M.S., John C. Deming, dan Brian Ehlert. (2008). *Concept Learning versus Problem Solving: A Cognitive Difference*. Journal of Chemical Education. Vol. 85 No. 6 . p. 873-878 .

- Ennis, R.H. (1985). *Goals for Critical Thinking: Tools for Taking Charge of Your Learning and Your Life.* (online) (<http://www.criticalthinking.org>) diakses 20 September 2012.
- Ennis,R.H., (2000).*CriticalThinking.*(online)
http:www.criticalthinking.net/go als. html. Diakses 12 Maret 2013.
- Facione, P., (2013). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts.* Measured Reasons and The California Academic Press, Millbrae, CA
- Fisher A., (2009). *Berpikir Kritis:Sesebuah Pengantar.* Jakarta: Erlangga.
- Fogarty, R., (1991). *How To Integrate The Curricula.* IRI/Skylight Publishing, Inc. America.
- Gabel, D. L.. (1994). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning (A Project of the National Science Teachers Association).* Macmillan Publishing Company. New York.
- Halpern, D. F., (1999). *Teaching, for critical thinking: Helping college students develop the skills and dispositions of a critical thinker.* New directions for teaching and learning, 80, 69-74.
- Huddle,P.A. & Pillay,A.E., (1996). *An In-Dept Study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a south African University.* Journal of Research in Teaching.34.p.65-77.
- Ibrahim, M., (2008). *Model Pembelajaran Inovatif IPA Melalui Pemaknaan.* Surabaya: Departemen Pendidikan Nasional Balitrbang-Puslitjaknov.
- Johnson, E.B., (2002). *Contextual Teaching and Learning.* California: Corwin Prss.Inc.
- Krulik, S., & Rudnick, J.A., (1996). *The new surcebook for teacing reasoning and problem solving in Junior and Senior High School.* Boston : Allyn and Bacon.
- Lee, K.W.L., & Fensham, P. J., (1996). *A general strategy for solving high school electrochemistry problems.* International Journal of Science Education, 18, 543-555.
- Levy, N., Mamlok, N., & Hofstein, A. 2007. "Approach for the Chemical Bonding Concept Aligned With Current Scientific and Pedagogical Knowledge". Published online Wiley InterScience.
- Mettalidou, P., (2009). *Pre-service and In-service Teachers' Metacognitive Knowledge About Problem Solving Strategies.* Teaching and Teacher Education,25. 76-82.
- Novak, J.D., (1979). *Meaningful Reception Learning as a Basis for Retional Thinking.* (Dalam Lawson, A.E. (Ed.). *The Psychology of Teaching for Thinking and Creative* (pp. 192-225). Colombus: Ohio State University, ERIC Clearinghouse

- for Science, Mathematics and Environmental Education.
- Nurrenbern, S.C. & Pickering, M., (1987). *Concept learning versus problem solving: is there a difference?* Journal of Chemical Education 64: 508-510.
- Nur, M., Wikandari, P.R., (2008). *Pengajaran Berpusat Kepada Siswa dan Pendekatan Konstruktivis dalam Pengajaran*, edisi 5. Universitas Negeri Surabaya Pusat Sains dan Matematika Sekolah. Surabaya.
- Polya, G., (1973). *How To Solve it*. Second Edition. Princeton University Press.
- Redhana dan Liliyasi, (2008). *Program Pembelajaran Keterampilan Berpikir Kritis pada Topik Laju Reaksi untuk Siswa SMA*. Forum Pendidikan Volume 27 Nomor 2. Hal:101-113.
- Schafersman, S.D. (1991). *Introduction to critical thinking*. Diambil tanggal 12 Maret 2013, dari <http://www.freeinquiry.com/critical-thinking.html>.
- Sirhan, G. 2007. "Learning Difficulties in Chemistry: An Overview". *Journal of Turkish Science Education*. 4 (2): 2 – 20.
- Solso, R.L., Otto, H.M., and Kimberly, (2008). *Cognitive Psychology*. 8th Ed. Pearson Education Inc. United State of America.
- Suriasumantri, J.S., 2013. *Filsafat Ilmu Sebuah Pengantar Populer*. Jakarta: Sinar Harapan.
- Woolfolk A., (2009). *Educational Psychology Active Learning* Edition. Pearson Education, Inc. Allyn and Bacon, 75 Arlington Street, Boston.
- Yalcin, F. 2011. "Investigation of the Change of Science Teacher Candidates' Misconceptions of Acids-Bases with respect to Grade Level". *Journal of Turkish science Education*. 8 (3): 173– 175.

KONSEPSI MAHASISWA PADA KONSEP LARUTAN ASAM-BASA DAN LARUTAN PENYANGGA

Masrid Pikoli¹, Suyono², I.G. Made Sanjaya³

¹Jurusan Kimia, FMIPA, UNG. E-mail: pikoli.masrid51@gmail.com

^{2,3}Jurusan Kimia, FMIPA, UNESA

Abstract: The misconception is a phenomenon that has always been a problem in learning chemistry or other science, because its presence can hinder the process of restructuring of knowledge and is often resistant to change. Therefore, the identification of misconceptions and prevention and reduction efforts are needed. Initial studies have been conducted that identify students misconceptions on the concept of acid-base solution and the buffer solution. The sample in this study is chemistry pre service students are 39 State University of Gorontalo (UNG). Identification of misconceptions performed using a test that is accompanied with a CRI (Certainty of Response Index) as an index conviction student for the answers given. The research findings show that the conception of the most dominant college students are in the category of misconceptions that 46.8%, compared with 21.4% did not know the concept and know the concept of 31.8%.

Keywords: Misconceptions, Certainty of Response Index (CRI), acid-base solution, buffer solution

PENDAHULUAN

Konsepsi adalah pengembangan konsep dalam diri seseorang (Suyono dan Hariyanto, 2013). Konsepsi bersifat subyektif, oleh karena itu konsep yang sama dapat dipahami berbeda-beda oleh orang yang berbeda. Pemahaman seseorang terhadap suatu konsep dapat dikelompokkan ke dalam tiga jenis, yaitu tahu konsep (TK), tidak tahu konsep (TTK), dan miskonsepsi (MK) (Hasan *et al.*, 1999). Miskonsepsi adalah ketidkasesuaian pemahaman konsep siswa dengan pengertian ilmiah yang dirumuskan oleh ilmuan di bidangnya. Miskonsepsi yang cenderung terjadi dalam ilmu kimia dapat menyebabkan siswa kurang berhasil dalam menerapkan konsep tersebut pada situasi baru yang cocok yang pada gilirannya siswa dapat gagal dalam mempelajari konsep-konsep kimia. Hal ini senada dengan pernyataan para peneliti bidang psikologi kognitif yang mengemukakan bahwa terjadinya miskonsepsi pada konsep awal akan menjadi penghalang terhadap kemampuan proses akademik selanjutnya (Unal, Costu, & Ayas, 2010). Oleh karena itu, mengetahui miskonsepsi yang dimiliki

siswa menjadi sangat penting dan selanjutnya diupayakan model pembelajaran untuk mencegah dan mereduksinya. Beberapa peneliti menemukan bahwa miskonsepsi telah terjadi pada beberapa konsep kimia seperti asam basa (Yalcin, 2011; Metin, 2011; Bilgin, 2009; Rahmawati dan Suyono, 2012), kesetimbangan asam basa (Demerouti, Kousathana, & Tsaparlis, 2004), struktur atom (Sarikaya, 2007), evaporasi (Costu, Ayas, & Niaz, 2010), laju reaksi (Kaya & Geban, 2012), sifat koligatif (Pinarbasi, Sozbilir, & Canpolat, 2009), kesetimbangan kimia (Azizoglu, 2006, Barke & Yitbarek, 2009), dan ikatan kimia (Pikoli, Effendy, & Ibnu, 2004).

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tentang ditemukannya kesalahan konsep yang berkaitan dengan konsep dalam ilmu kimia, maka suatu hal yang sangat memprihatinkan jika kesalahan konsep ini terjadi pada mahasiswa pendidikan kimia karena pada dasarnya mereka merupakan aset bangsa yang dipersiapkan untuk menjadi guru kimia yang akan datang. Sebagai calon pengajar ilmu kimia, mahasiswa harus memahami konsep secara

benar, karena dengan demikian mereka dapat memberikan pemahaman yang benar kepada siswa.

Identifikasi miskonsepsi mahasiswa diawali dengan kegiatan uji pemahaman konsep (konsep-konsep kimia) kepada mahasiswa menggunakan tes hasil belajar konsep disertai CRI (*Certainty of Response Index*) sebagai indeks keyakinan responden atas jawaban yang diberikan. Profil miskonsepsi individu maupun miskonsepsi kelompok (untuk menetapkan konsep yang memiliki dampak kuat untuk terjadinya miskonsepsi) dibuat mengikuti metode CRI yang telah dikembangkan oleh Hasan *et al.* (1999).

Profil konsepsi mahasiswa adalah deskripsi dalam bentuk tabel dan diagram yang menginformasikan hal-hal sebagai berikut: (1) jumlah mahasiswa tahu konsep (TK), tidak tahu konsep (TTK), dan yang mengalami miskonsepsi (MK) pada masing-masing butir tes yang merepresentasi konsep-konsep dalam larutan asam-basa dan larutan penyangga, (2) visualisasi perbandingan antara siswa TK, TTK, dan MK pada masing-masing butir tes yang merepresentasi konsep, (3) parameter CRIB, CRIS, dan Fb untuk masing-masing butir tes yang merepresentasi konsep yang akan digunakan untuk menetapkan intensitas miskonsepsi yang disebabkan oleh masing-masing sub konsep, dan (4) visualisasi parameter CRIB, CRIS, dan Fb serta gambaran atas konsep-konsep yang dipahami secara miskonsepsi tinggi dan tertinggi.

KAJIAN LITERATUR

Mengukur Miskonsepsi dengan Metode CRI

Cara untuk menentukan apakah seseorang mengalami miskonsepsi, tidak paham konsep, atau paham konsep terhadap suatu konsep adalah dengan menggunakan metode CRI yang dikembangkan oleh Hasan, Bagayoko dan Kelly (1999). CRI adalah singkatan dari *Certainty of Response Index*, merupakan suatu metode atau teknik untuk mengukur miskonsepsi, tidak paham konsep, dan paham konsep seseorang dengan cara mengukur tingkat keyakinan atau

kepastian seseorang dalam menjawab suatu pertanyaan atau soal yang diberikan. CRI banyak digunakan dalam berbagai kegiatan penelitian untuk memberikan derajat atau ukuran kepastian yang dimiliki berdasarkan kemampuannya untuk memilih dan menggunakan pengetahuan, konsep-konsep atau hukum-hukum yang terbentuk dengan baik dalam dirinya masing-masing untuk menentukan jawaban dari suatu pertanyaan atau soal.

Ukuran kepastian CRI didasarkan pada suatu skala yang tetap. Dalam penelitian ini, digunakan skala enam (0-5) seperti yang dikemukakan oleh Hasan, Bagayoko dan Kelly (1999) sebagai berikut:

- | | |
|---|---|
| 0 | = <i>Totally guessed answer</i> : Jika menjawab soal 100% ditebak atau menebak sepenuhnya. |
| 1 | = <i>Almost guess</i> s: Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakkan antara 75%-99% atau hampir menebak. |
| 2 | = <i>Not sure</i> : Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakkan antara 50%-74% atau tidak yakin. |
| 3 | = <i>Sure</i> : Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakkan antara 25%-49% atau yakin. |
| 4 | = <i>Almost certain</i> : Jika dalam menjawab soal persentase unsur tebakkan antara 1%-24% atau hampir pasti. |
| 5 | = <i>Certain</i> : Jika dalam menjawab soal tidak ada unsur tebakkan sama sekali (0%) atau pasti. |

Pada setiap tes konseptual penjarung miskonsepsi yang berbentuk pilihan ganda, responden diminta untuk memilih satu:

- a. Jawaban yang dianggap benar dari alternatif pilihan jawaban yang tersedia pada setiap butir tes yang diujikan
- b. Angka CRI dari 0-5 untuk setiap jawaban butir tes yang dipilihnya.

Skala CRI (0-2) menandakan derajat kepastian rendah. Hal ini menggambarkan faktor penebakan dalam menjawab sangat tinggi tanpa memandang

jawaban tersebut benar atau salah. Nilai CRI yang rendah menunjukkan bahwa siswa tidak tahu konsep yang mendasari jawaban. Nilai CRI yang tinggi yaitu memiliki skala (3-5). Siswa memiliki kepercayaan yang tinggi dalam memilih aturan-aturan atau konsep-konsep yang digunakan untuk sampai pada jawaban. Pada tingkat skala CRI yang tinggi jawaban benar ataupun salah sangat berpengaruh apabila jawaban benar maka siswa tersebut memiliki kepercayaan yang tinggi dan kebenaran konsep yang dimilikinya dapat teruji. Sebaliknya jika jawaban salah maka siswa tersebut mengalami kekeliruan konsep dalam menentukan jawaban dari pertanyaan. Hal ini dapat dijadikan indikator terjadinya miskonsepsi pada diri siswa. Rangkuman untuk menentukan seseorang tidak paham konsep, paham konsep dan miskonsepsi pada konsep yang diujikan dan angka CRI yang diberikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Penetapan konsep mana yang paling dipahami secara miskonsepsi oleh kelompok pebelajar dapat dilakukan dengan identifikasi miskonsepsi secara kelompok. Identifikasi miskonsepsi secara kelompok didasarkan pada rata-rata nilai CRI untuk jawaban benar (CRIB) dan rata-rata nilai CRI untuk jawaban salah (CRIS). Hasil bagi antara total jumlah CRI dari jawaban benar dengan jumlah total pebelajar disebut fraksi benar (Fb).

Berdasarkan nilai CRIS dinyatakan terjadi miskonsepsi jika $2,5 < CRIS \leq 5$. Pada kasus dimana rata-rata nilai CRI mendekati atau sama dengan 2,5 maka fraksi benar digunakan untuk menentukan apakah rata-rata nilai CRI harus digolongkan rendah atau tinggi. Misalnya jika terjadi rata-rata nilai CRIS sama dengan 2,5 dan fraksi benarnya rendah ($<0,5$), maka CRIS tersebut digolongkan pada CRI tinggi karena proporsi siswa yang menjawab salah lebih besar.

Tabel 1 Matriks Keputusan untuk Menentukan Status Pemahaman Konsep Setiap Individu

Kriteria Jawaban	CRI Rendah ($< 2,5$)	CRI Tinggi ($\geq 2,5$)
Jawaban Benar	Jawaban benar tetapi CRI rendah berarti tidak paham konsep	Jawaban benar dan CRI tinggi berarti memahami konsep dengan baik
Jawaban Salah	Jawaban salah dan CRI rendah berarti tidak paham konsep	Jawaban salah dan CRI tinggi berarti miskonsepsi

(Hasan *et al.*, 1999)

Perhitungan CRIB, CRIS, dan Fb dirumuskan sebagai berikut:

$$CRIB = \frac{\text{total jumlah CRI dari jawaban benar}}{\text{jumlah pebelajar yang menjawab benar}}$$

$$CRIS = \frac{\text{total jumlah CRI dari jawaban salah}}{\text{jumlah pebelajar yang menjawab salah}}$$

$$Fb = \frac{\text{total jumlah CRI dari jawaban benar}}{\text{total jumlah pebelajar}}$$

METODE PENELITIAN

Subjek penelitian ini adalah mahasiswa program studi pendidikan kimia Universitas Negeri Gorontalo yang telah menempuh matakuliah kimia dasar.

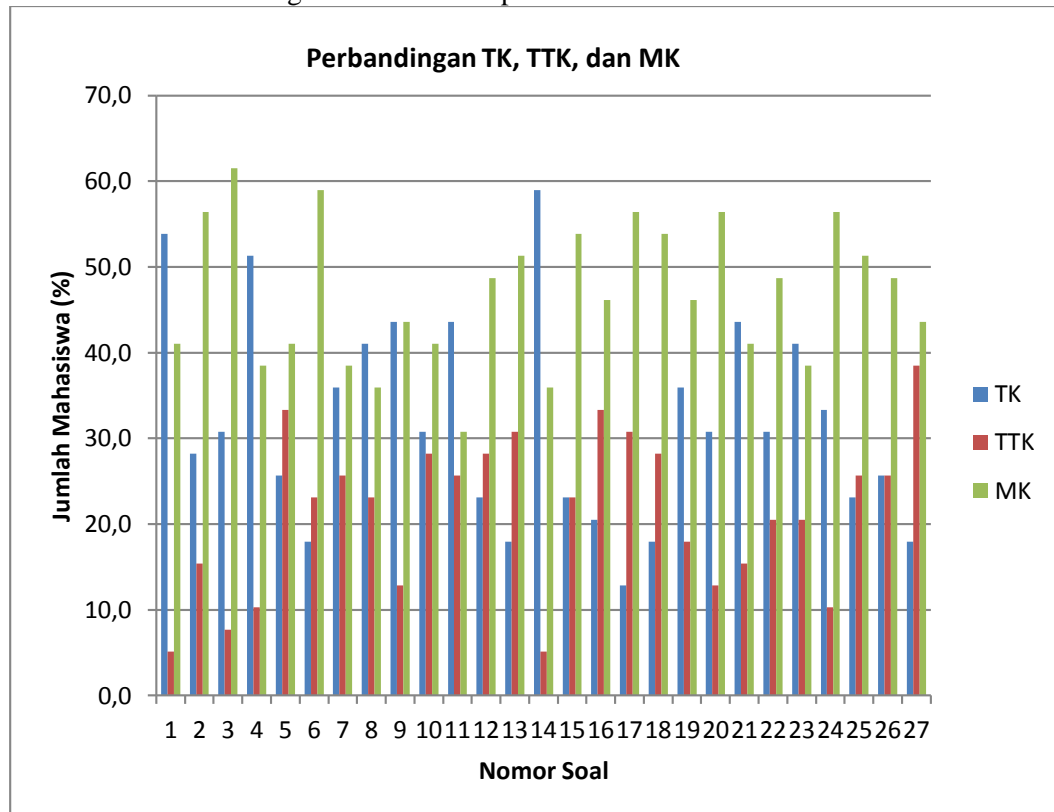
Instrumen yang digunakan untuk pelacakan miskonsepsi terdiri atas 27 item soal berbentuk pilihan ganda yang disertai dengan skala CRI. Berdasarkan jawaban mahasiswa maka dapat ditentukan

persentase mahasiswa yang Tahu Konsep (TK), Tidak Tahu Konsep (TTK), dan Miskonsepsi (MK).

(TK), Tidak Tahu Konsep (TTK), dan Miskonsepsi (MK) pada masing-masing konsep yang merepresentasi konsep larutan asam-basa dan larutan penyangga disajikan pada Gambar 1.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengelompokkan konsepsi mahasiswa dalam kategori Tahu Konsep



Gambar 1 Perbandingan TK, TTK, dan MK

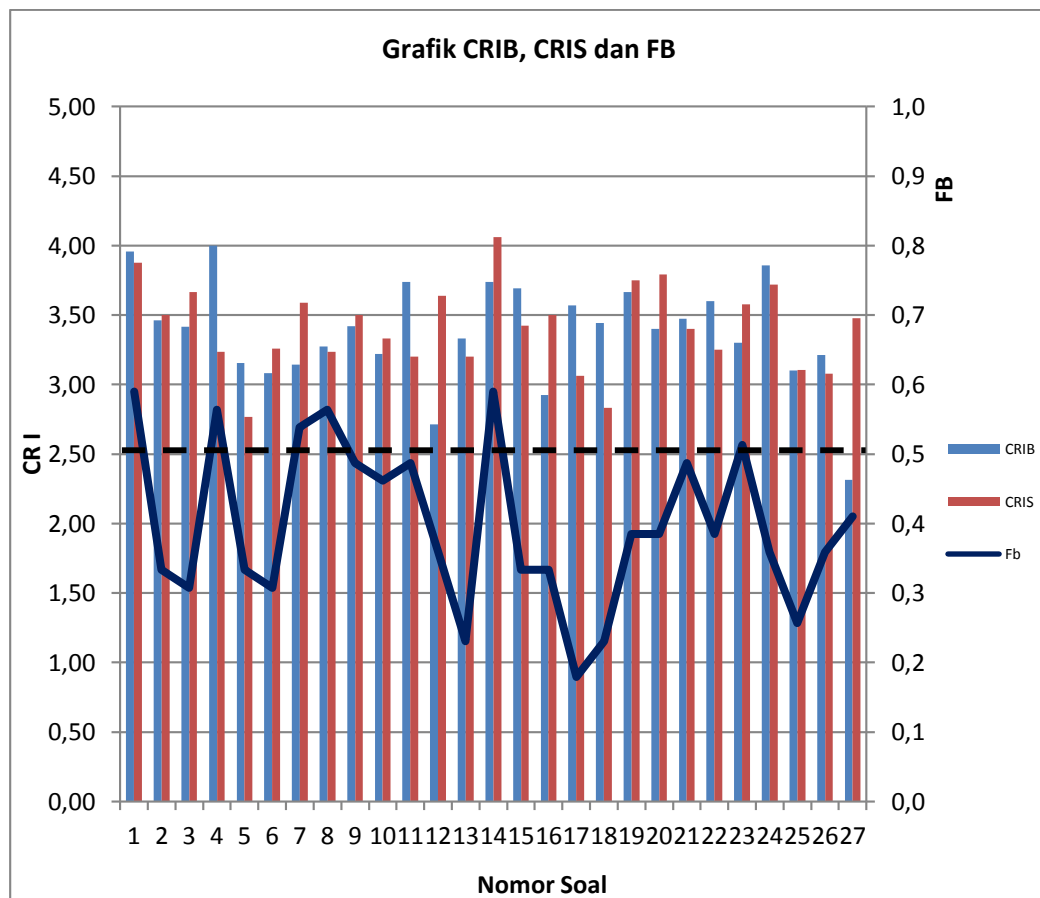
Berdasar Gambar 1 dapat diberikan hasil analisis sebagai berikut:

- Mayoritas konsep dipahami secara “miskonsepsi” (mahasiswa memiliki pemahaman berbeda dengan yang seharusnya/konsep ilmiah).
- Semua konsep dalam larutan asam-basa dan larutan penyangga melahirkan konsepsi mahasiswa pada status “tidak tahu konsep” dan “miskonsepsi.”
- Dari 27 konsep yang diujikan semuanya terindikasi individu-individu (mahasiswa) mengalami miskonsepsi.
- Lebih dari 40% mahasiswa memahami secara miskonsepsi untuk
- 21 konsep dari 27 konsep yang diujikan.
- Sebagian besar mahasiswa berada pada kelompok miskonsepsi dengan perbandingan persentase TK : TTK : MK = 1,5 : 1 : 2,2.
- Miskonsepsi terbesar 1 terjadi pada konsep nomor 3 yaitu identifikasi asam-basa Bronsted Lowry dengan persentase sebesar 61.5%.
- Miskonsepsi terbesar kedua yaitu pada konsep 6 yaitu identifikasi larutan penyangga dengan persentase sebesar 59%.
- Pada konsep nomor 2, 13, 15, 17, 20, 24, dan 25 lebih dari 50% mahasiswa memahami secara miskonsepsi.

Konsep-konsep tersebut adalah identifikasi senyawa asam-basa Arrhenius, kekuatan asam-basa, pH larutan asam-basa, pH larutan penyangga, pH larutan asam yang sangat encer.

diujikan. Identifikasi didasarkan pada data CRIB, CRIS, dan Fb untuk masing-masing butir tes yang merepresentasi konsep-konsep dalam materi larutan asam-basa dan larutan penyangga. Data CRIB, CRIS, dan Fb disajikan pada Gambar 2.

Identifikasi miskonsepsi secara kelompok digunakan untuk menetapkan konsep yang diduga paling kuat miskonsepsinya dari 27 konsep yang



Gambar 2 Perbandingan CRIB, CRIS, dan FB

Berdasar data dalam Gambar 2 dan memperhatikan pedoman yang diberikan Hassan *et al.* (1999) bahwa jika nilai CRIS $2,5 < CRIS \leq 5$ dinyatakan terjadi miskonsepsi dan intensitas miskonsepsi dinyatakan kuat jika nilai CRIS besar dan nilai Fb kecil dapat dibuat simpulan elementer sebagai berikut:

1. Semua butir tes yang diujikan memiliki parameter $2,5 < CRIS \leq 5$. Dengan demikian dapat dikatakan, semua

konsep melahirkan mahasiswa-mahasiswa yang memiliki miskonsepsi. Dengan kalimat lain, semua konsep dalam larutan asam-basa dan larutan penyangga berpotensi dipahami secara miskonsepsi oleh mahasiswa.

2. Butir tes nomor 1, 4, 7, 8, dan 14 memiliki nilai CRIS $> 2,5$ dengan fb $> 0,5$ sehingga dengan demikian, untuk konsep-konsep tersebut dipahami secara miskonsepsi oleh mahasiswa

namun tidak berdampak kuat pada kelompok mahasiswa. Sebaliknya untuk butir tes lainnya dipahami secara miskonsepsi dan berdampak kuat karena nilai CRIS > 2,5 dengan fb < 0,5.

KESIMPULAN

Konsepsi mahasiswa terhadap konsep larutan asam-basa dan larutan penyangga masih dominan berada dalam kategori miskonsepsi yaitu 46,8% dibandingkan dengan yang tidak tahu konsep 21,4% dan tahu konsep 31,8%. Perbandingan persentase TK : TTK : MK adalah 1,5 : 1 : 2,2.

DAFTAR PUSTAKA

- Azizoğlu, N., Alkan, M. & Geban, Ö. (2006). Undergraduate pre-service teachers' understandings and misconceptions of phase equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 83(6), 947-953.
- Barke, Hans-Dieter; Al Hazari, Al; and Yitbarek, Sileshi. 2009. *Misconceptions in Chemistry, Addressing Perceptions in Chemical Education*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Bilgin, I. (2009). The Effects Of Guided Inquiry Instruction Incorporating A Cooperative Learning Approach On University Students' Achievement Of Acid And Bases Concepts And Attitude Toward Guided Inquiry Instruction. *Scientific Research and Essay*, 4(10), 1038-1046.
- Costu, B., Ayas, A., & Niaz, M. (2010). Promoting conceptual change in first year students' understanding of evaporation. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 5-16.
- Demerouti, M., Kousathana, M., & Tsaparlis, G. (2004). Acid-Base Equilibria, Part I. Acid-Base Equilibria, Part I. Upper Secondary Students. Misconceptions and Difficulties. *Chem. Educator*, 9, 122-133.
- Hasan, S., Bagayoko, D., & Kelley, E. (1999). Misconceptions and Certainty of Response Index. *Journal of Physics Education*, 34(5), 294-299.
- Horton, C. (2007). Student Alternative Conceptions in Chemistry. *California Journal of Science Education*, 7(2).
- Kaya, E., & Geban, O. (2012). Facilitating Conceptual Change in Rate of Reaction Concepts Using Conceptual Change Oriented Instruction. *Education and Science*, 37, 216-225.
- Metin, M. (2011). Effects Of Teaching Material Based On 5E Model Removed Pre-Service Teachers' Misconceptions About Acids-Bases. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 5, 274-301.
- Pikoli, M., Effendy, & Ibnu, S. (2004). Identifikasi Tingkat Pemahaman dan Kesalahan Konsep dalam Ikatan Kimia pada Mahasiswa Tahun I, II, III, dan IV Jurusan Pendidikan Kimia IKIP Negeri Gorontalo. *Jurnal MIPA dan Pembelajarannya Universitas Negeri Malang*, 33.
- Pinarbasi, T., Sozbilir, M., & Canpolat, N. (2009). Prospective Chemistry Teachers' Misconceptions About Colligative Properties: Boiling Point Elevation And Freezing Point Depression. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 10, 273-280.
- Rahmawati, L. dan Suyono. 2012. Penerapan Model Pembelajaran *Conceptual Change* Untuk Mereduksi Miskonsepsi Siswa Pada Materi Pokok

- Asam dan Basa di Kelas XI IA SMAN 2 Bojonegoro. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Unesa*, Pebruari 2012.
- Sarikaya M. 2007. Prospective Teachers' Misconceptions About The Atomic Structure In The Context Of Electrification By Friction And An Activity In Order To Remedy Them. *International Education Journal*. 8(1). 40-63.
- Suyono dan Hariyanto. 2011. *Belajar dan Pembelajaran*. Bandung: PT. Remaja Rosdakarya.
- Unal, S., Costu, B., & Ayas, A. (2010). Secondary School Students' Misconceptions of Covalent Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 7, 3-29.
- Yalcin, F. (2011). Investigation of the Change of Science Teacher Candidates' Misconceptions of Acids-Bases with respect to Grade Level. *Journal of Turkish Science Education*, 8(3), 173-175.

PENERAPAN PEMBELAJARAN *LEARNING CYCLE* DIPADU PETA KONSEP UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS PROSES DAN HASIL BELAJAR KIMIA

Kasmudin Mustapa

Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta, KM 9 Palu-Sulawesi Tengah 94119, Indonesia, e-mail : mumutep@gmail.com

Abstract

Penelitian ini bertujuan untuk menyatakan pengaruh penerapan model pembelajaran Learning Cycle (LC) dipadu peta konsep (PK) terhadap kualitas proses, dan hasil belajar. Penelitian ini adalah berjenis penelitian eksperimen semu (quasi experiment) dengan mendeskripsikan variabel satu demi satu, rancangan eksperimen yang digunakan adalah rancangan Solomon tiga kelompok. Kelas yang ditetapkan sebagai sampel penelitian yang meliputi 1 kelompok kelas eksperimen dan 2 kelompok kelas kontrol. Hasil penelitian diharapkan mampu menjawab permasalahan yaitu : bagaimanakah kualitas proses pembelajaran kimia dengan penerapan model pembelajaran LC dipadu PK, pembelajaran strategi PK, dan pembelajaran model LC, apakah ada perbedaan skor rata-rata hasil belajar antara siswa yang diajar dengan pembelajaran model LC dipadu PK, pembelajaran strategi PK, dan pembelajaran model LC. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes tertulis, angket, dan lembar observasi. Hasil uji coba instrumen diperoleh validitas sebesar 93,33% dan reabilitas sebesar 0,84. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas proses penerapan pembelajaran untuk kelas dengan model LC dipadu PK lebih baik dibandingkan kelas pembelajaran strategi PK dan kelas model LC. Selama proses pembelajaran siswa pada model LC dipadu PK adalah lebih aktif dibanding pembelajaran siswa strategi PK dan model LC. serta kebutuhan waktu penyelesaian materi, kelas model LC dipadu PK membutuhkan empat kali tatap muka, strategi PK tujuh kali tatap muka, dan model LC enam kali tatap muka. Hasil skor yang diperoleh ada perbedaan nilai hasil belajar siswa. Hasil belajar kelas model LC dipadu PK lebih baik dibandingkan hasil belajar siswa yang menggunakan model LC maupun hasil belajar siswa pada pembelajaran strategi PK dengan skor 56,2 untuk model LC dipadu PK, untuk model LC sebesar 51,92, dan untuk strategi PK sebesar 49,30.

Kata kunci: model learning cycle, peta konsep, proses belajar, hasil belajar.

1. PENDAHULUAN

Ilmu kimia adalah salah satu cabang Ilmu Pengetahuan Alam yang mencakup materi amat luas meliputi fakta, konsep, aturan, hukum, prinsip, teori dan soal-soal (Kean and MidelCamp, 1985). Cakupan tersebut sebagian besar adalah konsep-konsep yang bersifat abstrak, sangat kompleks dan juga dilibatkan hitungan-hitungan yang menggunakan operasi matematis sehingga menjadikan ilmu kimia sebagai salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit oleh siswa. Oleh karena itu, dalam mempelajari konsep-konsep abstrak tersebut dibutuhkan kemampuan intelektual yang tinggi. Menurut Beistel (1975), Wiseman (1981), dan Herron (1978) kemampuan intelektual yang tinggi hanya dimiliki oleh individu yang telah mencapai tingkat berfikir formal ditinjau dari teori perkembangan intelek Piaget. Menurut Piaget (1972), perkembangan intelektual individu berlangsung melalui empat tingkatan yaitu: 1) sensor motorik pada usia 0-2 tahun, 2)

pra-operasional pada usia 2-7 tahun, 3) operasional konkrit pada usia 7-11 tahun, dan 4) operasional formal pada usia 11-15 tahun. Berdasarkan kriteria tersebut siswa SMA yang pada umumnya berusia di atas 15 tahun seharusnya sudah mencapai tingkat berfikir formal. Permasalahannya adalah tidak semua siswa SMA yang mempelajari konsep-konsep dasar ilmu kimia mencapai tingkat berfikir formal sehingga hal ini dapat diduga sebagai penyebab sulitnya konsep-konsep dasar kimia dipahami siswa.

Salah satu materi ilmu kimia SMA adalah kelarutan dan hasil kali kelarutan, meliputi konsep-konsep: 1) memahami dan menentukan kelarutan, 2) menentukan tetapan hasil kali kelarutan, 3) memahami pengaruh penambahan ion senama dan menentukan kelarutan zat dalam larutan yang mengandung ion senama, 4) memahami pengaruh pH dan menentukan pH senyawa sukar larut, 5) memahami dan menentukan pengendapan. Materi tersebut

melibatkan konsep yang sulit dan hasil penelitian Indarti (2008) menyatakan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami dan menentukan kelarutan (41,08%), kesulitan dalam memahami dan menentukan hasil kali kelarutan (38,38%), kesulitan menjelaskan pengaruh penambahan ion senama (64,79%), kesulitan meramalkan pengendapan (33,80%).

Materi kelarutan dan hasil kali kelarutan memiliki kecocokan jika diajarkan dengan pembelajaran LC (*Learning Cycle*). Hal ini disebabkan pembelajaran LC sangat cocok digunakan dalam mengajarkan materi yang banyak melibatkan konsep (Lawson, 1989). Aktifitas pembelajaran dalam LC lebih banyak dilakukan oleh siswa sehingga diharapkan siswa lebih aktif dan banyak terlibat dalam proses belajar. Disamping itu dalam proses pembelajaran untuk setiap fasenya dapat dilalui apabila konsep pada fase sebelumnya sudah bisa dipahami yang mana setiap fase yang baru dan fase sebelumnya saling berkaitan sehingga dengan mengaitkan antara konsep awal dan konsep selanjutnya sehingga siswa akan lebih mudah mengerti dan memahami materi.

Alur proses pembelajaran diatas dapat digunakan untuk menghindari terjadinya kesalahan konsep. Hal ini dikuatkan hasil penelitian Turkmen dan Usta (2007) yang menyatakan model pembelajaran LC mengidentifikasi kesalahan konsep pada awal pembelajaran. Penelitian yang menggunakan model pembelajaran LC telah dilakukan antara lain oleh Soebagio dkk (2001:1), menyimpulkan bahwa penggunaan model pembelajaran LC dapat meningkatkan kualitas pembelajaran dan pemahaman siswa pada konsep sel elektrolisa. Pendapat ini sesuai dengan pengalaman peneliti saat menjadi guru *project piloting* kerja sama FMIPA-UM dengan IMSTEP JICA selama 3 tahun yang menghasilkan suatu kesimpulan bahwa implementasi LC dengan 6 fase dapat meningkatkan prestasi belajar siswa pada Mata Pelajaran Kimia kelas X dan kelas XI. Kendala yang ditemukan adalah model LC memerlukan waktu lebih panjang bila dibandingkan model ceramah. Hal ini dipertegas oleh Soebagio (2000) yang menyatakan salah satu kelemahan LC adalah memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak dalam menyusun rencana dan melaksanakan pembelajaran. Ditinjau dari waktu yang terbatas, 2 x 45 menit, fase yang kritis adalah fase *exploration*, dan fase

explanation yaitu pada fase ini siswa membutuhkan waktu yang lebih panjang dari waktu yang direncanakan oleh guru. Banyak hal yang menyebabkan mengapa fase *exploration*, dan *explanation*, membutuhkan waktu yang lebih panjang diantaranya, 1) siswa tidak mempunyai kesiapan yang cukup untuk mengikuti proses pembelajaran di kelas, 2) materi yang disajikan dalam buku teks terlalu panjang dan siswa mempunyai kesulitan dalam memahami konsep materi yang sedang dibaca, dan 3) ketersediaan sumber informasi yang terbatas.

Suatu cara yang dapat dilakukan oleh guru dalam mengurangi kelemahan tersebut di atas adalah menyiapkan siswa sebelum proses belajar mengajar dengan cara: 1) menyampaikan perintah kepada siswa untuk mempelajari materi berikutnya di rumah, atau 2) menyampaikan perintah untuk membuat ringkasan materi dirumah dalam bentuk sembarang, atau 3) memerintahkan siswa membuat ringkasan yang bermakna dimulai dari topik, sub topik, sub-sub topik yang dilengkapi dengan garis-garis penghubung disertai kata-kata yang sesuai sebagaimana diperlihatkan pada sebuah peta konsep (PK). Diantara ketiga cara tersebut, ringkasan dalam bentuk PK mempunyai kelebihan diantaranya: 1) ringkasan informasi yang bermakna dimulai dari konsep yang bersifat umum menuju yang bersifat khusus, 2) dilengkapi dengan garis-garis penghubung yang sesuai yang disebut proposisi, 3) penyusunan PK menjadikan siswa mempunyai pengalaman secara aktif untuk memikirkan hubungan-hubungan diantara konsep-konsep dimulai dari mengumpulkan konsep-konsep yang relevan, mengurutkan dan menuliskan konsep-konsep tersebut dari yang paling umum menuju ke yang paling khusus.

Hal di atas didukung penelitian yang dilakukan oleh Dabbagh (2001) yang menyimpulkan bahwa PK merupakan alat yang berdaya guna dan efektif dalam membantu siswa menyusun pengetahuan. Dengan demikian, PK dapat digunakan sebagai pendukung ketersediaan bahan baca siswa sehingga pembelajaran model LC dipadu PK diduga dapat meningkatkan kualitas proses dan hasil belajar. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis ingin melakukan suatu penelitian tentang "*Pengaruh Penerapan Model Learning Cycle Dipadu Peta Konsep untuk Meningkatkan Kualitas Proses dan Hasil Belajar Kimia*".

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan di atas, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut: 1) bagaimanakah kualitas proses pembelajaran kimia dengan penerapan model pembelajaran LC dipadu PK, pembelajaran strategi PK, dan pembelajaran model LC, 2) apakah ada perbedaan skor rata-rata hasil belajar siswa yang diajar dengan pembelajaran model LC dipadu PK, pembelajaran strategi PK, dan pembelajaran model LC.

Aktivitas guru dan siswa pada pembelajaran model LC dan model LC dipadu PK dapat disajikan sebagai berikut: 1) fase *engage*; pada fase ini perlakuan untuk kedua kelas adalah sama yaitu siswa diajak mengulas kembali tentang reaksi kimia yang telah dipelajari pada bab sebelumnya dan tentang kesetimbangan kimia yang masih berhubungan dengan materi yang akan dibahas yaitu kelarutan dan tetapan hasil kali kelarutan. Penggalan materi ini dapat dilakukan oleh guru dengan pertanyaan-pertanyaan yang berkaitan dengan kehidupan sehari-hari misal barium sulfat ($BaSO_4$) berbentuk padatan berwarna putih yang kelarutannya dalam air sangat kecil. Prinsip kelarutan ini digunakan dalam bidang kedokteran yaitu pada foto sinar X. 2) *Explore*; Selanjutnya siswa diajak untuk membuat suatu hipotesa kelarutan yang dilanjutkan dengan mengkaji literatur yang tersedia juga menggunakan dokumen PK yang telah dikerjakan di rumah dan melakukan kegiatan laboratorium secara berkelompok dengan bantuan LKS yang tersedia untuk membangun pengetahuan tentang konsep kelarutan tersebut. Dokumen PK yang dikerjakan di rumah diharapkan mampu membantu siswa lebih cepat dalam membangun pengetahuan tentang konsep kelarutan. Pada fase kegiatan ini siswa diharapkan bertanya pada dirinya sendiri: 1) bagaimana kelarutan zat padat ($CaCO_3$) dalam pelarut air, 2) bagaimanakah suatu zat melarut dalam suatu pelarut, 3) bagaimana menentukan tetapan hasil kali kelarutan.

Siswa dengan dokumen PK diharapkan mampu menjawab permasalahan tersebut dengan benar dan lebih cepat dibanding siswa yang hanya mengandalkan buku literatur.. 3) *Explain*; selanjutnya tiap kelompok mempresentasikan hasil percobaan dan menuliskannya di papan tulis. Guru membimbing siswa untuk mencermati dan memberikan respon dari penjelasan konsep

siswa yang satu dengan yang lain, kemudian guru membimbing siswa untuk mengambil kesimpulan. Siswa dengan dokumen PK diharapkan lebih aktif dalam merespon pertanyaan guru maupun memberikan pertanyaan kepada kelompok yang mempresentasikan hasil percobaan. 4) *Elaborate*; Siswa kedua kelompok pembelajaran mengerjakan soal-soal penerapan konsep yang telah tersedia dalam LKS. 5) *Evaluate*; Siswa mengerjakan kuis.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian eksperimen semu (*quasi experiment*) yang mana sebagian data yang diperoleh dianalisis dengan mendeskripsikan variabel satu demi satu, yaitu hasil observasi kualitas proses pembelajaran, angket persepsi siswa terhadap penggunaan pembelajaran model LC dipadu PK, pembelajaran strategi PK, dan pembelajaran model LC. Data hasil belajar siswa dalam bentuk *post test* yang diperoleh dianalisis.

Rancangan eksperimen yang digunakan adalah rancangan Solomon tiga kelompok, karena obyek penelitian yang ada sebanyak tiga kelompok kelas yaitu satu kelompok kelas eksperimen dan dua kelompok kelas kontrol. Kelompok kelas eksperimen maupun kelompok kelas kontrol mendapat perlakuan pengajaran yang sama, perbedaannya terletak pada pembelajaran model LC dipadu PK untuk kelompok kelas eksperimen, sedangkan dua kelompok kelas kontrol menggunakan strategi PK dan pembelajaran model LC.

Tabel 1 Rancangan Penelitian Solomon Tiga Kelompok.

Kelompok	<i>Pre test</i>	Perlakuan	<i>Post test</i>
Eksperimen	O ₁	X ₁	O ₂
Kontrol	O ₃	X ₂	O ₄
Kontrol	O ₅	X ₃	O ₆

Keterangan:

- O₁, O₃, O₅ : *Pre test* sebelum pembelajaran.
- O₂, O₄, O₆ : *Post test* sesudah pembelajaran.
- X₁ : Perlakuan pembelajaran model LC dipadu PK.
- X₂ : Perlakuan pembelajaran strategi PK.
- X₃ : Perlakuan pembelajaran hanya menggunakan model LC.

Sampel penelitian ini adalah seluruh siswa kelas XI IPA SMA Negeri 4 Palu tahun pelajaran 2013-2014 semester genap yang terdiri

dari 3 kelas yaitu: XI IPA-1 sampai kelas XI IPA-3 dengan jumlah siswa 95 orang. Distribusi kelas tersebut berdasarkan hasil belajar semester sehingga dalam satu kelas dapat diasumsikan homogen. Kelas kontrol dan kelas eksperimen dalam penelitian ini ditetapkan dengan menentukan secara acak lewat undian. Untuk kelompok eksperimen terpilih kelas XI IPA-3 dengan jumlah 33 siswa diajar dengan model LC dipadu PK, kelompok kontrol terdiri dari kelas XI IPA-1 sebanyak 31 siswa menggunakan pembelajaran strategi PK, dan kelas XI IPA-2 sebanyak 31 siswa menggunakan model LC.

Variabel-variabel yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah: 1) variabel bebas; yaitu penggunaan model pembelajaran model LC dipadu PK untuk kelas eksperimen, sedangkan dua kelompok kelas kontrol menggunakan pembelajaran strategi PK dan pembelajaran model LC. 2) variabel terikat yang berupa skor hasil tes yang berasal dari *post test* dan kualitas proses pembelajaran untuk kelas eksperimen. 3) variabel control berupa (a) materi yang diajarkan, (b) sikap, kemampuan intelektual dan kesungguhan guru dalam melaksanakan pembelajaran, (c) bahan ajar, (d) fasilitas pembelajaran, dan (e) waktu belajar sesuai di kelas. Variabel control ini diasumsikan konstan sehingga tidak berpengaruh terhadap variabel bebas.

Metode yang digunakan untuk mengetahui reliabilitas tes dalam penelitian ini adalah metode konsistensi internal. Sebagaimana dikemukakan oleh Sugiyono & Wibowo (2010:227), bahwa pengujian reliabilitas dengan metode konsistensi internal dilakukan dengan cara mencobakan instrumen sekali saja. Penentuan reliabilitas instrumen tes obyektif dilakukan dengan teknik Kuder-Richardson (KR-20) dengan rumus sebagai berikut: (Arikunto, 2011:100)

$$r_{xy} = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(\frac{s^2 - \Sigma pq}{s^2} \right) ,$$

r_{xy} : reliabilitas tes secara keseluruhan,

k : jumlah pokok uji atau jumlah butir soal (item),

p : proporsi subyek,

q : proporsi yang menjawab item dengan salah,

s : standar deviasi dari tes .

Tabel 3 Data Hasil Penilaian Kualitas Proses Pembelajaran Pada Kelas *Learning Cycle*

No	Aspek yang diamati	Rata-rata Pengamat 1	Rata-rata Pengamat 2	Skor Rata-rata	Kategori
1	<i>Fase Engagement</i>				

Untuk soal subyektif diukur dengan menggunakan rumus *alfa* sebagai berikut; (Arikunto, 2011)

$$\alpha = \left(\frac{n}{n-1} \right) \left(1 - \frac{\Sigma S_i^2}{S_x^2} \right) ,$$

α : reliabilitas tes secara keseluruhan,

n : banyaknya item soal,

S_x^2 : varians, dan

ΣS_i^2 : jumlah kuadrat varians.

Tingkat kesukaran butir soal adalah proporsi peserta tes menjawab benar butir soal tersebut. Makin besar proporsi yang menjawab benar butir soal tersebut, makin rendah tingkat kesukaran butir soal tersebut. (Arikunto, 2011). Rumus yang digunakan untuk menentukan tingkat kesukaran butir soal obyektif adalah: (Arikunto, 2011:208)

$$P = \left(\frac{B}{J_s} \right) ,$$

P : tingkat kesukaran,

B : jumlah siswa yang menjawab soal itu dengan benar,

J_s : jumlah seluruh siswa peserta tes.

Instrumen ini berupa lembar obsevasi/lembar pengamatan yang dikenakan pada kelompok siswa kelas eksperimen maupun kelas kontrol dengan tujuan untuk mengetahui kualitas proses pembelajaran apakah berlangsung baik, cukup, atau kurang.

Pengamatan dilakukan pada saat berlangsungnya proses belajar mengajar yang dilakukan oleh pengamat dengan memberi penilaian sesuai dengan apa yang sedang berlangsung terhadap aspek-aspek yang diamati. Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung persentase yaitu:

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\bar{x} \text{ skor}}{\text{Skor maksimum}} \times 100 \%$$

3. HASIL PENELITIAN

Pengamatan terhadap aktifitas guru dan siswa dalam proses pembelajaran pada kelas LC sebanyak enam kali pertemuan masing-masing 2x45 menit yang di perlihatkan pada ditunjukkan pada Tabel 3.

a.	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran	3	3	3	
b.	Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan dalam rangka mengeksplorasi pengetahuan awal, pengalaman dan ide-ide siswa.	2,50	2,75	2,63	
	Rata-rata	2,75	2,88	2,82	Baik
2	Fase <i>Explore</i>				
a.	Siswa membuka dan membaca buku teks yang dikerjakan di rumah	3	3	3	
b.	Guru meminta siswa untuk menguji prediksi, mengumpulkan informasi dari pengamatan / mengkaji literature dalam menyelesaikan jawaban dari permasalahan yang diberikan.	2,50	2,75	2,63	
c.	Guru membantu siswa mengenali, mengembangkan gagasan, merancang eksperimen dan melakukan eksperimen	2,75	3	2,88	
	Rata-rata	2,75	2,92	2,84	Baik
3	Fase <i>Explain</i>				
a.	Siswa melakukan pemecahan masalah berdasar data eksperimen dalam diskusi kelas dengan bantuan buku teks.	2,50	2,75	2,63	
b.	Siswa menjelaskan konsep yang didapatkan dengan kalimat sendiri.	2	2,75	2,38	
c.	Siswa membuat kesimpulan kegiatan eksperimen.	2,75	3	2,88	
	Rata-rata	2,42	2,83	2,63	Baik
4	Fase <i>Elaborate</i>				
a.	Siswa menyelesaikan masalah dalam situasi /kondisi yang baru.	2	2,50	2,25	
b.	Siswa mempresentasikan jawaban dalam diskusi kelas.	2,75	3	2,88	
c.	Siswa membuat kesimpulan pembelajaran.	2,50	2,75	2,63	
	Rata-rata	2,42	2,75	2,59	Baik
5	Fase <i>Evaluation</i>				
a.	Guru memberikan kuis	2,75	3	2,88	Baik
	Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran			91,73%	

Tabel 3 memperlihatkan skor rata-rata pada aspek-aspek yang teramati untuk fase *engagement* 2,82, fase *explore* 2,84, fase *explain* 2,63, fase *elaborate* 2,59, dan fase *evaluation* 2,88. Secara keseluruhan tahapan pada proses pembelajaran LC berlangsung dengan baik (91,73%). Data hasil pengamatan terhadap aktifitas guru dan siswa dalam proses pembelajaran

pada kelas PK yang dilaksanakan sebanyak tujuh kali masing-masing 2x45 menit seperti ditunjukkan pada Tabel 4 yang mana memperlihatkan tahap kegiatan pembuka menghasilkan skor 3, tahap kegiatan inti 2,70, dan tahap kegiatan penutup dengan skor 3. Secara keseluruhan tahapan pada proses pembelajaran PK berlangsung dengan baik (96,67%)

Tabel 4 Data Hasil Penilaian Kualitas Proses Pembelajaran Pada Kelas Peta Konsep

No	Aspek yang diamati	Rata-rata Pengamat I	Rata-rata Pengamat II	Skor Rata-rata	Kategori
1	Kegiatan Pembuka				
a	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran	3	3	3	Baik
2	Kegiatan Inti				
a	Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan dalam rangka untuk mengetahui pengetahuan awal, pengalaman dan ide-ide siswa.	2,50	2,75	2,63	
b	Guru memperkenalkan PK dan cara membuat PK secara umum (pertemuan I). Guru meminta siswa membaca materi yang akan dipelajari dari Buku literatur yang tersedia dan mengumpulkan konsep-konsep yang relevan serta mengurutkan konsep-konsep tersebut dari yang paling umum ke yang paling khusus.	2,25	2,50	2,38	
c	Guru meminta siswa membuat PK pada kertas dari konsep yang umum ke konsep yang khusus dengan disertai proposisi yang tepat	2,75	3	2,88	
d	Siswa mempresentasikan hasil PK dan guru memandu diskusi kelas, sehingga diperoleh PK yang lebih baik.	2,50	2,75	2,63	
e	Siswa mengerjakan LKS yang disediakan guru	3	3	3	
f	Siswa diminta membuat kesimpulan dari pembelajaran yang dilakukan	3	2,75	2,88	
g	Siswa diminta untuk memperbaiki peta konsep, jika ada kesalahan.	2,25	2,75	2,50	
	Rata-rata	2,61	2,79	2,70	Baik
3	Kegiatan Penutup				

a	Guru memberikan kuis dengan tujuan sejauh mana siswa memahami materi	3	3	3	
b	Guru memberikan tugas kepada siswa untuk membuat laporan praktikum dan mempelajari materi pertemuan berikutnya.	3	3	3	
Rata-rata		3	3	3	Baik
Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran					96,67%

Langkah-langkah pembelajaran model LC dipadu PK sama dengan model LC hanya pada fase *explore* dan fase *explain*, siswa melengkapi diri dengan PK yang dikerjakan di rumah. Data hasil pengamatan terhadap aktifitas guru dan siswa dalam proses pembelajaran pada kelas LC dipadu PK dilaksanakan selama empat kali pertemuan (tatap muka) sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 5. Tahap kegiatan inti yang terdiri dari fase *engagement* menghasilkan skor rata-rata 2,88, fase *explore* 2,96, fase *explain* 2,88, fase *elaborate* 2,88 dan fase *evaluation* 3. Secara

keseluruhan tahapan pada proses pembelajaran model LC dengan dipadu PK berlangsung dengan baik (97,33%).

Waktu penyelesaian materi untuk kelas eksperimen dan dua kelas kontrol dicatat untuk dibandingkan. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan sub topik 1 sampai dengan sub topik 4 untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol diperlihatkan pada Tabel 6 Waktu yang direncanakan adalah empat kali tatap muka masing-masing 90 menit, namun tidak menutup kemungkinan waktu tersebut diperpanjang sesuai kebutuhan kelas.

Tabel 5 Data Hasil Penilaian Kualitas Proses Pembelajaran Pada Kelas *Learning Cycle* Dipadu Peta Konsep

No	Aspek yang diamati	Rata-rata Pengamat I	Rata-rata Pengamat II	Skor Rata-rata	Kategori
1	Fase <i>Engagement</i>				
a	Guru menyampaikan tujuan pembelajaran	3	3	3	
b	Guru memberikan pertanyaan-pertanyaan dalam rangka meng-eksplorasi pengetahuan awal, pengalaman dan ide-ide siswa.	2,75	2,75	2,75	
Rata-rata		2,88	2,88	2,88	Baik
2	Fase <i>Explore</i>				
a	Siswa membuka dan membaca buku teks disertai PK yang dikerjakan di rumah.	3	3	3	
b	Guru meminta siswa untuk menguji prediksi, mengumpulkan informasi dari pengamatan/mengkaji literature dalam menyelesaikan jawaban dari permasalahan yang diberikan	2,75	3	2,88	
c	Guru membantu siswa mengenali, mengembangkan gagasan, merancang eksperimen dan melakukan eksperimen.	3	3	3	
Rata-rata		2,92	3	2,96	Baik
3	Fase <i>Explain</i>				
a	Siswa melakukan pemecahan masalah berdasar data eksperimen dalam diskusi kelas, dengan bantuan buku teks dan dokumen PK	3	2,75	2,88	
b	Siswa menjelaskan konsep yang didapatkan dengan kalimat sendiri.	2,75	2,75	2,75	
c	Siswa membuat kesimpulan kegiatan eksperimen.	3	3	3	
Rata-rata		2,92	2,83	2,88	Baik
4	Fase <i>Elaborate</i>				
a	Siswa menyelesaikan masalah dalam situasi /kondisi yang baru.	2,75	3	2,88	
b	Siswa mempresentasikan jawaban dalam diskusi kelas.	3	3	3	
c	Siswa membuat kesimpulan pembelajaran.	2,75	2,75	2,75	
Rata-rata		2,83	2,92	2,88	Baik
5	Fase <i>Evaluation</i>				
a	Guru memberikan kuis	3	3	3	Baik
Persentase Keterlaksanaan Pembelajaran					97,33%

Tabel 6 Waktu yang Diperlukan Untuk Menyelesaikan Materi

Kelas	Kegiatan Kelas	Waktu Penyelesaian (menit)
-------	----------------	----------------------------

		Sub materi-1	Sub materi-2	Sub materi-3	Sub materi-4	Rata-rata	
Kelas Model LC	Fase	Engagement	10	10	10	10	
		Explore	45	55	50	48,75	
		Explain	25	30	30	27,5	
		Elaborate	20	25	30	25	
		Evaluation	10	10	10	10	
		110	130	130	115		
Kelas Strategi PK	Total 485 menit (6 kali tatap muka)						
	Kegiatan Pembuka	10	5	5	5	6,25	
	Kegiatan Inti	110	120	120	115	116,25	
	Kegiatan Penutup	20	15	15	20	17,5	
		140	140	140	140		
	Total 560 menit (7 kali tatap muka)						
Kelas Model LC dipadu PK	Fase	Engagement	10	5	5	5	6,25
		Explore	30	20	20	20	22,5
		Explain	20	20	18	17	18,75
		Elaborate	20	25	25	20	22,5
		Evaluation	10	10	10	10	10
		90	80	78	72		
	Total 320 menit (4 kali tatap muka)						

Data tabel 6 menunjukkan, kelas LC memerlukan 6 kali tatap muka, kelas strategi PK 7 kali tatap muka sedangkan kelas LC dipadu PK 4 kali tatap muka.

Keaktifan Siswa

Selain penilaian ranah kognitif, dan ranah afektif juga diukur dan salah satu indikator penilaian ranah afektif adalah keaktifan

Tabel 7 Keaktifan Siswa

Kelas		Jumlah siswa (orang)			Jumlah siswa
		skor 3	skor 2	skor 1	
Model LC	Sub Topik 1	20	12	0	
	Sub Topik 2	18	11	3	
	Sub Topik 3	24	8	0	
	Sub Topik 4	18	11	3	
	Rata-rata	20	10,5	1,5	32
	Persentase (%)	62,5	32,8	4,7	
Strategi PK	Sub Topik 1	7	20	5	
	Sub Topik 2	13	15	4	
	Sub Topik 3	17	14	1	
	Sub Topik 4	18	14	0	
	Rata-rata	13,75	15,75	2,5	32
Persentase (%)	43,0	49,2	7,8		
Model LC dipadu PK	Sub Topik 1	23	11	0	
	Sub Topik 2	22	11	1	
	Sub Topik 3	29	5	0	
	Sub Topik 4	18	16	0	
	Rata-rata	23	10,75	0,25	34
	Persentase (%)	67,6	31,6	0,7	

Tabel 7 memperlihatkan persentase siswa yang bertanya atau menjawab pertanyaan guru kelas LC dipadu PK paling tinggi (67,6%) dibanding kelas LC (62,5%) dan kelas PK (43%).

4. PEMBAHASAN

Kualitas proses pembelajaran kelas model LC menurut pengamat berjalan dengan kriteria baik (91,60%). Kriteria ini

siswa dalam kelas selama proses pembelajaran berlangsung. Keaktifan diukur berdasarkan partisipasi siswa dalam pembelajaran berupa menjawab pertanyaan guru atau bertanya kepada guru. Data keaktifan siswa untuk masing-masing bahasan sub topik diperlihatkan pada Tabel 7.

diperoleh dari skala kriteria Arikunto (2011) dengan mengekivalenkan positif sama dengan baik, netral sama dengan cukup, dan negatif sama dengan kurang. Dari lima fase (LC 5E), fase *explain* dan *elaborate* memperoleh skor lebih rendah dibanding fase lainnya, artinya siswa mengalami kesulitan untuk menjelaskan konsep dengan kalimatnya sendiri, kesulitan membuat kesimpulan eksperimen dan menyelesaikan masalah dalam penerapan konsep. Hal ini membuktikan bahwa siswa mempunyai

kesulitan berfikir formal sebagaimana dinyatakan oleh Willam, Turner, Debreuil, Fast dan Berestiansky (dalam Maysara, 2006).

Pada fase *explore* siswa diajak untuk menguji prediksi-prediksi, mengembangkan gagasan serta menemukan konsep-konsep dari hasil pengumpulan informasi baik dari buku literatur, merancang eksperimen, melak-sanakan eksperimen dan mengamati hasil eksperimen yang berkaitan dengan larutan apakah belum jenuh, tepat jenuh atau lewat jenuh, reaksi kesetimbangan, dan kapan pengendapan kristal CaCO_3 terjadi.

Keaktifan siswa dalam pembelajaran model LC tinggi karena yang tidak aktif 4,5%. Hasil ini mengindikasikan model pembelajaran LC 5E yang berlangsung telah mengikuti pola model pembelajaran yang menggunakan prinsip-prinsip konstruktivistik dan teori perkembangan Intelek Piaget (Abraham, 1997) yang dapat membantu siswa untuk memperoleh pemahaman materi pelajaran dengan lebih baik melalui strategi berfikir *metakognitif* (Krueger & Sutton, 2001 dalam Martin, Sexton, Franklin, Gerlovich, 2005).

Hasil proses pembelajaran diatas sesuai dengan pendapat Soebagio (2001) yang menyimpulkan bahwa model penggunaan model LC dapat meningkatkan kualitas proses pembelajaran dan dikuatkan oleh hasil penelitian Haliana (2005) dan Oren dan Tezcan (2009) yang menyatakan model LC dapat meningkatkan minat dan sikap positif. Paradigma konstruktivistik yang menyatakan belajar akan lebih bermakna, efektif, dan efisien bila siswa berperan aktif dalam mengkonstruksi pengetahuannya sendiri terpenuhi namun proses pembelajaran ini membutuhkan waktu lebih dari empat kali tatap muka melebihi waktu yang direncanakan oleh guru dimana masing-masing tatap muka adalah 2x45 menit. Hal ini sesuai dengan pendapat Soebagio (2010) yang menyatakan salah satu kelemahan model LC adalah memerlukan waktu dan tenaga yang lebih banyak dalam menyusun rencana dan melaksanakan pembelajaran. Kualitas proses pembelajaran kelas PK menurut pengamat berjalan dengan kriteria baik (96,67%). Skor kegiatan inti diberi skor paling kecil karena pada kegiatan ini siswa mengkonstruksi konsep-konsep berdasarkan hasil penyusunan PK, melaksanakan eksperimen, membuat

kesimpulan kegiatan sehingga berpotensi menjadikan kondisi kelas kurang dinamis dibanding model LC.

Waktu rata-rata untuk menyelesaikan sub topik adalah 140 menit dengan rincian kegiatan pembuka 6,25 menit atau 4,5%, 116,25 menit untuk kegiatan inti atau 83%, dan 17,5 menit untuk kegiatan penutup atau 12,5% sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 2. Waktu rata-rata ini jauh lebih lama dibanding kelas dengan model LC dan ini merupakan sisi kekurangan dari strategi PK untuk materi yang berkaitan dengan eksperimen. Hal ini disebabkan pada strategi PK proses pembentukan PK melalui tahapan-tahapan yang runut yaitu pembentukan PK pada awal pembelajaran yang mana dalam proses ini siswa harus membaca materi secara keseluruhan, menggambarkan jalinan antar konsep yang sedang dibahas, menentukan konsep paling umum menuju konsep lebih khusus serta membuat hubungan antar konsep, mempresentasikan dan mendiskusikan hasil PK untuk dicari jawaban yang benar, mengerjakan LKS yang disertai kegiatan eksperimen, membuat kesimpulan kegiatan, dan memperbaiki PK bila ada kesalahan.

Keaktifan siswa dalam mengikuti pembelajaran strategi PK adalah tinggi karena rata-rata 7,6 % siswa tidak aktif selama proses pembelajaran, namun nilai ini lebih tinggi jika dibanding dengan nilai siswa yang tidak aktif kelas model LC. Hal ini dapat dipahami karena fase-fase model LC menuntut siswa lebih berperan aktif dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi. Kualitas proses pembelajaran kelas LC dipadu PK menurut pengamat berjalan dengan baik (98%), lebih baik dibanding kelas kontrol. Kedua pengamat memberikan skor tinggi pada fase *explain*, *elaborate*, dan *evaluation*. Hasil ini menunjukkan bahwa siswa lebih siap untuk mengikuti proses pembelajaran pada model LC dipadu PK dibanding kelas model LC. Peran dokumen PK sebagai instrumen sumber informasi adalah efektif, sesuai dengan pernyataan Dabbagh (2001) dalam penelitiannya yang menyimpulkan bahwa PK merupakan alat yang berdaya guna dan efektif dalam membantu siswa menyusun pengetahuan. Waktu rata-rata yang digunakan untuk menyelesaikan tiap fase dalam sub-materi adalah 6,25 menit untuk fase *engagement* atau 7,8%, 22,5 menit untuk fase *explore*

atau 28,1%, 18,7 menit untuk fase *explain* atau 23,4%, 22,5 menit untuk fase *elaborate* atau 28,1%, dan 10 menit untuk fase *evaluasi* atau 12,5%. Data ini menguatkan penilaian pengamat bahwa proses pembelajaran kelas model LC dipadu PK lebih baik dari kelas model LC. Keberadaan dokumen PK selama fase *explore* dan *explain*, menjadikan siswa lebih siap untuk membangun konsep-konsep sebagaimana pernyataan Sisovic (2000) bahwa PK dapat membantu siswa mengembangkan cara berfikir, mengembangkan dan memperluas jaringan pengetahuan. Keaktifan siswa model LC dipadu PK yang tinggi menguatkan pendapat bahwa kualitas proses pembelajaran kelas ini lebih baik dibanding kelas LC. Demikian pula jika dibandingkan dengan kelas strategi PK, ditinjau dari sisi waktu dan keaktifan, proses pembelajaran kelas model LC dipadu PK lebih baik dibanding kelas strategi PK. Hasil ini menunjukkan bahwa dokumen PK dapat digunakan sebagai salah satu sumber belajar yang bermanfaat selama proses pembelajaran dan dapat digunakan sebagai instrumen ukur bahwa siswa telah belajar sebelum proses pembelajaran dilaksanakan.

Ditinjau dari kebutuhan waktu, model LC dipadu PK membutuhkan waktu paling singkat (320 menit) dibanding kelas LC (485 menit) dan kelas PK (560 menit) sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar 8. Data di atas mengindikasikan bahwa peran PK yang dikerjakan di rumah dapat menguatkan proses pembelajaran LC sebagaimana dinyatakan oleh Doran, Chan, dan Tamir (1998) bahwa PK dapat digunakan untuk tujuan lain seperti untuk mengetahui pengetahuan awal yang dimiliki siswa sebelum proses pembelajaran dilaksanakan, PK dapat digunakan sebagai alat bantu belajar sebab dengan PK siswa dapat menilai dirinya sendiri dengan kritis. Selain itu PK merupakan alat yang berdaya guna dan efektif dalam membantu siswa menyusun pengetahuan sebagaimana dinyatakan oleh Dabbagh (2001).

Ditinjau dari peningkatan hasil belajar, kelas model LC dipadu PK menghasilkan peningkatan tertinggi dibanding dua kelas kontrol sehingga dapat dikatakan dokumen PK merupakan alat yang berdaya guna dan efektif dalam membantu siswa menyusun pengetahuan. Peningkatan hasil belajar siswa dapat diketahui dari perbedaan nilai yang diperoleh saat *pre test* dan nilai *post test*.

Peningkatan nilai hasil belajar masing-masing kelompok pembelajaran diperlihatkan dalam Gambar 10 yang menunjukkan kelas model LC dipadu PK mempunyai peningkatan hasil belajar tertinggi yang diikuti oleh kelompok belajar model LC dan strategi PK. Data ini menunjukkan model pembelajaran LC dipadu PK yang dibuat oleh siswa di rumah dapat digunakan secara efektif untuk meningkatkan mutu pembelajaran dikelas. Dengan demikian pembelajaran model LC dipadu PK merupakan model penguatan dari model LC 5E yang mampu meningkatkan kualitas proses pembelajaran lebih baik dibanding strategi PK maupun model LC 5E sendiri khususnya untuk pembelajaran kelarutan dan hasil kali kelarutan

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian sebagai berikut:

1. Kualitas proses pembelajaran kelarutan dan hasil kali kelarutan untuk kelas dengan model LC dipadu PK lebih baik dibandingkan kelas pembelajaran strategi PK dan kelas model LC. Selama proses pembelajaran siswa pada model LC dipadu PK adalah lebih aktif dibanding pembelajaran siswa strategi PK dan model LC. Ditinjau dari kebutuhan waktu penyelesaian materi, kelas model LC dipadu PK membutuhkan empat kali tatap muka, strategi PK tujuh kali tatap muka, dan model LC enam kali tatap muka.
2. Hasil skor diperoleh bahwa ada perbedaan nilai hasil belajar siswa pada pokok bahasan kelarutan dan hasil kali kelarutan, hasil belajar kelas model LC dipadu PK lebih tinggi dibandingkan hasil belajar siswa yang menggunakan model LC maupun hasil belajar siswa pada pembelajaran strategi PK dengan skor 56,2 untuk model LC dipadu PK, untuk model LC sebesar 51,92, dan untuk strategi PK sebesar 49,30.

6. REFERENSI

- Amien, M.1990. Pemetaan Konsep Suatu Teknik Untuk Belajar yang Bermakna. *Jurnal Pendidikan*, 9 (2): 55-56
- Arikunto, S. 2011. *Manajemen Penelitian*. Yogyakarta: Rineka Cipta.
- Asrori, M. 2007. *Psikologi Pembelajaran*. Bandung: Wacana Prima.
- Beistel, D.W. 1975. A Piagetian Approach to General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 52 (3): 151-152.
- Dabbagh, N. 2001. Concept Mapping as a Mindtool for Critical Thinking. *Journal of Computing in Teacher Education*, 17 (2): 16-24.
- Haliana. 2005. *Pengaruh Model Pembelajaran Learning Cycle Terhadap Prestasi Belajar Siswa Kelas 11 SMA Negeri 2 Malang pada Pokok Bahasan pH Larutan Asam Basa*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UM.
- Herron, J.D. 1978. Piaget in the Classroom. Guidelines for Application. *Journal of Chemical Education*, 77 (1): 104-110.
- Indarti, E. 2008. *Identifikasi Kesulitan Belajar Siswa Kelas XI IPA Semester II SMA Negeri 5 Malang dalam Memahami Materi Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan (K_{sp})*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA UM.
- Kean, E. & Midlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: Gramedia.
- Lawson, A. E. 1989. A Theory of Instruction: Using The Learning Cycle To Teach Science Concepts and Thinking Skills. *NARST Monograph*, Number One.
- Martin, R., Sexton, C., Franklin, T. & Gerlovich, J. 2005. *Teaching Science for All Children: an Inquiry Approach (4th Edition)*. Boston: Pearson Allyn Bacon Prentice Hall.
- Oren, F.S. & Tezcan, R. 2009. The Effectiveness of The Learning Cycle Approach on Learners' Attitude toward Science in Seventh Grade Science Classes of Elementary School. *Elementary Education Online*, 8 (1): 103-118.
- Piaget, J. 1972. Intellectual Evolution from Adolescence to Adulthood. *Human Development*, (5): 1-12
- Sisovic, D. & Bojovic, S. 2000. On The Use of Concept Maps at Different Stages of Chemistry Teaching. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 1 (1): 135-144.
- Soebagio, Rukmini, Widayati, N.S., Suryadharma, I.B. 2010. *Penggunaan Siklus Belajar dan Peta Konsep untuk Peningkatan Kualitas Pembelajaran Konsep Larutan Asam-Basa*. PPGSM.
- Sugiyono & Wibowo. 2010. *Statistika Untuk Penelitian dan Aplikasinya dengan SPSS 10,0 for Windows*. Bandung: Alfabeta.
- Turkmen, H. & Usta, E. 2007. The Role of Learning Cycle Approach in Overcoming Misconception in Science. *Kastamonu Education Journal*, 15(2) 491-500.
- Wiseman, F.L. 1981. The Teaching of College Chemistry, Role of Student Development Level. *Journal of Chemical Education*, 58 (6): 484-488.

PENGEMBANGAN INSTRUMEN DALAM MEMECAHKAN MASALAH FISIKA DASAR

Muhammad Yusuf¹, Prabowo², Tjipto Prastowo³

¹Pascasarjana, Universitas Negeri Surabaya

^{2,3}FMIPA, Universitas Negeri Surabaya

Email: andi.yusuf88@yahoo.com

Abstract. *Has done research on physics problem-solving ability. The purpose of this paper describes the basic physics problem-solving instrument that has been developed. Instruments developed problem solving is problem-solving steps and basic physics problem solving assessment rubric. The development of this instrument adopts a problem-solving instrument that has been developed by Lynn. The results of the development of the instrument was piloted on students majoring in physics UNG contains programs for Basic Physics courses. The results of the development of problem-solving instrument consists of four steps, ie understanding concepts, specific physics approach, the use of precise mathematical and logical progression. The results of the analysis indicate that the instrument test students' ability to solve problems in physics are still lacking the specific physics approach, and evaluate the results obtained.*

Keywords: *Instrument Development, problem solving, Basic Physics.*

1. PENDAHULUAN

Pemecahan masalah masih menjadi kendala siswa dalam memecahkan masalah-masalah fisika dewasa ini. Beberapa hasil penelitian yang terkait dengan pemecahan masalah seperti penelitian Titus (1998) menemukan penggunaan media video dan animasi dalam pembelajaran memecahkan masalah fisika masih kurang memberikan efek yang positif. Menurut Abdullah (2006) dalam memecahkan masalah fisika siswa jarang melakukan langkah-langkah dari menafsirkan masalah, membuat orientasi, dan memeriksa jawaban akhir.

Rendahnya kemampuan siswa dalam memecahkan masalah fisika mungkin diakibatkan oleh penggunaan langkah-langkah pemecahan masalah yang umum atau sama dengan pemecahan masalah pada bidang studi lain. Untuk itu perlu pengembangan instrument pemecahan masalah yang lebih khusus pada bidang studi fisika.

2. KAJIAN LITERATUR

Pemecahan Masalah

Pandangan klasik menganggap pemecahan masalah menjadi proses bertahap, yang pasif, reproduksi dan domain-umum, berdasarkan *trial and error*. Sebaliknya, para psikolog Gestalt menggambarkan pemecahan masalah sebagai proses yang aktif dan produktif, di mana wawasan, reorganisasi dan fungsional *fixedness* memainkan peran penting (Molnar, 2003).

Woolfolk (2008) masalah adalah semua situasi yang menuntut untuk berusaha mencapai tujuan tertentu dan harus menemukan sarana/cara untuk melakukannya. Dewey mengatakan bahwa masalah terjadi ketika seorang individu dihadapkan dengan kesulitan. Masalah adalah studi yang sulit dan asing bagi pemecah tetapi dapat dipecahkan dan memiliki setidaknya tujuan yang jelas. Sedangkan tugas yang mudah di mana seorang individu menemukan dengan mudah dan sudah tahu bagaimana menghasilkan solusi disebut latihan (Abdullah, 2006).

Selanjutnya Woolfolk (2008) mendefinisikan *problem solving* sebagai menciptakan solusi baru untuk masalah. Menurut Newell & Simon, (dalam Lynn, 2009) pemecahan masalah menekankan bahwa proses pengambilan keputusan yang terjadi ketika sebuah pemecah disajikan dengan tugas yang mereka tidak memiliki serangkaian tindakan tertentu dapat mereka gunakan untuk mencapai solusi. Sedangkan Slavin (2009) berpendapat penyelesaian masalah merupakan penerapan pengetahuan dan kemampuan untuk mencapai sasaran tertentu. Misalnya, siswa dapat saja benar-benar berkinerja baik dalam penjumlahan, pengurangan, dan perkalian tetapi sedikit tahu tentang bagaimana menyelesaikan soal cerita.

Mateycik (2009) pentingnya keterampilan dalam pemecahan masalah adalah yakin bahwa masalah yang diberikan dapat diselesaikan dengan menggunakan pendekatan

yang sama atau mirip sebagai mana masalah yang sudah familiar.

Newell & Simon (dalam Lynn, 2009) mendeskripsikan pemecahan masalah sebagai proses pengambilan keputusan yang terjadi ketika sebuah pemecah disajikan dengan tugas yang mereka tidak miliki dengan serangkaian tindakan tertentu yang dapat mereka gunakan untuk mencapai solusi.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas dapat disimpulkan bahwa pemecahan masalah merupakan proses pengambilan keputusan yang didasarkan pada suatu pemikiran yang terarah untuk menentukan solusi terhadap suatu masalah yang spesifik.

Langkah-langkah Pemecahan Masalah

Beberapa pendapat tentang langkah-langkah proses pemecahan masalah. Solso *et al.* (2008) menjelaskan proses pemecahan masalah dimulai dari evaluasi harapan, kemudian membuat hipotesis dari solusi-solusi yang mungkin muncul, menguji hipotesis, kemudian melakukan konfirmasi.

Bransford dan Stein (dalam Slavin, 2009; Woolfolk, 2008) mengembangkan dan mengevaluasi strategi lima langkah *problem solving* yang disebut IDEAL: *Identify* (mengidentifikasi) masalah dan peluang, *Define* (mendefinisikan) tujuan dan mempresentasikan permasalahannya, *Explore* (mengeksplorasi) berbagai kemungkinan strategi, *Anticipate* (mengantisipasi) hasil dan *Act* (bertindak), *Look* (menengok) ke belakang dan *learn* (mengambil pelajaran).

Reif dan Heller, (dalam Mateycik, 2009) membagi proses pemecahan masalah menjadi tiga fase: mendeskripsikan, mencari solusi, dan penilaian solusi. Begitu juga pendapat Titus (1998) proses pemecahan masalah dapat dibagi dalam tiga langkah penting: deskripsi masalah, perencanaan solusi, dan pengujian hasilnya.

Menurut Polya (dalam Lynn, 2009) empat langkah pemecahan masalah dalam matematika adalah langkah pertama Memahami Masalah, solver merangkum informasi dikenal dan tidak dikenal, memperkenalkan notasi yang sesuai, dan menarik sejumlah angka. Selanjutnya, dalam Merancang Rencana, pemecah menggunakan pengetahuan mereka untuk merencanakan bagaimana menghubungkan data yang diberikan untuk tujuan yang diinginkan. Kemudian dalam melaksanakan rencana pemecah menerapkan rencana mereka dengan melakukan prosedur

yang diperlukan untuk mencapai jawaban saat memeriksa pekerjaan mereka di sepanjang jalan. Langkah terakhir adalah Mencari Kembali atau memeriksa hasilnya untuk memeriksa bahwa itu masuk akal, dan jika mungkin menggunakan prosedur alternatif untuk mencapai jawabannya.

Lynn (2009) mengembangkan instrument rubrik pemecahan masalah fisika dengan lima langkah yaitu deskripsi yang bermanfaat, pendekatan fisika, aplikasi fisika yang spesifik, tepat matematika, dan progresi logis.

Pengembangan instrument pemecahan masalah pada makalah ini mengadopsi dari instrument pemecahan masalah yang telah dikembangkan oleh Lynn (2009).

3. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengembangan dan deskriptif. Fokus pengembangan adalah instrumen pemecahan masalah fisika dasar dan rubrik penilaian. Hasil pengembangan instrument pemecahan masalah diujicoba dengan menggunakan tes tertulis.

Ujicoba instrument pemecahan masalah dilaksanakan pada mahasiswa jurusan fisika Universitas Negeri Gorontalo yang memprogramkan mata kuliah Fisika Dasar tahun ajaran 2012/2013.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan Instrumen

Penelitian ini mengembangkan instrument pemecahan masalah dengan mengadopsi instrumen yang telah dikembangkan oleh Lynn. Hasil pengembangan instrumen pemecahan secara rinci dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Langkah-langkah Pemecahan Masalah yang telah dikembangkan Peneliti

Jennifer Lynn Docket & Ken Heller (2009)	Muhammad Yusuf (2013)
1. manfaat Deskripsi	1. Pemahaman konsep
2. Pendekatan fisika	2. Pendekatan fisika yang spesifik.
3. Spesifik Aplikasi Fisika	3. Penggunaan matematika yang tepat
4. Tepat Matematika	4. Progresi logis
5. Progresi logis	

Terdapat lima langkah-langkah pemecahan masalah yang telah dikembangkan oleh Lynn (2009). Berdasarkan beberapa kajian

literatur, peneliti menganggap perlu menambah langkah pertama tentang pemahaman konsep, karena pemahaman konsep menjadi dasar dalam menentukan hal-hal yang diketahui dan ditanya dalam memecahkan masalah. Sedangkan langkah dua dan tiga dapat digabungkan menjadi pendekatan fisika yang spesifik. Dengan demikian langkah-langkah pemecahan masalah yang dikembangkan menjadi empat langkah.

Pemahaman Konsep

Pemahaman konsep fisika dalam memecahkan masalah penting untuk menentukan konsep-konsep yang diketahui dan tidak diketahui dalam masalah, sehingga memudahkan dalam memilih pendekatan fisika dalam memecahkan fisika. Konsep-konsep yang diketahui dan tidak diketahui biasanya ditulis dalam simbol-simbol atau visual. Menuliskan konsep dalam simbol yang tepat untuk jumlah, menyatakan suatu tujuan atau target kuantitas, visualisasi (sketsa atau gambar), menyatakan harapan kualitatif, yang disarikan dalam diagram (misalnya kekuatan, energi, gerak, momentum), menggambar grafik, menyatakan sistem koordinat, dan memilih sistem.

Pendekatan Fisika spesifik

Memilih pendekatan fisika yang spesifik digunakan dalam memecahkan masalah fisika untuk kondisi tertentu. Jika perlu, solver telah mendirikan persamaan khusus untuk masalah yang konsisten dengan pendekatan yang dipilih. Sebuah aplikasi spesifik fisika dapat mencakup pernyataan definisi, hubungan antara jumlah yang ditetapkan, kondisi awal, dan asumsi atau kendala dalam masalah (misalnya gesekan diabaikan, katrol tak bermassa, dll).

Penggunaan Matematika yang Tepat

Pemecahan masalah mengikuti aturan matematika yang tepat dan benar serta prosedur selama pelaksanaan solusi. Prosedur matematika merujuk pada teknik yang digunakan untuk memecahkan jumlah target dari persamaan tertentu fisika, seperti mengisolasi dan mengurangi strategi dari aljabar, substitusi, penggunaan rumus kuadrat, atau operasi matriks. Aturan matematika merujuk pada konvensi dari matematika, seperti penggunaan yang tepat kurung, akar kuadrat, dan identitas trigonometri. Jika instruktur atau peneliti menggunakan rubrik mengharapkan jawaban simbolis sebelum perhitungan numerik, ini bisa dianggap sebagai prosedur matematika yang tepat.

Progresi logis

Menilai keterampilan pemecahan masalah ini dalam berkomunikasi penalaran, tetap fokus ke tujuan, dan mengevaluasi solusi untuk konsistensi (implisit atau eksplisit). Ia memeriksa apakah solusi seluruh masalah jelas, terfokus, dan terorganisir secara logis. Yang logis berarti istilah yang solusinya adalah koheren (urutan solusi dan penalaran solver dapat dipahami dari apa yang tertulis), internal konsisten (bagian tidak bertentangan), dan eksternal yang konsisten (sesuai dengan harapan fisika).

Tabel 2. Indikator Dan Rubrik Penilaian Pemecahan Masalah

Aspek yang Dinilai	Rubrik Penilaian						NA (Problem)	NA (Solver)
	5	4	3	2	1	0		
Pemahaman Konsep	Penggunaan konsep yang tepat, dan lengkap.	Penggunaan konsep yang tepat tetapi mengandung kelalaian kecil atau tidak lengkap.	Ada bagian konsep yang hilang, dan atau mengandung kesalahan.	Sebagian besar konsep tidak tepat, hilang, dan atau mengandung kesalahan.	Seluruh konsep tidak tepat dan atau mengandung kesalahan.	Solusinya tidak termasuk konsep dan tidak perlu untuk masalah / solving.	Sebuah konsep tidak diperlukan untuk masalah ini. (yakni, yang diberikan dalam pernyataan masalah)	Sebuah konsep tidak diperlukan untuk solver ini.
Pendekatan Fisika Spesifik	Pendekatan fisika tepat dan lengkap.	Pendekatan fisika mengandung kelalaian kecil atau kesalahan.	Beberapa konsep dan prinsip-prinsip pendekatan fisika hilang dan atau tidak pantas.	Sebagian besar dari pendekatan fisika hilang dan atau tidak pantas.	Semua konsep yang dipilih dan prinsip-prinsip yang tidak pantas.	Solusinya tidak menunjukkan pendekatan, dan perlu untuk masalah / pemecah.	Sebuah pendekatan fisika eksplisit tidak diperlukan untuk masalah ini.	Sebuah pendekatan fisika eksplisit tidak diperlukan untuk solver ini.
Penggunaan Matematika yang Tepat	Prosedur matematika yang tepat dan lengkap.	Prosedur matematis yang sesuai digunakan dengan kelalaian atau kesalahan kecil.	Bagian dari prosedur matematika yang hilang dan atau mengandung kesalahan.	Sebagian besar prosedur matematika yang hilang dan atau mengandung kesalahan.	Semua prosedur matematika yang tidak pantas dan atau mengandung kesalahan.	Belum ada bukti dari prosedur matematika, dan yang diperlukan.	Prosedur matematika tidak diperlukan untuk masalah ini atau sangat sederhana.	Prosedur matematika tidak diperlukan untuk solver ini.
Progresi Logis	Solusi seluruh masalah jelas,	Solusinya adalah jelas dan	Bagian dari solusi yang	Sebagian besar bagian solusi	Seluruh solusi tidak jelas,	Belum ada bukti dari	Perkembangan logis tidak	Perkembangan logis tidak

Aspek yang Dinilai	Rubrik Penilaian						NA (Problem)	NA (Solver)
	5	4	3	2	1	0		
	terfokus, dan logis terhubung.	terfokus dengan inkonsistensi kecil	jelas, fokus, dan atau tidak konsisten.	yang jelas, fokus, dan atau tidak konsisten.	tidak fokus, dan atau tidak konsisten.	perkembangan logis, dan itu perlu.	diperlukan untuk masalah ini. (satu langkah)	diperlukan untuk solver ini.

Hasil Ujicoba Instrumen

Ujicoba instrument pemecahan masalah dilaksanakan pada 19 mahasiswa yang memprogramkan mata kuliah Fisika dasar.

Ujicoba dilaksanakan dengan memberikan tes pada mahasiswa. Tes tersebut terdiri dua macam soal pemecahan masalah. Hasil analisis ujicoba instrument terlihat pada table 3.

Tabel 3. Hasil Ujicoba Instrumen Pemecahan Masalah

No	Kode Mahasiswa	Nomor Soal/ Aspek yang dinilai/ nilai								Total Skor	Persentase (%)
		1				2					
		A	B	C	D	A	B	C	D		
1	A	5	5	3	2	0	0	0	0	15	37.5
2	B	5	5	4	4	0	0	0	0	18	45
3	C	4	3	3	0	0	0	0	0	10	25
4	D	5	4	5	3	0	0	0	0	17	42.5
5	E	5	5	3	2	2	2	0	0	19	47.5
6	F	5	2	1	0	0	0	0	0	8	20
7	G	5	5	4	4	2	1	0	0	21	52.5
8	H	5	5	4	2	2	0	0	0	18	45
9	I	5	5	5	4	0	0	1	0	20	50
10	J	5	3	0	0	2	0	0	0	10	25
11	K	5	2	2	0	0	0	0	0	9	22.5
12	L	5	5	5	4	0	0	0	0	19	47.5
13	M	5	2	4	0	2	0	0	0	13	32.5
14	N	4	5	2	1	0	0	0	0	12	30
15	O	5	1	2	1	0	0	0	0	9	22.5
16	P	5	3	2	0	0	0	0	0	10	25
17	Q	5	3	1	0	0	0	0	0	9	22.5
18	R	2	2	1	0	0	0	0	0	5	12.5
19	S	5	2	0	0	0	0	0	0	7	17.5
Jumlah		90	67	51	27	10	3	1	0		
Persentase (%)		94.74	70.53	53.68	28.42	10.53	3.16	1.05	0.00		
Rata-rata		4.74	3.53	2.68	1.42	0.53	0.16	0.05	0.00		

Keterangan:

- A. Pemahaman Konsep
- B. Pendekatan Fisika spesifik

- C. Penggunaan Matematika yang tepat
- D. Progresi logis

Pemahaman Konsep

Berdasarkan hasil ujicoba, dari 2 (dua) soal yang diberikan pada mahasiswa hanya soal nomor 1 (satu) yang dipahami konsepnya yang diterapkan dalam bentuk symbol dengan tepat. Hal ini dibuktikan sebagian besar mahasiswa mampu mengorganisasikan informasi menjadi symbol-simbol yang berguna, tepat, dan lengkap (94,7%) atau rata-rata perolehan skor 4,74. Dengan demikian untuk soal no. 1, mahasiswa mampu memahami konsep pada masalah dan merepresentasikan menjadi symbol sehingga bisa menuntun langkah-langkah menjadi solusi dalam pemecahan masalah ini.

Sedangkan untuk soal no.2 sebagian besar mahasiswa tidak tahu konsep yang bisa digunakan dalam menyelesaikan masalah ini. Sehingga sebagian besar mahasiswa tidak menjawab soal ini karena mungkin mereka tidak tahu sama arah solusi yang tepat. Hanya ada lima orang mahasiswa yang mencoba merangkum menjadi symbol, namun tidak bisa juga meneruskan langkah solusinya.

Pendekatan Fisika Spesifik

Dari hasil ujicoba terlihat bahwa keterampilan mahasiswa masih kurang mampu dalam memilih dan menentukan konsep spesifik yang dapat digunakan dalam menyelesaikan masalah. Hal ini terlihat hanya pada soal No. 1 umumnya mahasiswa mampu menentukan aplikasi tertentu yang digunakan dalam menyelesaikan masalah seperti menggunakan persamaan menentukan volume dan massa jenis. Sehingga mahasiswa mampu melanjutkan penyelesaian masalah dengan konsisten dan pendekatan fisika yang telah mereka pilih.

Sedangkan pada soal No. 2 semua mahasiswa tidak bisa mengaplikasikan pengetahuan tertentu mereka karena tidak mengetahui pendekatan yang tepat digunakan dalam masalah tersebut. Hal ini terlihat dari hasil pekerjaan mahasiswa umumnya hanya sampai pada solver dasar yaitu yang diketahui dalam symbol.

Jika melihat dari hasil kerja mahasiswa dapat dikatakan bahwa kurang dalam membaca dan memaknai masalah yang diberikan bila dikaitkan materi fisika yang telah diberikan. Bisa juga karena tentang materi fluida yang diberikan sudah lama sehingga mereka lupa.

Penggunaan Prosedur Matematika yang Tepat

Dalam keterampilan solver ini sebagian mahasiswa dapat mengikuti aturan matematika yang tepat dan benar dan prosedur selama pelaksanaan solusi seperti terlihat pada hasil kerja mahasiswa walaupun masih ada kelalaian kecil yang sering dibuat seperti penggunaan satuan yang sering diabaikan. Prosedur matematika merujuk pada teknik yang digunakan untuk memecahkan jumlah target dari persamaan tertentu fisika. Berdasarkan hasil kerja mahasiswa sebagian mahasiswa keliru pada penggunaan satuan sehingga keliru dalam menentukan hasil secara matematika.

Pada soal no. 2 tidak terjawab bukan karena mahasiswa tidak paham dengan prosedur matematika, akan tetapi mahasiswa tidak mengetahui pendekatan yang tepat dan juga tidak mampu mengaplikasikan pengetahuan tentang fluida yang telah mereka pelajari ke dalam masalah sehingga mahasiswa tidak melanjutkan solusinya.

Progresi logis

Keterampilan pemecah ini, mahasiswa sangat kurang dalam berkomunikasi penalaran. Mahasiswa lebih banyak dalam penyelesaian masalah secara matematik. Sehingga tidak jelas maksud dan tujuan akhir dari pemecahan atau solusi karena tidak ada evaluasi hasil yang didapat dari masalah. Mahasiswa tidak memberikan keterangan-keterangan atau arti dari hasil yang diperoleh, hanya dalam bentuk angka atau besaran jumlah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengembangan instrumen pemecahan masalah dan ujicoba instrumen dapat disimpulkan bahwa:

1. Instrumen pemecahan masalah yang dikembangkan terdiri empat langkah yaitu: pemahaman konsep, pendekatan fisika spesifik, penggunaan matematika yang tepat, dan progresi logis.
2. Hasil ujicoba instrumen pemecahan masalah ditemukan:
 - a. Keterampilan mahasiswa dalam melakukan pendekatan fisika masih kurang.
 - b. Mahasiswa tidak terbiasa melakukan evaluasi atas hasil penyelesaian masalah yang mereka peroleh, selalu berhenti pada tarap hasil kuantitatif. Tidak ada yang menjelaskan secara naratif atas hasil yang mereka peroleh.

REFERENSI

- Abdullah, F. A.P.(2006). *“The Patterns of Physics Problem-solving From The Perspective of Metakognition”*. Doctoral Dissertation, University of Cambridge.
- Lynn, J. (2009). *“Development and Validation of a Physics Problem-Solving Assesment Rubric”*. Doctoral Dissertation, University of Minnesota.
- Mateycik, F.A. (2009). *“Fasilitating Case Rense During Problem Solving in algebra-Based Physics”*. Doctoral Dissertation, University of Kansas.
- Molnar, G. (2003). *“Study of Complex Problem-Solving in Real Life Problems”*. Doctoral Dissertation, University of Szeged.
- Slavin, R. E. (2006). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Nine Edition. New Jersey: Pearson Educational.
- Solso, R.L., Maclin, O.H., Maclin, M.K. (2008). *Cognitive Psychology, Eight Edition*. Boston: Pearson Educational.
- Titus, A. P. (1998). *“Integrating Vidio and animation With Physics Problem Solving Exercises on The world Wide Web”*. Doctoral Diisertation, University of North Carolina.
- Woolfolk, A. (2009). *Educational Psychology active Learning Edition, Tenth Edition*. Terjemahan Soetjipto. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

UPAYA PERBAIKAN BANTUAN BELAJAR UNTUK MATA KULIAH KIMIA ORGANIK 3 - PEKI 4416

Dina Mustafa

Jurusan Matematika – Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam – Universitas Terbuka
Email: dinamustafa@ecampus.ut.ac.id

Abstract

This article is the result of a preliminary study to improve the learning supports given in the online tutorial for a course, Organic Chemistry 3, PEKI 4416, in the Chemistry Education Study Program at the Department of Mathematics and Natural Sciences Education, Universitas Terbuka.

The preliminary study identified the difficulties in studying the course according to the expert faculty, who taught the course in another institution, and who also was the expert reviewer of the printed course module, and also according to the students who took the course, owned and utilized the printed module, who participated in the online tutorial. The study also identified learning strategies to study such course from the literature, such as developing the concept map, applying the general study skills, besides studying the printed module, since all exam items are based on it.

The methodology for the study was survey based on the learning objectives of the printed modules for the students and the expert faculty, and the learning strategies and the study skills of the students. The surveys were conducted in the 2013. Literature review of learning strategies for such advance organic chemistry course also conducted. The respondents are one expert faculty and 4 students

The results of the study were difficulties in studying the course how to overcome them according to the expert faculty and difficulties according to the students. Those findings were utilized to improve the online tutorial by providing the learning supports in various forms, such as open educational resources (OER) from the internet and learning guidelines in the form of questions to accompany the printed module. The OER are in the forms of video from the YouTube or text about various concept maps from the internet. Those learning supports are implemented in the online tutorials in 2014.

Keywords: online tutorial, learning strategies, learning supports, advance organic chemistry

1. PENDAHULUAN

Universitas Terbuka (UT) merupakan perguruan tinggi yang menerapkan sistem belajar jarak jauh yang dicirikan oleh keterpisahan dosen dan mahasiswa dalam ruang dan waktu serta mempersyaratkan mahasiswa mampu belajar mandiri tanpa supervisi langsung seperti pada pendidikan konvensional. Meskipun kemandirian itu dipersyaratkan bagi mahasiswa, tetapi UT menyediakan berbagai bentuk bantuan belajar seperti Tutorial Tatap Muka (TTM) dan Tutorial *Online* (tuton).

Mata kuliah yang menjadi fokus penelitian ini adalah Kimia Organik. Pada masa registrasi 2012.2 (semester ganjil) tuton mata kuliah ini telah dilaksanakan oleh peneliti dengan menggunakan bahan tuton yang telah tersedia. Hasil pelaksanaan tuton Kimia

Organik 3 - PEKI 4416, selama 7 minggu adalah sebagai berikut: dari 34 mahasiswa yang mendaftar tuton matakuliah ini:

- 10 orang mendapatkan nilai baik di atas 60 sampai dengan 95 karena membuat semua tugas dan berpartisipasi cukup aktif, mengakses semua materi dan berdiskusi;
- 13 orang mendapat nilai kurang karena sangat kurang aktif berpartisipasi dan tidak membuat atau hanya membuat 1 tugas;
- sisanya, sebanyak 11 orang hanya mendaftar saja tetapi tidak berpartisipasi sama sekali.

Saat mengikuti tuton mahasiswa boleh membuka buku untuk menjawab tugas dan diskusi.

Saat dilakukan perbandingan nilai Ujian Akhir Semester (UAS) dan nilai tuton, maka tampak sekali mahasiswa kurang mampu

belajar mandiri secara efisien dan efektif. Mahasiswa yang mendapat nilai tuton 95 atau 20 nilai UAS-nya 77,5. Ada juga mahasiswa yang mendapat nilai tuton 95 mendapat nilai UAS 67 dan 56,5.

2. PERTANYAAN PENELITIAN DAN KAJIAN LITERATUR

Kemampuan mahasiswa untuk mempelajari materi Kimia Organik 3, pasti akan mempengaruhi keberhasilan mereka dalam UAS. TTM dan Tuton diberikan untuk membantu mahasiswa belajar secara bertahap dan seharusnya memberikan strategi belajar yang sistematis. Permasalahan yang ingin diteliti berdasarkan data yang telah diuraikan sebelumnya adalah sebagai berikut:

- Materi yang mana pada BMP Kimia Organik 3 yang dirasakan sulit oleh mahasiswa?
- Materi yang mana pada BMP Kimia Organik 3 yang dianggap sulit oleh para tutor/Dosen Kimia Organik 3?
- Strategi apa yang dapat diterapkan untuk membantu mahasiswa belajar (melatih membuat peta konsep, mencari sumber daya lain untuk membantu pemahaman mahasiswa)?
- Bagaimana strategi belajar mahasiswa yang mengambil mata kuliah Kimia Organik 3?

Bahan Ajar Kimia Organik 3 yang utama adalah Buku Materi Pokok (BMP) PEKI 4416 Kimia Organik 3. Buku ini dicetak pertama kali oleh UT tahun 2000 dan cetakan kedua muncul tahun 2007 (Ismono & Wahyudi, 2007). Kemudian BMP ini direvisi dan diterbitkan kembali sebagai edisi revisi tahun 2009 dengan tim penulis yang lain (Dwiyanti, G., dkk, 2009).

Kimia Organik 3 ini membahas sifat-sifat molekul senyawa karbon atau senyawa organik, yang dapat membantu pemahaman berbagai mekanisme reaksi pada senyawa organik seperti reaksi: substitusi (nukleofilik, elektrofilik, dan radikal bebas); adisi (elektrofilik, nukleofilik dan radikal bebas); eliminasi; dan penataan ulang. Berbagai mekanisme reaksi pada senyawa organik dipengaruhi oleh sifat-sifat molekul, antara lain, sifat intramolekuler (momen dipol, efek induksi, efek resonansi dan hiperkonjugasi), kiralitas molekul, dan stereoisomer. Zat

organik yang dimaksud adalah dari golongan alifatik dan aromatik.

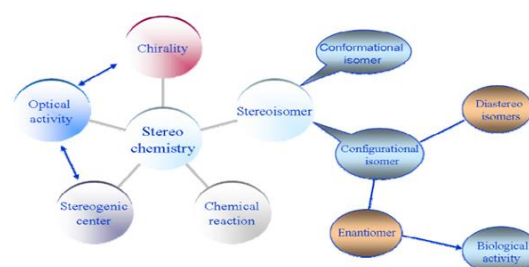
Untuk mempelajari materi Kimia Organik 3, mahasiswa harus aktif membuat berbagai ringkasan atau menata kembali informasi dalam BMP sehingga tampak hubungan antara konsep yang satu dengan yang lain. Untuk membuat ringkasan sekaligus melihat hubungan antar berbagai konsep dapat dilakukan dengan membuat peta konsep.

Peta konsep adalah teknik untuk menampilkan pemetaan pengetahuan/ide/konsep secara grafis. Idennya muncul dari pendekatan konstruktivisme. Peta pengetahuan itu bentuknya jaringan dari berbagai konsep yang saling berhubungan. Umumnya peta konsep itu terdiri dari *nodes* dan *link*. *Nodes* menunjukkan konsep-konsep yang membentuk satu topik, dan *link* menunjukkan hubungan antara konsep (Lanzing, 1997).

Sebagai contoh peta konsep untuk stereokimia adalah sebagai tampak pada Gambar 1 (Qian, Z, 2004). Peta konsep sebaiknya dibuat oleh mahasiswa sendiri atau secara berkelompok sehingga menjadi berarti dan mudah difahami.

Gambar 1: Peta Konsep Stereokimia

Salah satu bentuk layanan bantuan belajar bagi mahasiswa pada sistem pendidikan jarak jauh/PJJ adalah lewat tuton. Tuton ini



dilaksanakan dengan memanfaatkan jaringan internet yang dapat diakses oleh mahasiswa yang mendaftar untuk tuton, kapan saja dan dimana saja, dengan memasukkan Nomor Induk Mahasiswa, tanggal lahir lengkap dengan bulan dan tahun, dan email yang masih aktif (Padmo dan Pribadi, 2002).

Tutor berfungsi sebagai pengembang materi tuton, motivator, fasilitator, dan mediator pembelajaran dalam kegiatan tuton. Nilai tuton berkontribusi 30% terhadap nilai akhir semester (UT, 2012), dan terdiri dari

partisipasi mahasiswa dalam mengakses materi tuton, berdiskusi aktif, dan membuat dan mengirim 3 tugas, selama masa tuton yaitu 8 minggu. Dalam satu masa tuton, 1 mata kuliah terdiri dari 8 inisiasi, 3 tugas dan beberapa diskusi.

Para mahasiswa diharapkan mempelajari BMP Kimia Organik 3 sambil mengikuti tuton. Penguasaan mahasiswa terhadap isi BMP akan mempengaruhi keberhasilan mereka dalam melaksanakan UAS, karena soal-soal ujian UT dikembangkan berdasarkan tujuan pembelajaran dan isi dalam BMP.

Ada beberapa penelitian mengenai tutorial online. Materi inisiasi dan diskusi pada tuton yang sesuai dengan isi BMP, akan mudah diikuti dan membantu pemahaman mahasiswa terhadap isi BMP akan berdampak positif pada nilai UAS mereka (Crocker & Algina, 1986). Demikian pula dengan keaktifan tutor dalam memotivasi mahasiswa, yang ditunjukkan dengan memberikan umpan balik pada setiap *posting* mahasiswa, akan menyebabkan mahasiswa makin aktif dalam pembelajaran mereka (Chen, Gonyea, & Kuh, 2008).

Hasil penelitian mengenai tuton di UT untuk pelajaran Manajemen Strategi di Unit Program Belajar Jarak Jauh UT (UPBJJ-UT) Batam (Malau & Herman, 2012), menunjukkan bahwa untuk inisiasi, 75% mahasiswa menyatakan sesuai dengan BMP. Pada forum diskusi mahasiswa menyatakan bahwa materi tugas tidak sesuai dengan materi inisiasi (36%), forum diskusi tidak sesuai format (55%), dan tutor tidak memberi umpan balik (58%). Untuk tugas, mahasiswa menyatakan tidak sesuai dengan BMP (23%), tidak sesuai jadwal (48%), tidak memahami tata cara pengiriman tugas (46%), dan tidak memahami tata cara penilaian tuton (65%).

Namun penelitian ini menunjukkan bahwa ketiga variabel bebas, yaitu inisiasi, diskusi dan tugas, secara bersama dapat menjelaskan 72,8% varians pada variabel tidak bebas, nilai akhir semester. Malau dan Herman (2012) berpendapat bahwa pengaruh yang cukup besar dan signifikan ini dikarenakan nilai pada tuton berkontribusi 30% pada nilai akhir semester. Dari hasil nilai koefisien regresi untuk variabel tugas tutorial, yaitu sebesar $-0,164$, menunjukkan bahwa tugas berkontribusi negatif dan signifikan terhadap nilai akhir semester. Untuk ini, Malau dan Herman (2012) berasumsi bahwa semakin

kecil nilai tugas yang diperoleh mahasiswa pada tuton, akan mendorong mahasiswa untuk belajar lebih giat, sehingga memperoleh nilai UAS yang tinggi.

Penelitian lain terhadap hasil tuton mata kuliah yang sama yang dilakukan oleh Pandiangan dkk (2012), untuk masa ujian 2009.1 di UPBJJ-UT Batam, juga menyatakan bahwa 67,6% mahasiswa memperoleh hasil ujian yang baik setelah mengikuti tuton, tetapi mahasiswa menilai bahwa sajian materi inisiasi tuton tidak menarik (62%).

Pembelajaran Kimia Organik 3 memerlukan keaktifan mahasiswa dalam menata kembali informasi sehingga tampak berbagai hubungan antar konsep yang dipelajari. Ini dapat dilakukan dengan membuat peta konsep. Selanjutnya dari hasil penelitian mengenai komponen tuton mata kuliah, maka dapat disimpulkan bahwa:

- Materi inisiasi harus sesuai dan dapat membantu menerangkan Tujuan Instruksional Umum (TIU) dan Tujuan Instruksional Khusus (TIK) dalam BMP
- Diskusi harus difasilitasi dengan aktif oleh tutor dengan memberikan umpan balik pada waktunya
- Tugas harus sesuai dengan TIU dan TIK BMP.
- Penyajian materi inisiasi harus menarik dan memudahkan mahasiswa mempelajari BMP
- Materi inisiasi, diskusi, dan tugas untuk Kimia Organik 3 perlu disusun sedemikian rupa sehingga memudahkan mahasiswa menguasai BMP Kimia Organik 3 yang menjadi dasar UAS untuk mata kuliah ini.

3. METODE PENELITIAN

Untuk menjawab beberapa pertanyaan dalam penelitian maka metode yang digunakan dapat dibaca pada Tabel 1.

Tabel 1: Metode Penelitian

No	Pertanyaan	Metode	Indikator
1	Materi yang mana pada BMP Kimia Organik 3 yang dirasakan sulit oleh mahasiswa?	Survei	Daftar TIK Modul 1 – 9 dan pertanyaan mana yang sulit dan

No	Pertanyaan	Metode	Indikator
			mengapa sulit
2	Materi yang mana pada BMP Kimia Organik 3 yang dianggap sulit oleh para tutor/Dosen Kimia Organik 3?	Survei	Daftar TIK Modul 1 – 9 dan pertanyaan mana yang sulit dan mengapa sulit
3	Strategi apa yang diterapkan untuk membantu mahasiswa belajar (melatih membuat <i>concept map</i> , mencari sumber daya lain untuk membantu pemahaman mahasiswa?)	Analisis Literatur	Perbaikan komponen inisiasi, diskusi dan tutorial pada Kimia Organik 3
4	Bagaimana Strategi Belajar Mahasiswa yang mengambil mata kuliah Kimia Organik 3?	Survei	Komponen strategi belajar di perguruan tinggi

Responden mahasiswa yang terlibat berasal dari mereka yang terdaftar mengambil tuton mata kuliah Kimia Organik 3 pada 2013.1 dan 2013.2, dengan jumlah mencapai 40 orang. Hanya 4 orang mahasiswa yang menjawab kuesioner dengan mengirimkan balik lewat email. Mereka adalah guru kimia yang alih kredit dari S1 atau D3 Kimia non-keguruan yang memilih UT karena fleksibilitas waktu belajarnya yang dapat dilakukan sambil bekerja

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pertanyaan No 1 dan 2 data yang didapat dianalisis secara deskriptif. Untuk pertanyaan No.3 literatur yang didapat dianalisis kesesuaiannya dengan materi Kimia Organik 3 untuk memperbaiki materi inisiasi, diskusi dan tugas.

Untuk pertanyaan mengenai materi mana dari BMP Kimia Organik 3 yang terasa sulit, mengapa sulit, dan bagaimana cara mengatasinya, seorang Dosen Kimia pengajar mata kuliah ini dari institusi lain menjawab dengan sangat rinci sehingga sangat membantu untuk mengembangkan bantuan

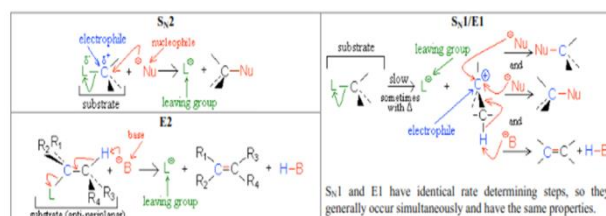
belajar selanjutnya pada 2014. Ada satu mahasiswa yang menjawab dengan rinci untuk setiap pertanyaan tersebut sehingga membantu peneliti untuk mengembangkan bantuan belajar selanjutnya.

Berbagai kesulitan belajar mahasiswa telah diidentifikasi oleh mahasiswa maupun dosen. Menurut dosen tersebut, kesulitan belajar mahasiswa dapat diatasi dengan cara memperbanyak contoh dan latihan, menggunakan model molekul baik yang nyata maupun yang dapat ditampilkan oleh komputer, dan animasi berbagai mekanisme reaksi. Semua saran ini dapat diakses melalui internet, namun kebanyakan berbahasa Inggris.

Hasil survei mengenai kebiasaan belajar mahasiswa dapat menunjukkan bahwa hanya 2 dari 4 mahasiswa itu yang membuat dan mentaati jadwal belajar. Mereka semua guru yang bekerja sambil kuliah sehingga jadwal belajar itu penting. Hanya 1 mahasiswa yang mengaku membuat peta konsep, yang menunjukkan kebiasaan belajar aktif. Membuat peta konsep untuk Kimia Organik 3 memang memerlukan waktu lama kalau dibuat sendiri. Untuk memudahkan, peta konsep itu dapat dicari dari situs web yang relevan seperti pada Gambar 2, mengenai peta konsep perbandingan reaksi Substitusi Nukleofilik, SN1 dan SN2, dan Reaksi Eliminasi E1 dan E2.

Gambar 2: Peta Konsep Perbandingan Mekanisme SN1, SN2, E1, dan E2.

Untuk memperbanyak contoh dan latihan



dapat juga diambil dari berbagai sumber belajar terbuka (*Open Educational Resources* = OER) yang terdapat di internet. Sayangnya hampir semua sumber belajar tersebut berbahasa Inggris.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini didapat data mengenai berbagai kesulitan belajar Kimia

Organik 3 baik menurut pendapat dosen maupun pendapat mahasiswa. Dosen menyarankan berbagai bantuan belajar untuk memahami Kimia Organik 3 antara lain dengan menggunakan model molekul 3 dimensi yang nyata maupun yang virtual di komputer, disamping memperbanyak latihan dan contoh.

Hasil penelitian ini akan digunakan untuk mengembangkan bantuan belajar berupa tutorial online dengan isi yang lebih kaya. Untuk mahasiswa di daerah terpencil yang tidak terjangkau oleh internet, maka sebaiknya tonton dikemas sedemikian rupa sehingga dapat dijalankan secara *offline*.

6. REFERENSI

- Chen, P.; Gonyea, R., & Kuh, G. (2008). Learning at a Distance: engaged or Not? *Journal of Online Education*, 4(3). <http://www.vateonline.info/index.php?+article&id=438>
- Crocker, L & Algina, J. (1986). *Introduction to Classical and Modern Test Theory*. Florida: Holt, Rinehart and Winston, Inc
- Dwiyanti G.; Marfuah, S.; Iqbal, M.; & Parlan (2009). *Kimia Organik 3 PEKI 4416, Buku Materi Pokok*. Jakarta: Universitas Terbuka
- Lanzing, J.W.A. (1997). *The Concept mapping homepage*. http://users.edte.utwente.nl/lanzing/cm_home.htm
- ORGANIC CHEMISTRY I – PRACTICE EXERCISE: Elimination Reactions and Alkene Synthesis* (http://www.utdallas.edu/~scortes/ochem/OChem1_Lecture/exercises/practice_e12.pdf), Diakses pada 1 Juli 2013
- Organic Chemistry: SN2, E2, SN1, E1*, http://www.freelance-teacher.com/organic_chemistry_sn2_sn1_e2_e1.pdf). Diakses pada 1 Juli 2013
- Padmo, D & Pribadi, B. A. (2002). Media dalam Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh. Dalam T. Belawati (Eds). *Pendidikan Terbuka dan Jarak Jauh*, Hal 61-79. Jakarta: universitas terbuka
- Qian, Z. (2004). Using contemporary teaching and learning strategies in Organic chemistry Teaching. *The China Papers*, July 2004
- Universitas Terbuka. (2012). *Katalog Universitas Terbuka 2012*. Jakarta: Universitas Terbuka
- Wahyudi & Ismono. (2007). *Kimia Organik 3 PEKI 4430, Buku Materi Pokok*. Jakarta: Universitas Terbuka

PENGARUH MODEL PEMBELAJARAN KOOPERATIF TIPE JIGSAW DAN MOTIVASI BERPRESTASI TERHADAP HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI KOLOID

Zulaeha M Abdullah¹⁾, Astin Lukum¹⁾, Mangara Sihaloho¹⁾

¹Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: zulaeha_abdullah@yahoo.com

Abstract

This study aimed to determine 1) the difference between the learning outcomes of students taught with cooperative learning model jigsaw and students taught with conventional learning models (lectures) on colloidal material, 2) differences in learning outcomes between students who have high achievement motivation and achievement motivation low on colloidal material, 3) the influence of the interaction between learning models and jigsaw achievement motivation on learning outcomes in the colloidal material. 4) differences in student learning outcomes using jigsaw learning model with the conventional model of learning (lectures) on students who are highly motivated, 5) differences in student learning outcomes using jigsaw learning model with the conventional model of learning (lectures) on students who have low motivation. The sample in this study for the experimental group were 23 students and 23 students as a control group. The results showed that: (1) colloidal learning outcomes of students who take the Jigsaw cooperative learning model higher than students who take conventional learning models (lectures), (2) colloid learning outcomes of students who have high achievement motivation is higher than students who have low achievement motivation, (3) there is an interaction effect between the application of the learning model of achievement motivation on learning outcomes, (4) the students who have high achievement motivation and learning outcomes of students who use learning model jigsaw higher than students taught with conventional learning model (lectures), and (5) the students who have low achievement motivation and learning outcomes of students who use conventional learning models (lecture) is higher than students who were taught by the jigsaw learning model.

Keywords: Cooperative type jigsaw, achievement motivation, learning outcomes chemistry.

PENDAHULUAN

Ilmu kimia merupakan bagian dari Ilmu Pengetahuan Alam (Sains) yang mencakup materi yang amat luas meliputi fakta, konsep, aturan, hukum, prinsip dan teori. Dari cakupan materi kimia tersebut sebagian besar konsep-konsepnya bersifat abstrak, berurutan, berjenjang, dan saling berkaitan (Wulansari, 2012:1).

Tujuan pembelajaran kimia antara lain adalah 1) membentuk sikap positif terhadap kimia dengan menyadari keteraturan dan keindahan alam serta mengagungkan kebesaran Tuhan Yang Maha Esa, 2) memupuk sikap ilmiah yaitu jujur, objektif, terbuka, ulet, kritis, dan dapat bekerja sama dengan orang lain, 3) memperoleh pengalaman dalam menerapkan metode ilmiah melalui percobaan atau eksperimen, dimana peserta didik melakukan pengujian hipotesis dengan merancang percobaan melalui pemasangan instrumen, pengambilan, pengolahan dan penafsiran data, serta menyampaikan hasil percobaan secara lisan dan tertulis, 4) meningkatkan kesadaran tentang terapan kimia yang dapat bermanfaat dan juga merugikan bagi individu, masyarakat, dan lingkungan serta menyadari pentingnya mengelola dan melestarikan lingkungan demi kesejahteraan masyarakat, 5) memahami konsep, prinsip, hukum, dan teori kimia serta saling keterkaitannya dan penerapannya untuk menyelesaikan masalah dalam kehidupan sehari-hari dan teknologi (Widhiyanti, 2008:18).

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat dinyatakan bahwa kimia adalah ilmu yang berguna untuk dipelajari serta memiliki hubungan yang erat dengan kehidupan manusia, khususnya bagi seorang pelajar. Ironisnya, menurut Sunyono dkk (2009:305) kimia dianggap sulit bagi para siswa SMA. Kesulitan ini disebabkan banyak konsep-konsep yang cukup sulit untuk dipahami, yang mencakup reaksi-reaksi kimia dan hitungan-hitungan serta konsep-konsep yang abstrak dan dianggap oleh siswa sebagai materi yang baru dan belum pernah diperolehnya ketika di SMP.

Menurut Gusbandono, dkk (2013:102) bahwa pelajaran kimia merupakan pelajaran yang sulit sehingga siswa merasa kurang mampu mempelajarinya. Dalam mempelajari ilmu kimia siswa menemui kesulitan yang dapat bersumber pada (1) kesulitan dalam memahami istilah, kesulitan ini timbul karena kebanyakan

siswa hanya hafal akan istilah dan tidak memahami dengan benar maksud dari istilah yang sering digunakan dalam pengajaran kimia, (2) kesulitan dengan angka, sering dijumpai siswa yang kurang memahami rumusan perhitungan kimia, hal ini disebabkan karena siswa tidak mengetahui dasar-dasar matematika dengan baik, dan (3) kesulitan dalam memahami konsep kimia.

Dalam proses pembelajaran guru dituntut untuk berinovasi dan kreatif dalam penyampaian materi sehingga siswa lebih bersemangat dalam menerima mata pelajaran. Tetapi kenyataannya, seolah-olah guru hanya bertugas untuk menuntaskan materi tanpa memperhatikan apakah penyampaiannya sudah sesuai dengan yang siswa harapkan atau belum, hal ini menyebabkan melemahnya minat siswa yang berimplikasi pada sikap kurang peduli dalam pembelajaran (Ria, 2012:3).

Menurut Nur (dalam Deswati, dkk, 2012:2) mengatakan salah satu model pembelajaran yang dapat mengaktifkan siswa dan merangsang minat belajar siswa adalah pembelajaran kooperatif. Model pembelajaran ini membentuk kelompok-kelompok belajar dan melibatkan siswa secara aktif dalam proses belajar, dan mempunyai nilai tambah, diantaranya dapat memotivasi siswa untuk belajar dan saling membantu belajar satu sama lain.

Dalam pembelajaran kooperatif terjadi hubungan interaksi antar siswa. Siswa yang kurang pandai atau lemah akan dibantu oleh siswa yang lebih pandai, sehingga akan memperkaya pengetahuan siswa yang diharapkan dan hasil belajarnya dapat meningkat. Menurut Lie (2004:28), model pembelajaran kooperatif berbeda dengan sekedar belajar dalam kelompok. Perbedaan ini terletak pada adanya unsur-unsur dasar dalam pembelajaran kooperatif yang tidak ditemui dalam pembelajaran kelompok yang dilakukan secara asal-asalan.

Dalam model pembelajaran kooperatif terdapat beberapa tipe pembelajaran dan salah satu tipe pembelajaran kooperatif yang menuntut kerja sama antar siswa dalam pembelajaran kimia adalah pembelajaran kooperatif tipe jigsaw. Pembelajaran kooperatif tipe jigsaw merupakan model pembelajaran yang mampu mengajak siswa untuk berpikir secara aktif dan kreatif dalam proses pembelajaran. Dengan menerapkan model pembelajaran ini akan melatih siswa berani

mengemukakan pendapat, bekerja sama, mengembangkan diri, dan bertanggungjawab secara individu, saling ketergantungan positif, interaksi personal dan proses kelompok (Budiawan dan Arsani, 2013:140). Dari penjelasan diatas maka pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dimungkinkan dapat meningkatkan hasil belajar siswa.

Kalangan pendidik dan praktisi pendidikan menyadari bahwa banyak faktor yang mempengaruhi keberhasilan siswa di dalam mengikuti proses belajar mengajar di sekolah. Faktor-faktor yang berpengaruh tersebut adalah faktor internal dan faktor eksternal dan diri siswa itu sendiri. Faktor eksternal yang berpengaruh diantaranya model pembelajaran yang digunakan oleh guru untuk melaksanakan tugasnya yaitu melakukan proses belajar mengajar di kelas. Sedangkan faktor internal yang mempengaruhi hasil belajar siswa salah satu di antaranya adalah motivasi berprestasi siswa (Kristanti, 2010:5).

Motivasi berprestasi siswa dalam mengikuti pembelajaran sangat besar pengaruhnya terhadap keberhasilan belajarnya. Motivasi berprestasi sebagai daya dorong yang memungkinkan seseorang berhasil mencapai apa yang diidamkan. Motivasi berprestasi dapat mendorong keberhasilan siswa dalam proses pembelajaran dikelas.

Motivasi berprestasi siswa yang tinggi dapat menunjang ketercapaiannya hasil belajar, akan tetapi motivasi berprestasi siswa yang rendah merupakan hambatan yang dapat berakibat pada hasil belajar siswa yang rendah (Ria, 2012:2).

Dari uraian diatas, maka tujuan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui 1) perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dan siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada materi koloid, 2) perbedaan hasil belajar antara siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi dan motivasi berprestasi rendah, pada materi koloid dalam pembelajaran kimia pada materi koloid, 3) pengaruh interaksi antara model pembelajaran jigsaw dan motivasi berprestasi terhadap hasil belajar pada materi koloid. 4) perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi tinggi, 5) perbedaan hasil belajar siswa yang

menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi rendah.

KAJIAN LITERATUR DAN HIPOTESIS

Menurut Irham dan Wiyani (2013:124) belajar merupakan sebuah proses yang dilakukan oleh individu siswa untuk memperoleh informasi, pengetahuan-pengetahuan baru ataupun keterampilan dari lingkungan sekitarnya. Individu dikatakan telah belajar apabila telah ada perubahan yang nyata menuju keadaan yang lebih baik, dalam bentuk adanya perubahan struktur kognitif, afektif, atau psikomotorik.

Menurut Nana Sudjana (dalam Kristanti, 2010: 44) hasil belajar adalah kemampuan-kemampuan yang dimiliki siswa setelah ia menerima pengalaman belajarnya. Hasil belajar yang dicapai siswa setelah melakukan kegiatan terdiri dari tiga aspek yaitu: (1) Aspek kognitif yang mencakup keterampilan-keterampilan intelektual, informasi dan pengetahuan; (2) Aspek afektif menekankan pada sikap, nilai, perasaan, dan emosi; dan (3) Aspek Psikomotor berhubungan dengan keterampilan motorik, manipulasi benda atau kegiatan yang memerlukan koordinasi syaraf (Kristanti, 2010:41).

Suharsimi Arikunto (dalam Kristanti, 2010: 45) berpendapat bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil belajar siswa dibedakan menjadi dua jenis yaitu: faktor-faktor yang bersumber dari dalam diri manusia dapat diklasifikasikan menjadi dua, yakni faktor biologis dan faktor psikologis. Yang dapat dikategorikan faktor biologis antara lain: usia, kematangan, dan kesehatan. Sedangkan yang dapat dikategorikan sebagai faktor psikologis adalah kelelahan, suasana hati, motivasi, minat dan kebiasaan belajar. Faktor-faktor yang bersumber dari luar diri manusia dapat diklasifikasikan menjadi dua juga, yakni faktor manusia (human) dan faktor non manusia seperti alam, benda, hewan, dan lingkungan fisik.

Salah satu faktor psikologis yang mempengaruhi hasil belajar siswa adalah motivasi berprestasi. Istilah motivasi berasal dari bahasa Latin "movere" yang berarti menggerakkan. Hal ini sesuai dengan pendapat Stress dan Porter dalam Sardiyono (Afifuddin, 2008: 233) yaitu *the term "motivation" was*

originally derived from the latin word movere, which mean "to move", yang mengandung pengertian bahwa motivasi berasal dari "movere" yang berarti menggerakkan (Afifuddin, 2008: 233).

Menurut Irham dan Wiyani (2013: 56-57) motivasi pada dasarnya merupakan motor penggerak dan pemberi arah serta tujuan yang hendak dicapai. Namun, konsep dasar dari pengertian motivasi yang juga penting adalah memberikan ketahanan untuk tetap berjalan pada tujuan yang akan dicapai sampai benar-benar dapat tercapai. Motivasi yang tinggi dapat mengarah dan menggiatkan siswa untuk mengikuti proses belajar mengajar. Motivasi yang tinggi akan sangat mungkin muncul pada siswa ketika adanya keterlibatan siswa yang tinggi dalam proses pembelajaran.

Motivasi berprestasi menurut B. Uno (dalam Susanti 2011: 34), adalah motivasi untuk berhasil dalam melakukan suatu tugas atau pekerjaan, motivasi untuk memperoleh kesempurnaan. Motivasi semacam itu merupakan unsur kepribadian dan perilaku manusia, sesuatu yang berasal dari dalam diri manusia yang bersangkutan. Motivasi berprestasi adalah motif yang dipelajari sehingga motif itu dapat memperbaiki dan dikembangkan melalui proses belajar. Motivasi berprestasi sangat dipengaruhi terhadap unjuk kerja seseorang, termasuk dalam belajar. Seseorang yang mempunyai motivasi berprestasi yang tinggi cenderung untuk berusaha menyelesaikan tugasnya secara tuntas tanpa menunda-nunda pekerjaannya. Penyelesaian tugas semacam itu bukanlah karena dorongan dari luar, melainkan merupakan upaya pribadi. Berani mengambil resiko, dan orang yang mempunyai motivasi berprestasi tinggi akan cenderung memilih rekan yang tinggi, dan tidak memerlukan rekan kerja yang rendah.

Dari hasil penelitian McClelland menunjukkan karakteristik umum dari orang yang memiliki motivasi berprestasi adalah 1) mencapai keberhasilan lebih penting daripada materi atau imbalan yang finansial, 2) melaksanakan tugas dengan sukses memberikan kepuasan diri yang lebih besar daripada menerima pujian atau pengakuan, 3) keamanan dan kedudukan bukan motivasi utama, 4) menginginkan umpan balik dari pekerjaannya, 5) selalu mencari cara terbaik untuk menyelesaikan sesuatu pekerjaan (Ristanto, 2010: 44).

Ciri-ciri orang yang memiliki motivasi berprestasi antara lain 1) lebih kompetitif 2) lebih bertanggung jawab terhadap keberhasilannya sendiri 3) senang menetapkan tujuan yang menantang tetapi tetap realistis 4) memiliki tugas yang tingkat kesulitannya cukup yang tidak pasti apakah bisa diselesaikan atau tidak 5) Senang dengan kerja interperener yang beresiko tetapi cocok dengan kemampuannya 6) Menolak kerja rutin 7) Bangga dengan pencapaiannya dan mampu menunda untuk memperoleh kepuasan yang lebih besar, sel konsep positif, berprestasi disekolah (Ardani, 2008:13).

Model pembelajaran yang digunakan dalam proses belajar mengajar juga dapat mempengaruhi hasil belajar siswa. Model pembelajaran yang dianggap mampu meningkatkan hasil belajar adalah model pembelajaran kooperatif.

Berdasarkan beberapa penelitian bidang pendidikan dilaporkan bahwa penerapan model pembelajaran kooperatif dapat memotivasi dan melibatkan para siswa dalam proses belajar mengajar untuk meningkatkan hasil pembelajaran (Tsay. M and Brady. M, 2010:85).

Slavin (2005:8) mengemukakan bahwa pembelajaran kooperatif merupakan suatu model pembelajaran dimana para siswa akan duduk bersama dalam kelompok yang beranggotakan empat orang dan anggota timnya heterogen untuk menguasai materi yang disampaikan guru. Setelah belajar dengan kelompok, selanjutnya para siswa akan mengerjakan kuis secara sendiri-sendiri. Dan skor rata-rata kuisnya tinggi mendapatkan penghargaan khusus.

Cara belajar kooperatif jarang sekali menggantikan pengajaran yang diberikan oleh guru, tetapi lebih seringnya menggantikan pengaturan tempat duduk yang individual, cara belajar individual, dan dorongan yang individual. Apabila diatur dengan baik, siswa-siswa dalam kelompok kooperatif akan belajar satu sama lain untuk memastikan bahwa tiap orang dalam kelompok telah menguasai konsep-konsep yang telah dipikirkan (Slavin, 2005:4).

Menurut Slavin (2005:33) tujuan yang paling penting dalam pembelajaran kooperatif adalah untuk memberikan para siswa pengetahuan, konsep, kemampuan dan pemahaman yang mereka butuhkan supaya bisa

menjadi anggota masyarakat yang bahagia dan memberikan kontribusi.

Selain itu, pembelajaran kooperatif juga dikembangkan untuk mencapai setidaknya empat tujuan pembelajaran yaitu hasil belajar akademik, penerimaan terhadap keragaman dan pengembangan keterampilan sosial disamping juga bertujuan untuk meningkatkan kinerja siswa dalam tugas-tugas akademik. Pembelajaran kooperatif juga memberi peluang kepada siswa yang berbeda latar belakang dan kondisi untuk bekerja saling bergantung satu sama lain atas tugas-tugas bersama dan melalui penggunaan struktur penghargaan kooperatif, belajar untuk menghargai satu sama lain. Melalui belajar kelompok, siswa diberi tugas agar dapat menampakkan keragaman anggota kelompoknya baik kemampuan akademik, jenis kelamin, usia, latar belakang sosial, ekonomi dan budaya. Sehingga dengan keragaman tersebut diharapkan terjadi saling tolong menolong diantara siswa dalam memecahkan suatu permasalahan (S, Munarsih; 2012:8).

Pembelajaran kooperatif memiliki ciri-ciri sebagai berikut, 1) kelompok dibentuk dengan kemampuan tinggi, sedang, dan rendah, 2) siswa dalam kelompok sehidup semati, 3) siswa melihat semua anggota kelompok mempunyai tujuan yang sama, 4) siswa membagi tugas dan tanggung jawab yang sama, 5) akan dievaluasi untuk semua, 6) berbagi kepemimpinan untuk bekerja sama, 7) diminta untuk mempertanggungjawabkan individual materi yang ditangani (Husna, 2010:19).

Menurut Slavin (2005:11), terdapat lima tipe pembelajaran kooperatif yang telah dikembangkan dan diteliti secara ekstensif. Tiga diantaranya adalah metode pembelajaran kooperatif yang dapat diadaptasikan pada sebagian besar mata pelajaran dan tingkat kelas yaitu STAD, TGT dan Jigsaw. Dua yang lainnya adalah kurikulum kompherensif yang direncanakan, untuk digunakan dalam mata pelajaran khusus pada tingkat kelas tertentu yaitu CIRC dan TAI.

Jigsaw pertama kali dikembangkan dan diujicobakan oleh Elliot Aronson dan teman-teman di Universitas Texas, dan kemudian diadaptasi oleh Slavin dan teman-teman di Universitas Hopkins. Pada penerapan metode pembelajaran tipe Jigsaw, siswa belajar dalam kelompok kecil secara heterogen dan bekerjasama saling ketergantungan positif dan bertanggung jawab atas ketuntasan materi

pelajaran yang harus dipelajari dan menyampaikan materi tersebut kepada anggota kelompok lain (Rohmawati, 2010:13).

Pada model pembelajaran kooperatif tipe Jigsaw, terdapat kelompok asal dan kelompok ahli. kelompok asal (home team), yaitu kelompok induk siswa yang beranggotakan siswa dengan kemampuan asal dan latar belakang keluarga yang beragam. Kelompok asal merupakan gabungan dari beberapa ahli. Kelompok ahli, yaitu kelompok siswa yang terdiri dari anggota kelompok asal yang berbeda yang ditugaskan untuk mempelajari dan mendalami topik tertentu dan menyelesaikan tugas-tugas yang berhubungan dengan topiknya untuk kemudian dijelaskan kepada kelompok asal (Rohmawati, 2010:13).

Langkah-langkah pembelajaran kooperatif tipe jigsaw adalah a) guru membagi suatu kelas menjadi beberapa kelompok, dengan setiap kelompok terdiri dari 4-6 siswa (kelompok asal) dengan kemampuan yang berbeda-beda baik tingkat kemampuan tinggi, sedang, dan rendah serta jika mungkin anggota kelompok berasal dari ras, budaya, suku yang berbeda serta kesetaraan jender. Jumlah kelompok dalam kelompok asal menyesuaikan dengan jumlah bagian materi pelajaran yang akan dipelajari siswa sesuai dengan tujuan pembelajaran yang akan dicapai. Dalam tipe jigsaw ini, setiap siswa diberi tugas mempelajari salah satu bagian materi pembelajaran tersebut. Semua siswa dengan materi pembelajaran yang sama belajar bersama dalam kelompok (kelompok ahli), dalam kelompok ahli siswa mendiskusikan bagian materi pembelajaran yang sama, serta menyusun rencana bagaimana menyampaikan sama, serta menyusun rencana bagaimana menyampaikan kepada temannya jika kembali ke kelompok asal. b) setelah siswa berdiskusi dalam kelompok ahli maupun kelompok asal, selanjutnya dilakukan presentasi masing-masing kelompok atau dilakukan pengundian salah satu kelompok untuk menyajikan hasil diskusi kelompok yang telah dilakukan agar guru dapat menyamakan persepsi pada materi pembelajaran yang telah didiskusikan. c) guru memberikan kuis untuk siswa secara individual. d) guru memberikan penghargaan kepada kelompok melalui skor penghargaan berdasarkan perolehan nilai peningkatan hasil belajar individual dari skor dasar ke skor kuis berikutnya. e) materi sebaiknya secara alami dapat dibagi menjadi beberapa bagian materi

pembelajaran. Perlu diperhatikan bahwa jika menggunakan jigsaw untuk belajar materi baru maka perlu dipersiapkan suatu tuntutan dan isi materi yang runtut serta cukup sehingga tujuan pembelajaran dapat tercapai (Widyantini, 2006:5-6)

Adapun kelebihan dan kelemahan dari pembelajaran kooperatif tipe jigsaw menurut Wardani adalah 1) dari segi efektivitas, secara umum pada model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih aktif dan saling memberikan pendapat. Karena suasana belajar lebih kondusif, baru dan adanya penghargaan yang diberikan kelompok, maka masing-masing kelompok berkompetisi untuk mencapai prestasi yang baik. 2) siswa lebih memiliki kesempatan berinteraksi sosial dengan temannya. 3) Siswa lebih aktif dan kreatif, serta memiliki tanggung jawab secara individual (Riyanto 2012:23).

Sedangkan kelemahan dari pembelajaran kooperatif tipe jigsaw adalah 1) siswa tidak terbiasa dengan model pembelajaran tipe jigsaw, sehingga proses pembelajarannya menjadi kurang maksimal. 2) alokasi waktu kurang mencukupi. 3) masih ada siswa yang kurang bertanggungjawab, sehingga pelaksanaan pembelajaran kooperatif tipe jigsaw menjadi kurang efektif. 4) kebiasaan adanya pembicaraan yang didominasi oleh seseorang (Riyanto 2012:23).

Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian, dimana rumusan masalah penelitian telah dinyatakan dalam bentuk kalimat pertanyaan.

- 1) Terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dan model pembelajaran konvensional (ceramah).
- 2) Terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi dan siswa yang memiliki motivasi rendah.
- 3) Terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara penerapan model pembelajaran dan motivasi berprestasi terhadap hasil belajar siswa.
- 4) Terdapat perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi.
- 5) Terdapat perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw

dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian eksperimen dalam bentuk *Pretest post-Test Control Group design*, dengan rancangan faktorial 2 X 2. Dalam penelitian ini terdapat tiga variabel yang terdiri dari dua variabel bebas yaitu model pembelajaran dan motivasi berprestasi, dan satu variabel terikat adalah hasil belajar. Variabel perlakuan dalam model belajar (A) dibedakan menjadi dua macam, yaitu: (1) model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw (A1) yang digunakan untuk kelompok eksperimen, dan (2) model pembelajaran konvensional (ceramah) (A2) yang digunakan untuk kelompok kontrol. Selanjutnya variabel moderator adalah motivasi berprestasi (B) dibedakan menjadi : (1) kelompok siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi (B1) dan motivasi berprestasi rendah (B2).

Tabel 3.1 Desain Faktorial

Model Pembelajaran (A)	Jigsaw (A1)	Ceramah (A2)
Motivasi Berprestasi (B)		
Motivasi Berprestasi Tinggi (B1)	A1B1	A2B1
Motivasi Berprestasi Rendah (B2)	A1B2	A2B2

Populasi terjangkaunya adalah semua siswa kelas XI IPA SMA N 2 Gorontalo pada tahun pelajaran 2013/2014. Penentuan sampel dilakukan dalam dua tahap yaitu; dari menentukan kelas XI sebagai subyek penelitian diambil 2 (dua) kelas, yaitu kelas XI IPA 3 dan XI IPA 4. Dilanjutkan dengan penentuan kelompok yaitu kelompok eksperimen dan kelompok kontrol.

Untuk meyakinkan bahwa kedua kelompok, yaitu keolompok eksperimen dan kelompok kontrol setara, masing-masing kelompok ditentukan tinggi dan rendah berdasarkan tes motivasi berprestasi,

dengan ketentuan bahwa ; sebanyak 27% diambil sebagai kelompok bawah, dan 27% dari kelompok tertinggi.

Instrumen pengumpulan data menggunakan angket motivasi berprestasi dan tes hasil belajar kimia pada materi koloid. Sebelum instrumen penelitian digunakan, maka instrumen tersebut perlu untuk diujicobakan terlebih dahulu.

Pengujian tes dilakukan pada 26 orang dari siswa kelas XI IPA 2

SMA N 2 Gorontalo. Hasil tes dipakai dasar pengujian *validitas* butir angket motivasi berprestasi dengan menggunakan rumus *Korelasi Product Moment*, Selanjutnya pengujian terhadap angket motivasi berprestasi, penentuan reliabelitasnya dengan rumus Alpha Cronbach, sedangkan penentuan besaran koefisien reliabilitas tes hasil belajar kimia pada materi koloid yang dilakukan dengan rumus Spearman Brown.

Kemudian untuk pengujian data, menggunakan analisis varian dua jalur atau anava 2x2. Sebelumnya harus sudah memenuhi syarat normalitas yang menggunakan rumus Chi-Kuadrat, sedangkan persyaratan homogenitas menggunakan uji F dan dibuktikan dengan uji Tukey (Q hitung).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data skor angket motivasi berprestasi serta hasil belajar koloid sebagai hasil perlakuan (*treatment*) penerapan pembelajaran kooperatif tipe jigsaw pada kelompok eksperimen dan pembelajaran konvensional (ceramah) pada kelompok kontrol.

Data yang dideskripsikan terdiri dari 4 data: 1) data hasil belajar koloid siswa yang mengikuti model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dengan motivasi berprestasi tinggi, (2) data hasil belajar koloid siswa yang mengikuti model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dengan motivasi berprestasi rendah, (3) data hasil belajar koloid siswa yang mengikuti model pembelajaran konvensional (ceramah) dengan motivasi berprestasi tinggi, (4) data hasil belajar koloid siswa yang mengikuti model pembelajaran konvensional dengan motivasi berprestasi rendah.

Sebelum dilakukan uji hipotesis, sebelumnya dilakukan pengujian prasyarat. Uji prasyarat dalam penelitian ini adalah pengujian normalitas dengan menggunakan rumus Chi-

Kuadrat dan pengujian homogenitas dengan menggunakan rumus uji F. Hasil dari pengujian normalitas menyatakan bahwa masing-masing kelompok data berdistribusi normal, dan hasil pengujian homogenitas menunjukkan bahwa kelompok data adalah homogen.

Disamping itu dilakukan uji N-gain untuk melihat perbedaan peningkatan hasil belajar sebelum dan sesudah diberikan model pembelajaran pada kelas kontrol dan kelas eksperimen.

Tabel 4.15 Hasil Perhitungan N-Gain Kelas Kontrol dan Kelas Eksperimen

	Kelas Kontrol	Kelas Eksperimen
$\sum X$	11,75	13,52
\bar{X}	0,51	0,59
N	23	23

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kelas kontrol memiliki rata-rata nilai N-Gain adalah 0,51 dan untuk kelas eksperimen memiliki nilai N-Gain adalah 0,59. Rata-rata nilai N-gain pada kelas eksperimen maupun kelas kontrol terletak pada kategori sedang. Walaupun demikian rata-rata nilai N-gain pada kelas eksperimen dan kelas kontrol memiliki perbedaan, dimana nilai N-gain pada kelas eksperimen lebih tinggi dari nilai N-gain pada kelas kontrol. Sehingga, terlihat bahwa peningkatan hasil belajar pada kelas eksperimen yang menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih baik, dari kelas kontrol yang menggunakan model pembelajaran ceramah.

Pengujian hipotesis dalam penelitian ini menggunakan analisis varians (ANAVA) dua jalur. Apabila terjadi interaksi, maka dilanjutkan dengan uji Tukey untuk menguji *simple effect*. Secara keseluruhan uji hipotesis penelitian dilakukan dengan menggunakan ANAVA dua-jalur dengan taraf signifikansi 5%.

Dari hasil perhitungan berdasarkan langkah-langkah pengujian hipotesis menggunakan analisis varians (Anava) diperoleh pada Fhitung antar A = 5,0147 dan Ftabel (0,05;1;20) = 4,36. Karena Fhitung > Ftabel maka Ho ditolak dan terima H₁. Hal ini berarti bahwa hipotesis 1 terbukti, yaitu terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang diajarkan dengan metode pembelajaran

kooperatif tipe jigsaw dan metode pembelajaran secara langsung (ceramah).

Temuan ini juga sejalan dengan penelitian oleh Nur Azizah dan I Made Raya Pratama. Dari hasil penemuan hipotesis yang dilakukan oleh Nur Azizah bahwa model pembelajaran jigsaw memiliki hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan metode pembelajaran secara langsung.

Demikian pula yang ditemukan oleh I Made Raya Pratama dalam penelitiannya menemukan bahwa model pembelajaran jigsaw dan model pembelajaran konvensional memiliki hasil belajar yang berbeda. Hasil belajar siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran jigsaw memiliki hasil belajar yang lebih tinggi dibandingkan dengan hasil belajar siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran konvensional.

Hal ini menunjukkan ada pengaruh model pembelajaran jigsaw terhadap hasil belajar siswa. Adanya pengaruh model pembelajaran jigsaw terhadap hasil belajar dikarenakan model pembelajaran jigsaw lebih banyak kelebihannya dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional (ceramah). Salah satunya dengan menerapkan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw ini siswa lebih aktif daripada guru saat proses pembelajaran, dibandingkan dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) dimana siswa lebih pasif.

Untuk hipotesis 2 berdasarkan perhitungan analisis hipotesis menggunakan analisis varian (anova) diperoleh Fhitung antar B = 4,8672 dan Ftabel(0,05;1;20) = 4,36. Karena Fhitung > Ftabel maka Ho ditolak dan terima H₁, yang berarti bahwa terdapat perbedaan hasil belajar antara siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi dan siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah.

Hasil ini juga sejalan dengan temuan oleh Kristanti dan Septian. Kristanti dalam penelitiannya menemukan bahwa siswa yang memiliki motivasi tinggi dan siswa yang memiliki motivasi rendah memiliki perbedaan hasil belajar yang signifikan. Demikian pula temuan dalam penelitiannya Septian. Hal ini berarti terdapat perbedaan hasil belajar antara motivasi berprestasi tinggi dan motivasi berprestasi rendah, semakin tinggi motivasi berprestasi siswa, maka semakin tinggi pula hasil belajarnya. Sebaliknya, semakin rendah motivasi berprestasi, maka akan semakin rendah pula hasil belajarnya. Oleh sebab itu,

motivasi berprestasi merupakan pengaruh yang penting untuk diperhatikan dalam pembelajaran kimia pada materi koloid. Dengan demikian motivasi berprestasi merupakan salah satu faktor yang besar pengaruhnya pada proses dan hasil belajar siswa.

Berdasarkan perhitungan analisis hipotesis menggunakan analisis varian (anova) diperoleh Fhitung antar AB = 51,5885 dan Ftabel (0,05;1;20) = 4,36. Karena Fhitung > Ftabel maka Ho ditolak dan H₁ diterima yaitu terdapat pengaruh interaksi yang signifikan antara penerapan model pembelajaran dan motivasi berprestasi terhadap hasil belajar siswa. Hasil yang diperoleh ini sejalan dengan yang ditemukan oleh I Made dan Ni Wayan Astiti yang dalam penelitiannya menemukan bahwa terdapat pengaruh interaksi antara model pembelajaran dan motivasi berprestasi terhadap hasil belajar siswa.

Dalam penelitian ini, model pembelajaran dan motivasi berprestasi merupakan dua variabel bebas yang mempengaruhi hasil belajar kimia siswa sebagai variabel terikat. Pengaruhnya terhadap hasil belajar kimia siswa, variabel model pembelajaran jigsaw sangat tergantung pada variabel motivasi berprestasi didalam memunculkan hasil belajar siswa. Dalam artian, bahwa pengaruh model pembelajaran terhadap hasil belajar kimia siswa sangat tergantung pada tinggi rendahnya motivasi berprestasi. Kenyataan ini berarti, siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi akan memperoleh hasil belajar kimia yang lebih tinggi bila mengikuti model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw daripada siswa yang diajarkan dengan menggunakan model pembelajaran konvensional (ceramah). Dan untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah, hasil belajar kimia siswa yang diajarkan dengan menggunakan model pembelajaran konvensional (ceramah) lebih baik dari siswa yang diajarkan dengan menggunakan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw. Karena adanya interaksi antara model pembelajaran dan motivasi berprestasi, maka dalam penelitian ini dilanjutkan untuk hipotesis 4 dan 5 dengan menggunakan uji Tukey.

Berdasarkan hasil perhitungan uji lanjut Tukey diperoleh Qhitung = 9,422 dan Qtabel (0,05;1;20) = 2,95. Karena Qhitung > Qtabel maka Ho ditolak dan H₁ diterima yang berarti terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara siswa yang menggunakan model

pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi. Hasil yang diperoleh ini sejalan dengan yang ditemukan oleh I Made perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi.

Hasil belajar kimia siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi yang dibelajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih baik sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi, hasil belajar kimia siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional (ceramah).

Model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw memberi kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan ide-idenya secara sendiri yang melibatkan semua inderanya. Model pembelajaran konvensional (ceramah) lebih menekankan pada kemampuan guru dalam memberikan motivasi ekstrinsik kepada siswa sehingga siswa kelihatan pasif, karena semua sudah diatur oleh guru. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi, hasil belajar kimia siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih baik daripada siswa yang mengikuti pembelajaran dengan model pembelajaran konvensional (ceramah).

Berdasarkan hasil perhitungan uji lanjut Tukey diperoleh $Q_{hitung} = 4,943$ dan $Q_{tabel}(0,05;1;20) = 2,95$. Karena $Q_{hitung} > Q_{tabel}$ maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti terdapat perbedaan hasil belajar yang signifikan antara siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah. Hasil yang diperoleh ini sejalan dengan yang ditemukan oleh I Made perbedaan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah.

Hasil belajar kimia siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional

(ceramah) lebih baik sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah, hasil belajar kimia siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran konvensional lebih baik daripada siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw.

Dari pembahasan masing-masing hasil hipotesis di atas, menunjukkan bahwa untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi, model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw lebih unggul dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa daripada model pembelajaran konvensional (ceramah). Sementara untuk siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah, model pembelajaran konvensional (ceramah) lebih unggul dalam meningkatkan hasil belajar kimia siswa daripada model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw. Hal ini disebabkan karena pada pembelajaran dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw, kegiatan yang menonjol adalah adanya kebebasan pada siswa menyampaikan pengetahuan informal siswa melalui diskusi-diskusi sebagai awal dari proses pembelajaran. Diskusi-diskusi dipakai untuk membangun konsep formal kimia dengan alasan bahwa anak ke sekolah tidak dengan kepala kosong, melainkan sudah membawa ide-ide pembelajaran kimia. Dengan perkataan lain bahwa pengetahuan itu adalah konstruksi dari seseorang yang sedang belajar. Ini berarti, siswa diberi keleluasaan untuk mengekspresikan jalan pikirannya, menyelesaikan masalah menurut dirinya sendiri, mengkomunikasikan-kannya, dan dapat belajar dari ide teman-temannya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan 1) ada perbedaan hasil belajar yang signifikan antara siswa yang diajarkan dengan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dan model pembelajaran konvensional (ceramah), 2) Ada perbedaan hasil belajar yang signifikan antara siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi dan siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah, 3) Ada interaksi yang signifikan antara penggunaan model pembelajaran kooperatif tipe jigsaw dan motivasi berprestasi siswa terhadap hasil belajar siswa, 4) Ada perbedaan yang signifikan hasil belajar siswa yang

menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi tinggi, 5) Ada perbedaan yang signifikan hasil belajar siswa yang menggunakan model pembelajaran jigsaw dengan model pembelajaran konvensional (ceramah) pada siswa yang memiliki motivasi berprestasi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Afifuddin, N. 2008. Perbedaan Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Dan Group Investigation (GI) Terhadap Prestasi Belajar Biologi Ditinjau Dari Motivasi Berprestasi Siswa. *Tesis*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ardani, T.A. 2008. Perbedaan Motivasi Berprestasi, Religius, dan Prestasi Akademik ditinjau dari Jalur seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru, Asal Sekolah, Jenis Kelamin, Asal Fakultas Pada Mahasantri Baru di Mahad Sunan Ampel Al-Aly Universitas Islam Negeri (UIN) Malang. *Penelitian*. Fakultas Psikologi Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim. Malang.
- Budiawan, M. dan Arsani Ni Luh K A. 2013. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw dan Motivasi Belajar Terhadap Prestasi Belajar Ilmu Fisiologi Olahraga. *Jurnal Pendidikan Indonesia* 1(2): 138-144.
- Deswati, N., Risdawati, R., Nurhadi. 2012. Pengaruh Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Terhadap Hasil Belajar Biologi Kelas VII SMPN 2 Lubuk Sikaping Tahun Pelajaran 2011/2012. *Jurnal Penelitian Program Studi Pendidikan Biologi STKIP PGRI Sumatera Barat Jurusan Biologi Universitas Padang*:1-6.
- Gusbandono, T., Sukardjo J.S., Utomo S.B. 2013. Pengaruh Metode Pembelajaran Kooperatif Student Team Achievement Division (STAD) Dilengkapi Media Animasi Macromedia Flash dan Plastisin Terhadap Prestasi Belajar Siswa Pada Pokok Bahasan Ikatan Kimia Kelas X Semester 1 SMA Negeri 1 Sambungmacan Tahun Pelajaran 2012/2013. *Jurnal Pendidikan Kimia* 2(4): 102-109.
- Husna, R. 2010. Pengaruh Model Cooperative Learning Tipe Snowball Throwing Terhadap hasil Belajar Matematika Siswa. *Skripsi*. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta. Jakarta.
- Irham, M., Wiyani N.A. 2013. *Psikologi Pendidikan Teori dan Aplikasi dalam Proses Pembelajaran*. Ar-Ruz Media. Jogjakarta.
- Kristanti, W. 2010. Pengaruh Metode Pembelajaran Kontekstual Terhadap Hasil Belajar Ips Geografi Kelas Viii Smpn 18 Balikpapan Ditinjau Dari Motivasi Belajar Siswa Tahun Pelajaran 2009/2010. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas sebelas maret. Surakarta.
- Lie, Anita. (2004). *Cooperative Learning Mempraktikkan Kooperatif Learning di Ruang-Ruang Kelas*. Jakarta: Grasindo.
- Munarsih, S. 2012. Upaya Meningkatkan Hasil Belajar Matematika Melalui Model Pembelajaran Cooperative Learning Tipe TAI (Team Assisted Individualization) Bagi Siswa Kelas IV SDN Sembung 01 Semester 2 Tahun Pelajaran 2011/2012. *Skripsi*. Universitas Kristen Satya wacana. Salatiga.
- Ria, L.V. 2012. Peningkatan Motivasi Belajar IPS Siswa Kelas VIII dengan Menggunakan Metode Snowball Throwing di SMP N 4 Satuatap Bawang Banjarnegara. *Skripsi*. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta.
- Rini, S.D.W. 2010. Penerapan Metode Pembelajaran Kooperatif Tipe jigsaw untuk Meningkatkan Hasil Belajar. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Ristanto, R.H. 2010. Pembelajaran Berbasis Inkuiri Terbimbing dengan Multimedia dan Lingkungan Riil Ditinjau Dari Motivasi Berprestasi dan Kemampuan

- Awal. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Riyanto, A. 2012. Efektivitas Model Cooperative Learning Tipe Jigsaw Terhadap Hasil Belajar Mata Pelajaran IPS Pada Siswa Kelas V Sekolah Dasar Negeri Pendowo 03 Kab Temanggung. *Skripsi*. Universitas Kristen Satya Wacana. Salatiga.
- Rohmawati, A. 2010. Efektivitas Model Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw Pada Pembelajaran IPS Terpadu Hasil Belajar Siswa kelas VIII SMP Negeri 1 Slogohimo Di Kabupaten Wonogiri. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Slavin, R E. 2005. *Cooperative Learning*. Nusa Media. Bandung.
- Sunyono, Wiryana I.W., Suyanto E., Suyadi G. 2009. Identifikasi Masalah Kesulitan dalam Pembelajaran Kimia SMA Kelas X di Propinsi Lampung. *Jurnal Pendidikan Jurusan PMIPA FKIP Unila*: 305-317.
- Susanti, A. 2011. Pembelajaran Kimia Dengan Menggunakan Pendekatan CTL Melalui Metode Eksperimen dan Pemberian Tugas Ditinjau Dari Motivasi Berprestasi dan Kreativitas Siswa. *Tesis*. Program Pascasarjana Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Tsay, Mina and Brady, Miranda. 2010. A case study of cooperative learning and communication pedagogy. *Journal of the scholarship of Teaching and Learning* 10 (2): 78-89.
- Widhiyanti. 2008. *Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan*. http://file.upi.edu/Direktori/FPMIPA/JUR_PEND_KIMIA/198108192008012-TUSZIE/WIDHIYANTI/4_KTSPku.Pdf.
- Widyantini. 2006. *Model Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Kooperatif*. Departemen Pendidikan Nasional. Yogyakarta.
- Wulansari, N.S. 2012. Pemetaan Struktur Pengetahuan Siswa Untuk Mengukur Kemampuan Pemahaman Konsep Laju Reaksi. *Skripsi*. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Yunarwi, L. 2011. Penerapan Model Pembelajaran Tipe Jigsaw Untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa Dalam Pembelajaran Biologi Kelas VIII SMP Negeri 16 Surakarta Tahun Pelajaran 2010/2011. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Kemampuan Kognitif dan Afektif Siswa dalam Pembelajaran Kimia

Astin Lukum,¹. Julhim S. Tangio,². Rahman Dunggio³

¹Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
email :astinlukum@gmail.com

²Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: julhim.s.tangio@gmail.com

³Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
email : rdunggio29@gmail.com

Abstract

The process of learning this time tends to be teacher oriented. The teacher is considered as the only major source and all-knowing, while the students are only receipt what the teacher gives. Based on the problem, the teacher was demanded to develop the learning model that can stimulate the students to be more active and critic during learning process in the classroom. The research aimed at finding out the students' affective ability at class XI IPA 1 of SMA Negeri 1 Telaga by using PBSL model. The research was a Mix-Method research by having Sequential Explanatory Design. The research applied experiment method type Pretest-Posttest control group design. The techniques of data collection were test and observation. Then, the data were analyzed through quantitative and qualitative way. The research result showed that there was an increasing of students' cognitive ability after giving treatment bay using PBSL (Problem Based Solving Learning).The students who got the maximal score were 13 students, and the students who got the minimum score were 8 students. Mean while, the affective ability had been developed and entrenched. To conclude, there was an influence of PBSL toward students' cognitive ability at class XI IPA 1 of SMA Negeri 1 Telaga and learning by using PBSL learning made the students affective ability at class XI IPA 1 of SMA Negeri 1 Telaga better.

Keywords: *Affektive, Cognitive, Mix-Method, PBSL*

1. PENDAHULUAN

Berdasarkan temuan dilapangan proses pembelajaran yang diterapkan selama ini baik kurikulum KBK dan KTSP masih terkesan hanya berpusat pada guru (*teacher oriented*). Dimana guru dianggap satu-satunya sumber utama dan serba tahu, sedangkan siswa hanya menerima apa yang diberikan oleh guru, sehingga berdasarkan konsep diatas maka hal ini membuat guru kesulitan dalam mengembangkan model pembelajaran didalam kelas sehingga dengan demikian maka ceramah merupakan satu-satunya model pembelajaran pilihan yang dianggap paling cocok dalam strategi pembelajaran. Selain itu juga ada beberapa guru yang menggunakan berbagai model pembelajaran didalam kelas tetapi sampai saat ini belum memenuhi criteria untuk menjadikan siswa menjadi aktif dan bisa menemukan penyelesaian dari masalah yang mereka hadapi, sehingga kemampuan siswa baik

kognitif maupun afektif tidak bisa berkembang selama proses pembelajaran berlangsung. Berdasarkan fakta diatas maka hal inilah yang menyebabkan hasil pembelajaran tidak sesuai dengan harapan, karena siswa hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis dan bertindak pasif, sedangkan guru bertindak aktif dalam memberikan informasi. Pembelajaran saat ini hanya menitik beratkan pada penilaian aspek pengetahuan atau kognitifnya saja. Aspek sikap dan penerapannya sering dilupakan tetapi berdasarkan tujuan pendidikan aspek afektif/sikap juga merupakan hal yang sangat penting dalam mendukung kualitas pendidikan.

Kedua aspek yang telah disebutkan diatas pada dasarnya merupakan hal yang sangat penting dalam menunjang kualitas sumber daya manusia. Untuk mewujudkan tujuan pendidikan diatas maka pemerintah

berupaya memperbaharui kurikulum yang saat ini sudah mulai diterapkan kurikulum baru yakni kurikulum 2013 yang diharapkan mampu menjawab permasalahan-permasalahan diatas. selain itu juga pengembangan kurikulum 2013, bertujuan untuk mendorong peserta didik atau siswa, mampu lebih baik dalam melakukan observasi, bertanya, bernalar, dan mengomunikasikan (mempresentasikan), apa yang di peroleh atau diketahui setelah siswa menerima materi pembelajaran.

Disamping itu pelajaran kimia adalah salah satu pelajaran yang pada hakekatnya merupakan pengetahuan yang berdasarkan fakta, hasil pemikiran dan produk hasil penelitian yang dilakukan para ahli, sehingga untuk perkembangan ilmu kimia diarahkan pada produk ilmiah, metode ilmiah, dan sikap ilmiah yang dimiliki siswa dan akhirnya bermuara pada peningkatan prestasi belajar siswa.

Berdasarkan hal tersebut maka kemampuan kognif maupun kemampuan afektif siswa dalam pembelajaran kimia sangat penting untuk dikembangkan mengingat kemampuan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran kimia selama ini masih kurang. Oleh karena itu, baik guru maupun calon guru hendaknya mengkaji dan dapat memperbaiki kembali praktik-praktik pengajaran yang selama ini dilaksanakan didalam kelas, yang mungkin hanya sekedar rutinitas belaka.

Pembelajaran kimia diperlukan dalam kehidupan sehari-hari, dan ruang lingkup pembelajaran berhubungan erat dengan lingkungan sekitar. Oleh sebab itu seorang guru harus membutuhkan keahlian atau metode khusus sehingga siswa bisa aktif dalam pembelajaran dan berfikir kritis dalam hal pemecahan masalah-masalah kimia yang erat kaitannya dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini hanya bisa ditempuh oleh model pembelajaran yang diterapkan didalam kelas.

Berdasarkan penjelasan diatas maka bisa kita asumsikan dalam pembelajaran berbasis masalah bahwa permasalahan dijadikan sebagai pemandu, sebagai kesatuan dan alat evaluasi, sebagai contoh, dan sebagai sarana untuk melatih siswa sehingga mampu dalam menghadapi permasalahan yang ada dilingkungan sekitar.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: 1). Untuk mengetahui pengaruh model pembelajaran PBSL (*Problem Based Solving Learning*) terhadap kemampuan

kognitif siswa kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga. 2). Untuk mengetahui kemampuan afektif Kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga menggunakan model pembelajaran PBSL (*Problem Based Solving Learning*)

2. KAJIAN LITERATUR

Vygotsky dalam teorinya mengatakan bahwa kemampuan kognitif berasal dari hubungan sosial dan kebudayaan. Oleh karena itu karena itu perkembangan anak tidak bisa dipisahkan dari kegiatan social dan cultural. Teori Vygotsky mengandung pandangan bahwa pengetahuan itu dipengaruhi situasi dan bersifat kolaboratif, artinya pengetahuan didistribusikan di antara orang dan lingkungan, yang mencakup objek artifak, alat, buku, dan komunitas tempat orang berinteraksi dengan orang lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa perkembangan kognitif berasal dari situasi sosial. (Hendri dkk, 2013: 4).

Tiga konsep yang dikembangkan dalam teori Vygotsky (Hendri dkk, 2013:4): 1). Keahlian kognitif anak dapat dipahami apabila di analisis dan pahami apabila dianalisis dan di interpretasikan secara developmental. 2). Kemampuan kognitif yang di mediasi dengan kata, bahasa, dan bentuk diskursus yang berfungsi sebagai alat psikologis untuk membantu dan menstraformasi aktivitas mental. 3). Kemampuan kognitif berasal dari relasi sosial dan dipengaruhi oleh latar belakang sosiokultural.

Sama halnya dengan Vygotsky, Piaget juga dalam penjelasannya menyatakan bahwa perkembangan kognitif bukan hanya hasil kematangan organisme, bukan pula pengaruh lingkungan semata, melainkan hasil interaksi diantara keduanya. Jean Peaget mengatakan bahwa anak dapat membangun secara aktif dunia kognitif mereka sendiri. Dalam pandangan Piaget, terdapat dua proses yang mendasari perkembangan dunia individu, yaitu pengorganisasian dan penyesuaian (adaptasi). (Nurjanah 2013:12)

Menurut Utari dan Madya (2014:2-3) mengatakan bahwa Ranah Kognitif berisi perilaku yang menekankan aspek intelektual, seperti pengetahuan, dan keterampilan berpikir. Ranah kognitif mengurutkan keahlian berpikir sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Proses berpikir menggambarkan tahap berpikir yang harus dikuasai oleh siswa agar mampu

mengaplikasikan teori kedalam perbuatan. Ranah kognitif ini terdiri atas enam level, yaitu: (1) knowledge (pengetahuan), (2) comprehension (pemahaman atau persepsi), (3) application (penerapan), (4) analysis (penguraian atau penjabaran), (5) synthesis (pemaduan), dan (6) evaluation (penilaian).

Berdasarkan penjelasan yang telah dikemukakan diatas maka dapat disimpulkan bahwa perkembangan kognitif siswa adalah kematangan pengetahuan siswa dalam menata atau mengorganisasi kemampuan kognitifnya dan menggunkan pengetahuan tersebut yang didalamnya memuat pengetahuan, pemahaman, penerapan, analisa, sintesa dan evaluasi.

Agar siswa memiliki integritas pribadi di bidang keilmuannya secara optimal, disamping menguasai substansi bidang keilmuan pada sisi kognitif dan psikomotorik, diperlukan pula penguasaan pada aspek-aspek afektif. Domain afektif kaitannya dengan penguasaan suatu disiplin ilmu yang sedang dipelajari dikemukakan oleh Krathwohl, Bloom, dan Masia sebagai 5 klasifikasi kemampuan afektif. Tiap klasifikasi dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih khusus, meliputi: 1) Menerima, kemampuan ini berkaitan dengan keinginan individu untuk terbuka atau peka pada perangsang atau pesan-pesan yang berasal dari lingkungannya. 2) Merespon (aktif berpartisipasi), Pada tingkat ini muncul keinginan untuk melakukan tindakan sebagai respon pada perangsang tersebut. 3) Menghargai (menerima nilai-nilai, setia kepada nilai-nilai tertentu), Penyertaan rasa puas dan nikmat ketika melakukan respon pada perangsang menyebabkan individu ingin secara konsisten menampilkan tindakan itu dalam situasi yang serupa. 4) Mengorganisasi (menghubung-hubungkan nilai-nilai yang dipercayainya), Individu yang sudah secara konsisten dan berhasil menampilkan suatu nilai, pada suatu saat akan menghadapi situasi dimana lebih dari satu nilai yang bisa ditampilkan. 5) Bertindak/ Pengamalan (menjadikan nilai-nilai sebagai bagian dari pola hidupnya). (Budiningih, 2009 : 6).

Sedangkan menurut Wicaksono (2013:3-4) Secara rinci domain afektif memiliki tingkatan-tingkatan. Pada tingkatan receiving (attending), fokus pembelajaran adalah pada asumsi, artinya pada saat pembelajar diberi penjelasan tentang sebuah fenomena atau diberi stimulus, maka pembelajar akan mau menerima keberadaan

fenomena atau stimulus tersebut. Terdapat 3 (tiga) sub tingkatan, yaitu kesadaran (awareness), kemauan untuk menerima (willingness to receive), dan perhatian tertentu (selected attention).

Dari berbagai penjelasan yang telah diuraikan diatas bisa disimpulkan bahwa kemampuan afektif adalah kemampuan yang dimiliki oleh seseorang yang berkaitan dengan aspek-aspek emosional yang ada dalam dirinya seperti perasaan, sikap dan minat yang didalamnya mencakup tingkatan perilaku dari perilaku penerimaan, perilaku merespon, perilaku menghargai, perilaku mengorganisasi hingga perilaku bertindak.

Lidinillah (2014:3) mengatakan bahwa pembelajaran Berbasis Masalah memiliki gagasan bahwa pembelajaran dapat dicapai jika kegiatan pendidikan dipusatkan pada tugas-tugas atau permasalahan yang otentik, relevan, dan dipresentasikan dalam suatu konteks. Cara tersebut bertujuan agar siswa memiliki pengalaman sebagaimana nantinya mereka hadapi di kehidupan profesionalnya. Pengalaman tersebut sangat penting karena pembelajaran yang efektif dimulai dari pengalaman konkrit. Pertanyaan, pengalaman, formulasi, serta penyusunan konsep tentang permasalahan yang mereka ciptakan sendiri merupakan dasar untuk pembelajaran.

Jadi, PBM atau PBL adalah suatu pendekatan peng mengmbelajaran yang menggunakan masalah dunia nyata sebagai suatu konteks bagi peserta didik untuk belajar tentang cara berpikir kritis dan keterampilan pemecahan masalah, serta untuk memperoleh pengetahuan dan konsep yang esensial dari materi kuliah atau materi pelajaran.

Menurut Arends (Fachrurazi, 2011:80) pembelajaran berbasis masalah merupakan suatu pendekatan pembelajaran di mana siswa mengerjakan permasalahan yang autentik dengan maksud untuk menyusun pengetahuan mereka sendiri, mengembangkan inkuiri dan keterampilan berpikir, mengembangkan kemandirian, dan percaya diri. Hal senada diungkapkan pula oleh Suryadi (2005) yang menyatakan bahwa pembelajaran berbasis masalah merupakan suatu strategi yang dimulai dengan menghadapkan siswa pada masalah nyata atau masalah yang disimulasikan. Dengan demikian pembelajaran berbasis masalah menghendaki agar siswa aktif untuk memecahkan masalah yang sedang dihadapinya. Agar siswa aktif maka diperlukan

desain bahan ajar yang sesuai dengan mempertimbangkan pengetahuan siswa serta guru dapat memberikan bantuan atau intervensi berupa petunjuk (scaffolding) yang mengarahkan siswa untuk menemukan solusinya.

Menurut Sani (2013;243-245) Metode problem solving sangat potensial untuk melatih siswa berpikir kreatif dalam menghadapi berbagai masalah baik itu masalah pribadi maupun masalah kelompok untuk dipecahkan sendiri atau secara bersama-sama. Siswa belajar sendiri untuk mengidentifikasi penyebab masalah dan alternative untuk memecahkan masalahnya. Tugas guru dalam metode ini adalah memberikan kasus atau masalah kepada siswa untuk dipecahkan. Langkah-langkah pembelajaran PBSL untuk siswa yang belum mampu berpikir tingkat tinggi dapat dirancang sebagai berikut: 1). Guru menjelaskan tujuan pembelajaran. 2). Guru memberikan permasalahan yang perlu dicari solusinya. 3). Guru menjelaskan prosedur pemecahan masalah yang benar. 4). Siswa mencari literature yang mendukung untuk menyelesaikan masalah yang diberikan guru. 5). Siswa menetapkan beberapa solusi yang dapat diambil untuk menyelesaikan permasalahan. 6). Siswa melaporkan tugas yang diberikan guru.

Berdasarkan penjelasan yang telah dikemukakan oleh beberapa ahli diatas maka dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran berbasis masalah atau Pembelajaran Based Solving Learning (PBSL) merupakan model pembelajaran berbasis masalah yang menuntut siswa dapat menemukan masalah sendiri dan dapat menyusun masalah itu sebagai pengetahuan baru.

3. METODE PENELITIAN

1. Jenis dan Desain Penelitian

Jenis penelitian ini berupa penelitian *Mix Methods* yang terdiri dari 3 jenis penelitian yaitu: 1. *Sequential Explanatory Design*, 2. *Sequential Exploratory Design*, dan 3. *Concurrent Triangulation Design*. Pertama *Sequential Explanatory Design* adalah pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif dilaksanakan dalam dua tahap dengan penekanan utama pada metode kuantitatif. Kedua *Sequential Exploratory Design* adalah pengumpulan data kualitatif dilakukan pertama kali dan dianalisis kemudian data kuantitatif dikumpul dan dianalisis. jenis penelitian ini

lebih menekankan pada metode kualitatif, dan yang ketiga *Concurrent Triangulation Design* yaitu dimana peneliti secara bersamaan mengumpulkan data, baik data kualitatif dan data kuantitatif kemudian dianalisis secara bersama-sama kemudian menafsirkan hasilnya untuk memberikan fenomena dan pemahaman yang lebih menarik. (Sirnayatin, 2013:52-53) Berdasarkan teori di atas maka jenis penelitian ini menggunakan jenis penelitian *Sequential Explanatory Design*.

Bentuk penelitian yang akan di lakukan adalah berupa penelitian eksperimen jenis *Pretest-posttest control group design*. Dimana peneliti melakukan pre-test dahulu sebelum melakukan pembelajaran baik kelas eksperimen dan kelas kontrol. Kemudian melakukan post test, untuk kelas eksperimen setelah diberikan perlakuan penerapan model pembelajaran *Problem Based Solving Learning* (PBSL) dan kelas kontrol yang tidak diberikan perlakuan. Kemudian datanya dianalisis. Pengaruh perlakuan bisa dianalisis dengan cara $(X_1-X_2) - (X_3-X_4)$.Oleh karena itu desain penelitian bisa digambarkan sebagai berikut :

Kelas	Pre-test	Perlakuan	Post-test
Eksperimen	X_1	O	X_2
Kontrol	X_3		X_4

Ket:

X_1 = Nilai pretest Sebelum diberi Model pembelajaran PBSL (kelas eksperimen)

X_2 = Nilai Posttest Sesudah diberi Model pembelajaran PBSL (kelas kontrol)

X_3 = Nilai Pretest kelas kontrol

X_4 = Nilai Posttest kelas kontrol

O = Model Pembelajaran PBSL

2. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini adalah

1. Kemampuan Kognitif
2. Kemampuan Afektif
3. Penggunaan model Problem Based Solving Learning (PBSL) dalam pembelajaran Kimia

3. Teknik Pengumpulan data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada jenis penelitian *Sequential Explanatory Design* ini dilakukan pengumpulan data secara berurutan. Data kuantitatif dan kualitatif akan saling menunjang satu sama lain. Data pada penelitian ini berupa skor peningkatan kemampuan kognitif siswa

kelas eksperimen dan kelas kontrol sebagai data kuantitatif, dan hasil observasi kemampuan afektif siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol sebagai data kualitatif. Data dikumpulkan dengan menggunakan instrumen dalam bentuk test dan observasi serta dokumentasi. Instrumen test menggunakan skor peningkatan kemampuan kognitif siswa dari pretest ke posttest baik kelas eksperimen dan kelas kontrol dengan rentang skor peningkatan dari 0 s/d 20. instrumen observasi menggunakan observasi terbuka yakni melakukan pengamatan langsung kemampuan afektif siswa selama mengikuti proses pembelajaran didalam kelas.

4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini terdiri dari analisis data kuantitatif dan analisis data kualitatif. Analisis data untuk perkembangan Aspek Kognitif siswa pada materi kimia menggunakan model pembelajaran Problem Based Solving Learning (PBSL) digunakan analisis satatistika yakni uji "t" dua pihak (Sudijono. A, 2010). Analisis data untuk data sikap siswa dianalisis secara Deskriptif kualitatif dengan tahapan sebagai berikut: 1) Reduksi Data, 2). Display Data, 3). Menyimpulkan Data.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kemampuan Kognitif Siswa

Berdasarkan data yang diperoleh dilapangan, data kemampuan kognitif siswa berasal dari data skor kemampuan kognitif kelas eksperimen (X_1) dan kelas kontrol (X_2). Deskripsi data penelitian dilapangan masing-masing disajikan sebagai berikut:

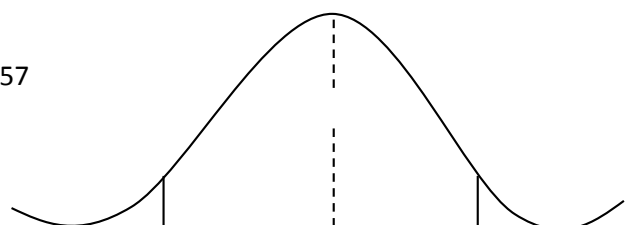
Tabel 4.1 Data Skor Maks, Skor Min, Jumlah, Rata-rata, Standar Deviasi, dan Varians Kemampuan Kognitif Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol Siswa kelas XI IPA SMA N. 1 Telaga

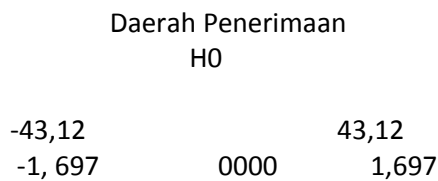
Kelas	N	X_{min}	X_{maks}	JM L	Rat a-rata	Std Devi asi	Varia ns
Eksperi men (X_1)	3 3	8	13	32 6	9,8 7	1,47	2,17
Kontrol (X_2)	3 3	4	11	24 4	7,3 9	1,98	3,94

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas, di peroleh skor maksimal kelas eksperimen yaitu 13 dan skor minimal yaitu 8. Sedangkan kelas kontrol skor maksimal yang diperoleh sebesar 11 dan skor minimal yaitu 4. Hal ini menunjukkan bahwa kelas eksperimen setelah diberikan perlakuan berupa model pembelajaran PBSL skor tertinggi yang diperoleh lebih besar dibandingkan dengan kelas kontrol. Setelah dilakukan analisis diperoleh rata-rata skor kelas eksperimen yakni 9,87, standar deviasi sebesar 1,47 serta varians sebesar 2,17. Sedangkan kelas kontrol memperoleh skor rata-rata sebesar 7,39, standar deviasi sebesar 1,98 dan varians sebesar 3,94.

Berdasarkan uraian diatas, kelas eksperimen yang mendapat perlakuan berupa penerapan model pembelajaran PBSL, skor kemampuan kognitif siswa meningkat. Hal ini jika dibandingkan dengan kelas kontrol yang tidak menerima perlakuan dalam pembelajaran skor kemampuan kognitif sangat rendah. Meningkatnya skor kemampuan kognitif siswa kelas eksperimen ini, bisa dibuktikan dengan nilai rata-rata yang diperoleh setelah diberikan model pembelajaran PBSL sebesar 9,87. Sedangkan kelas kontrol yang tidak menerima perlakuan hanya sebesar 7,39. Oleh karena itu peneliti berasumsi bahwa model pembelajaran PBSL dapat berpengaruh terhadap kemampuan kognitif siswa kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga. Bersamaan dengan asumsi tersebut peneliti masih memerlukan pembuktian terhadap asumsi tersebut. Untuk membuktikan asumsi diatas dapat dilakukan dengan menggunakan analisis varians dalam hal ini menggunakan uji "t" atau pengujian dua rata-rata. Sebelum pengujian dilakukan maka alangkah baiknya dilakukan pengujian persyaratan analisis.

Berdasarkan analisis statistika diperoleh t_{hitung} sebesar 1,79. nilai t_{tabel} pada $\alpha = 0,05$; $dk = n-1$ ($33-1 = 32$) diperoleh sebesar 1,697. Dengan demikian t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} ($t_{hitung} = 1,79 > t_{tabel} = 1,697$). Berdasarkan kriteria pengujian dikatakan bahwa jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ pada $\alpha = 0,05$; $n-1$ tolak H_0 . Oleh karena itu hipotesis alternative atau H_1 dapat diterima, sehingga bisa ditarik kesimpulan bahwa terdapat pengaruh model pembelajaran PBSL (*Problem Based Solving Learning*) terhadap kemampuan kognitif siswa kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga. Kurva penerimaan dan penolakan bisa digambarkan sebagai berikut:





Gambar 4.1. Kurva Penerimaan dan Penolakan H₀

Model pembelajaran PBSL menjadi factor yang mempengaruhi peningkatan kemampuan kognitif siswa dalam pembelajaran didalam kelas. Selain itu penerapan model pembelajaran PBSL membuat siswa lebih terlihat aktif percaya diri dan lebih mandiri. Hal diatas sejalan dengan apa yang telah dikatakan oleh Sani (2013:11) dalam bukunya yang berjudul *Inovasi Pembelajaran*, mengatakan setiap orang telah mempunyai pengetahuan/pengalaman dalam dirinya, yang ternyata dalam bentuk struktur kognitif. Kemampuan belajar siswa banyak ditentukan oleh kemauan, keaktifan dan kemendiriannya.

2. Kemampuan Afektif Siswa

Berdasarkan data yang diperoleh dilapangan, kemampuan afektif siswa yang diobservasi berupa 1). Rasa ingin tahu, 2). Disiplin, 3). Jujur, 4). Obyektif, 5). Terbuka, 6). Teliti, 7). Kritis, 8). Bertanggung jawab, 9). Toleran. dan 10). Peduli lingkungan. Secara keseluruhan hasil observasi disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Hasil Observasi Kemampuan Afektif Siswa Kelas Eksperimen dan Kelas Kontrol Kelas XI IPA SMA Negeri 1 Telaga

No	Kemampuan Afektif	Kelas	
		Eksperimen (X ₁)	Kontrol (X ₂)
1	Rasa Ingin Tahu	Mulai Berkembang	Belum Tampak
2	Disiplin	Mulai Berkembang	Mulai Tampak
3	Jujur	Mulai Berkembang	Mulai Tampak
4	Obyektif	Mulai Tampak	Belum Tampak
5	Terbuka	Mulai Tampak	Belum Tampak
6	Teliti	Mulai Tampak	Belum Tampak

7	Kritis	Mulai Tampak	Belum Tampak
8	Bertanggung Jawab	Mulai Berkembang	Mulai Tampak
9	Kerja Sama	Mulai Berkembang	Belum Tampak
10	Peduli Lingkungan	Mulai Berkembang	Belum Tampak

Berdasarkan tabel 4.2 diatas bisa dilihat bahwa ada 10 sikap siswa yang diobservasi pada saat pembelajaran berlangsung didalam kelas. 1). Sikap rasa ingin tahu siswa menunjukkan bahwa kelas eksperimen mulai berkembang sedangkan kelas kontrol sikap rasa ingin tahu siswa belum tampak. 2). Sikap disiplin, berdasarkan hasil observasi yang dilakukan pada masing-masing kelas eksperimen dan kelas kontrol adalah mulai berkembang dan mulai tampak. 3). Sikap jujur, untuk kelas eksperimen mulai berkembang dan kelas kontrol mulai tampak. 4). Obyektif, berdasarkan hasil observasi yang dilakukan menunjukkan bahwa kelas eksperimen mulai tampak dan kelas kontrol belum tampak. Hal yang sama juga yang ditunjukkan oleh sikap 5). Terbuka, 6) Teliti, 7), Kritis dimana masing-masing untuk kelas eksperimen mulai tampak sedangkan kelas kontrol belum tampak. 8) Sikap bertanggung jawab, 9) Kerja sama, dan 10) Peduli lingkungan masing-masing untuk kelas eksperimen mulai berkembang sedangkan kelas kontrol belum tampak. Berdasarkan hasil observasi dan analisis kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukkan bahwa kelas eksperimen yang menerima perlakuan penerapan model pembelajaran PBSL sikap siswa lebih baik jika dibandingkan dengan kelas kontrol yang tidak menerima perlakuan selama pembelajaran berlangsung.

Secara keseluruhan siswa kelas XI IPA SMA Negeri 1 (kelas eksperimen) dan kelas XI IPA 3 SMA Negeri 1 Telaga (kelas kontrol) yang merupakan subjek dalam penelitian ini mempunyai sikap positif terhadap pembelajaran kimia. hal ini dapat dilihat pada analisis data observasi kemampuan afektif berupa sikap yang menunjukkan bahwa pada umumnya siswa memiliki minat positif terhadap pembelajaran kimia yang berlangsung didalam kelas. Khususnya kelas eksperimen yang diberikan perlakuan penerapan model pembelajaran PBSL dimana siswa merasa

senang hati menerima metode pembelajaran yang digunakan oleh guru. Model pembelajaran PBSL sangat berpotensi untuk melatih peserta siswa berpikir kreatif dalam menghadapi masalah baik itu masalah pribadi maupun masalah kelompok untuk dipecahkan sendiri atau secara bersama-sama. Model pembelajaran PBSL merupakan model pembelajaran yang memberikan rangsangan kepada siswa agar lebih aktif dalam proses pembelajaran didalam kelas. Oleh karena itu guru diharapkan dapat merancang model pembelajaran PBSL dengan baik dan dituntut untuk menilai sikap siswa pada saat pelaksanaan pembelajaran. Sikap siswa yang dilihat atau diobservasi berupa rasa ingin tahu, disiplin, jujur, obyektif, terbuka, teliti, kritis, bertanggung jawab, kerja sama, dan yang terakhir adalah peduli lingkungan.

Berdasarkan penjelasan yang telah diuraikan, dimana model pembelajaran PBSL dapat mengaktifkan siswa, siswa merasa termotivasi untuk berfikir lebih teliti, mempunyai rasa ingin tahu yang tinggi, disiplin, dan bertanggung jawab, dan peduli dengan lingkungan sekitar. serta mempunyai sikap kritis dalam mencari hubungan, memecahkan masalah yang kemudian membuat generalisasi (kesimpulan). Penerapan model pembelajaran yang digunakan didalam kelas, siswa termotivasi untuk aktif dalam diskusi dan lebih aktif lagi dalam memberikan ide atau pendapat dalam proses menemukan konsep-konsep kimia yang dipelajari. Berbeda dengan kelas yang tidak menerima model pembelajaran PBSL, siswa tidak merasa termotivasi dalam berfikir, memberikan ide, bahkan siswa terlihat tidak mempunyai sikap kritis dalam diskusi yang dilaksanakan didalam kelas sehingga proses pembelajaran didalam hanya menoton pada guru yang memberikan materi pembelajaran.

Berdasarkan penjelasan yang dikemukakan diatas maka peneliti bisa menarik kesimpulan bahwa pembelajaran menggunakan model pembelajaran PBSL, dapat membuat kemampuan afektif siswa kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga lebih baik.

3. Analisis Data kuantitatif dan Data Kualitatif

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tahap seblumnya bahwa secara kuantitatif menyatakan bahwa model pembelajaran PBSL yang diterapkan pada kelas

XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga dapat meningkatkan kemampuan kognitif siswa. Data kuantitatif dapat memperkuat data kualitatif, dimana berdasarkan hasil observasi yang telah dilakukan selama empat kali pertemuan pembelajaran menunjukkan bahwa kemampuan afektif siswa kelas eksperimen kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga dari keseluruhan pertemuan pembelajaran menunjukkan mulai berkembang dan membudaya. Sedangkan jika dibandingkan dengan kelas kontrol, berdasarkan hasil observasi dari keseluruhan pertemuan pembelajaran berlangsung sikap siswa kelas XI IPA 3 SMA Negeri 1 Telaga belum tampak meskipun ada beberapa siswa yang mulai tampak. Sikap siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol menunjukan ketika diterapkan model pembelajaran PBSL meningkat. Terdapat data kuantitatif memperkuat data kualitatif.

Hal ini sejalan dengan yang dikatakan oleh Sugiyono (2013 : 449) Analisi data kuantitatif dan data kualitatif dilakukan dengan cara membandingkan antara data kuantitatif hasil penelitian kuantitatif pada tahap pertama dan data kualitatif hasil penelitian kualitatif pada tahap kedua. Melalui analisis kedua data ini maka akan diperoleh informasi, apakah kedua data saling melengkapi, memperluas, memperdalam serta bertentangan. Analisis data yang kuantitatif dan data kualitatif berupa analisis data kemampuan kognitif siswa sebelum dan sesudah diterapkan model pembelajaran PBSL dan data kemampuan afektif selama menerapkan model pembelajaran PBSL berlangsung.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan baik kuantitatif dan kualitatif yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa: 1). Terdapat pengaruh model pembelajaran PBSL (*Problem Based Solving Learning*) terhadap kemampuan kognitif siswa kelas XI IPA 1 SMA Negeri 1 Telaga. 2). Pembelajaran menggunakan model pembelajaran PBSL, dapat membuat kemampuan afektif kelas XI IPA SMA Negeri 1 Telaga lebih baik.

6. REFFERENSI

- Budiningsih, Asri. 2009. Mengembangkan Nilai-Nilai Afektif Dalam pembelajaran. *Jurnal Nasional dalam Seminar Nasional Membangun Nilai-Nilai Kehidupan (Karakter) dalam Pendidikan, yang diselenggarakan di Fakultas Teknik UNY, pada tanggal 28 Juni 2009.*: 5-8
- Fachruzi. 2011. Penerapan Pembelajaran Berbasis Masalah Untuk Meningkatkan Kemampuan Berfikir Kritis dan Komunikasi Matematis Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Nasional dalam Edisi khusus* 1: 80-81
- Gunawan, Imam dan Palupi Anggraini Retno. 2014. Taksonomi Bloom Revisi Ranah Kognitif: Kerangka Landasan Untuk Pembelajaran, Pengajaran, Dan Penilaian. *Jurnal Nasional*.
- Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. 2013. Materi Kepelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013. *Modul Pelatihan Guru Implementasi Kurikulum 2013*.
- Muiz, Dindin Abdul Lidinillah. 2014. Pembelajaran Berbasis Masalah (Problem Based Learning). *Jurnal Nasional*.
- Sani Ridwan Abdullah. 2013. *Inovasi Pembelajaran*. PT Bumi Aksara ; Jakarta
- S. Susiwi. 2007. Pendekatan Pembelajaran Dalam Pembelajaran Kimia. *Jurnal Nasional dalam Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Pendidikan Indonesia*.
- Titin Ariska Sirnayatin. 2013. Membangun Karakter Bangsa Melalui Pembelajaran Sejarah. *Jurnal Nasional Universitas Pendidikan Indonesia*, 49-63
- Sugiono. 2013. *Metode Penelitian Kombinasi (Mixed Methods)*. Alfabeta; Bandung
- Utari Retno. Madya Widya Swara. 2014. Taksonomi Bloom. *Jurnal Nasional*

BAGIAN 4
BIDANG RELEVAN LAINNYA

Perilaku Komunitas Polahi Terhadap Fungsi dan Manfaat Sumberdaya Hutan ditinjau dari aspek Sosial dan Lingkungan.

(Metode Survei Prilaku Komunitas Polahi di Kawasan Hutan Lokasi Desa Bihe Kecamatan Asparaga Kabupaten Gorontalo).

Sukirman Rahim

Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Gorontalo

email: sukirmanrahim@gmail.com

Abstrak

Komunitas Polahi merupakan masyarakatgorontalo yang sudah terasing dengan memilih untuk menetap dan tinggal di dalam kawasan hutanakibat penjajahan Belanda di Gorontalo. Komunitas ini menggunakan kawasan hutan sebagai tempat hidup dan melansungkan kehidupan. Segala aktivitas mulai dari makan, minum dan bahkan sampai berkembangbiak (melahirkan) dilakukan dalam kawasan hutan. Dalam konsep pengendalian dan keseimbangan hidup hutan sangat memberikan fungsi dan manfaat. Kehidupan sosial yang dilakukan komunitas polahi di dalam kawasan hutan akan memberikan dampak pada ekosistem hutan. Tujuan penelitian ini untuk mengupayakan memberikan pemahaman tentang kehidupan sosial yang sewajarnya dan manfaat lingkungan kawasan hutan terhadap komunitas polahi. Metode yang digunakan adalah survey dengan pendekatan fenomenologis untuk mendapatkan gambaran secara menyeluruh terhadap perilaku komunitas polahi.

Hasil dari penelitian ini yang dibantu mahasiswa sebagai enumerator dilapangan, terdapat pemahaman dan prilaku komunitas ini yang tidak sesuai dengan norma kehidupan sosial masyarakat normal. Menggunakan hukum rimba untuk hidup, siapa kuat dia yang memimpin, menikah dengan pertalian darah, tidak mengenal sisi kehidupan beragama, belum tersentuh dengan dunia pendidikan, membukan lahan kawasan hutan secara berganti-ganti dan tidak menerima masyarakat dari luar kawasan hutan.

Kata Kunci : Polahi, Hutan, Lingkungan, Sosial

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang di dominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Kehutanan adalah sistem pengurusan yang bersangkutan paut dengan hutan, kawasan hutan dan hasil hutan yang diselenggarakan secara

terpadu. Kawasan hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan/atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Hasil hutan adalah benda-benda hayati, non hayati dan turunannya serta jasa yang berasal dari hutan (UU No. 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan, bab I tentang Ketentuan Umum, pasal 1 butir 1, 2, 3, 10, dan 11).

Tingkat kerusakan hutan akibat aktivitas masyarakat seperti berkebun, mencari rotan dan menambang secara liar merupakan pilihan hidup yang dilakukan

mereka. Masyarakat mengklaim lahan di kawasan hutan sebagai sumber hidup mereka. Klaim yang dilakukan masyarakat lokal sering menimbulkan konflik dengan perusahaan yang telah memiliki izin pengelolaan hasil sumberdaya hutan. Perbedaan persepsi ini antara masyarakat lokal dan perusahaan telah memperparah kondisi biofisik kawasan hutan. Konflik yang terjadi di kawasan hutan bersumber pada masalah ekonomi. Karakter dan potensi konflik sering lebih kompleks dan dinamis serta berdampak negatif. Masyarakat menuntut hak atas pemanfaatan kawasan hutan mengingat keberadaan mereka sudah lama berada di kawasan tersebut.

Provinsi Gorontalo banyak memiliki kawasan hutan yang memiliki potensi keanekaragaman hayati yang tinggi. Kawasan Hutan Nantu, merupakan salah satu kawasan hutan di Gorontalo yang memiliki keanekaragaman flora dan fauna yang endemik. Seperti hewan babi rusa, pohon rako besar raksasa tumbuh dan saling berdekatan satu sama lain, disamping pohon rako ini tumbuh tanaman rimba lainnya, tidak menyisakan ruang bagi sinar matahari jatuh ke tanah. Terdapat burung dan serangga khas Sulawesi seperti Burung Julang Sulawesi (*Rhyticeros Cassidix*). Hutan hujan tropis yang masih dikatakan perawan (alami) di Gorontalo berada di Kawasan Hutan Nantu. Hutan ini merupakan kekayaan dunia yang sangat penting, karena Nantu merupakan salah satu dari sedikit hutan di Sulawesi yang masih utuh. Berbagai jenis pohon lainnya yang banyak dijumpai di kawasan hutan Nantu selain pohon raksasa Rako (*Dracontomelum Dao*), Nantu (*Nyatoh*), pohon Inggris (*Eucalyptus Deglupta*) juga tumbuh batang rotan yang menjadi kebutuhan masyarakat sekitar.

Keberadaan hutan Nantu tidak lepas dari berbagai macam masalah tentang lingkungan ekosistemnya. Selain memiliki kekayaan sumberdaya alam hayati, di dalam kawasan hutan Nantu pun

memiliki sumberdaya alam berupa emas. Sumberdaya alam yang berlebihan ini merupakan sumber konflik Antara masyarakat sekitar kawasan hutan, masyarakat pendatang, perusahaan dan pemerintah daerah. Saat ini status kawasan Hutan Nantu akan dinaikkan menjadi Taman Nasional. Penanganan konflik di atas membutuhkan partisipasi semua stakeholder, mengingat kawasan Hutan Nantu terletak diantara 3 kabupaten yaitu Kabupaten Gorontalo, Kabupaten Gorontalo Utara dan Kabupaten Boalemo. Berdasarkan identifikasi lapangan berdasarkan dari beberapa penelitian dan literature, ternyata di dalam kawasan hutan Nantu terdapat berbagai macam masalah. Seperti penambangan emas ilegal, pencurian rotan, pembukaan kawasan untuk perkebunan, pencurian kayu gelondongan dan perburuan satwa secara liar.

Khusus kawasan Nantu yang berada di Kabupaten Gorontalo tepatnya di bagian Pegunungan Boliyohuto Kecamatan Asparaga Desa Mohiolo dan Bihe merupakan desa yang berada di sekitar kawasan hutan Nantu. Khusus desa Bihe merupakan desa paling ujung di Kabupaten Gorontalo. Hal yang paling menarik di Kawasan Hutan Nantu ini adalah kehidupan Komunitas Masyarakat tradisional yang disebut dengan POLAHI. Polahi dalam bahasa Gorontalo berarti orang-orang pelarian. Sebutan Polahi ini bukan berasal dari komunitas Polahi. Suku Polahi yang telah beranak pinak di pedalaman hutan ini hidup jauh dari peradaban kapitalisme modern atau neoliberalisme. Masyarakat polahi, yang diperkirakan paling sedikit 110 kepala keluarga di antaranya berada di dalam di sekitar hutan atau pegunungan, adalah salah satu kelompok utama penduduk negeri ini yang menjadi korban penjajahan Belanda. Di sisi lain penindasan ini pula berlanjut di jaman Orde Baru baik di bidang ekonomi, politik, hukum, maupun di bidang sosial

dan budaya lainnya. Kondisi ini menjadi demikian ironis karena pada kenyataannya masyarakat polahi merupakan elemen dalam struktur negara–bangsa (*nation-state*) Indonesia. Perlakuan tidak adil ini bisa dilihat dengan sangat gamblang dari pengkategorian dan pendefinisian sepihak terhadap masyarakat polahi sebagai "masyarakat terasing", "peladang berpindah", "masyarakat rentan", "masyarakat primitif" dan sebagainya, yang mengakibatkan percepatan penghancuran sistem dan pola kehidupan mereka, secara ekonomi, politik, hukum maupun secara sosial dan kultural.

1.2. Tujuan dan Urgensi

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Untuk mengetahui perilaku komunitas polahi dalam memanfaatkan kawasan hutan sebagai tempat melakukan aktivitas hidup.
2. Untuk mengetahui fungsi dan manfaat sumberdaya hutan bagi komunitas polahi dalam rangka membangun kehidupan sosial dan lingkungan.

Urgensi dari penelitian ini adalah. Komunitas polahi ini dalam konteks kehidupan sosial masyarakat merupakan bagian yang tidak boleh dilupakan. Komunitas ini harus menjadi prioritas pemerintah daerah dalam membina dan memberi kehidupan yang layak. Memang jika dari hasil temuan dilapangan bahwa komunitas ini tidak lebih dari 200 KK, tetapi bukan alasan untuk tidak memberikan pemahaman dan pengetahuan bagi komunitas ini. Hutan sangatlah akrab dan dekat dalam sisi kehidupan komunitas ini tetapi sumberdaya hutan bukan habitat yang layak untuk hidup bagi sekelompok manusia. Jika dari sisi perilaku yang kurang bersentuhan dengan kehidupan sosial maka sudah selayaknya kita untuk memberikan sentuhan tentang kehidupan

sosial dan pendekatan lingkungan bagi komunitas polahi. Sisi lain jika kita tidak memberikan pemahaman maka terbuka lebar ancaman terhadap kerusakan kawasan hutan. Olehnya melalui penelitian ini dapat memberikan gambaran bahwa komunitas ini perlu disentuh dengan pemahaman kehidupan sosial untuk merubah tatanan kehidupan masyarakat yang lebih baik.

2. KAJIAN LITERATUR

2.1. Fungsi dan Manfaat Kawasan Hutan

Hutan mempunyai fungsi dan manfaat yang sangat besar bagi kelangsungan makhluk hidup terutama manusia. Fungsi hutan adalah untuk mengambil karbon dioksida dari udara dan menggantinya dengan oksigen yang diperlukan makhluk lain. Oleh karena itu hutan disebut paru-paru dunia. Manfaat hutan sebagai penyimpan keanekaragaman hayati dan sebagai pengatur hidrologi untuk kehidupan dibawahnya, serta dapat melepaskan oksigen untuk pernapasan. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 41 tahun 1999 tentang kehutanan, yang dimaksud dengan hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya alam hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan

Jenis-Jenis Hutan di Indonesia

A. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Iklim :

1. Hutan Hujan Tropika, adalah hutan yang terdapat didaerah tropis dengan curah hujan sangat tinggi. Hutan jenis ini sangat kaya akan flora dan fauna. Di kawasan ini keanekaragaman tumbuh-tumbuhan sangat tinggi. Luas hutan hujan tropika di

Indonesia lebih kurang 66 juta hektar Hutan hujan tropika berfungsi sebagai paru-paru dunia. Hutan hujan tropika terdapat di Pulau Sumatra, Kalimantan, Sulawesi, dan Papua.

2. Hutan Monsun, disebut juga hutan musim. Hutan monsun tumbuh didaerah yang mempunyai curah hujan cukup tinggi, tetapi mempunyai musim kemarau yang panjang. Pada musim kemarau, tumbuhan di hutan monsun biasanya menggugurkan daunnya. Hutan monsun biasanya mempunyai tumbuhan sejenis, misalnya hutan jati, hutan bambu, dan hutan kapuk. Hutan monsun banyak terdapat di Jawa Tengah dan Jawa Timur.

B. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Variasi Iklim, Jenis Tanah, dan Bentang Alam :

1. Kelompok Hutan Tropika :
 - a. Hutan Hujan Pegunungan Tinggi
 - b. Hutan Hujan Pegunungan Rendah
 - c. Hutan Tropika Dataran Rendah
 - d. Hutan Subalpin
 - e. Hutan Pantai
 - f. Hutan Mangrove
 - g. Hutan Rawa
 - h. Hutan Kerangas
 - i. Hutan Batu Kapur
 - j. Hutan pada batu Ultra Basik
2. Kelompok Hutan Monsun
 - a. Hutan Monsun Gugur Daun
 - b. Hutan Monsun yang Selalu Hijau (Evergren)
 - c. Sabana

C. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Terbentuknya

1. Hutan alam, yaitu suatu lapangan yang bertumbuhan pohon-pohon alami yang secara keseluruhan merupakan persekutuan hidup alam hayati beserta alam lingkungannya. Hutan alam juga disebut hutan primer, yaitu hutan yang terbentuk tanpa campur tangan manusia.
2. Hutan buatan disebut hutan tanaman, yaitu hutan yang terbentuk karena campur tangan manusia.

D. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Statusnya

1. Hutan negara, yaitu hutan yang berada pada tanah yang tidak dibebani hak atas tanah.
2. Hutan hak, yaitu hutan yang berada pada tanah yang dibebani hak atas tanah. Hak atas tanah, misalnya hak milik (HM), Hak Guna Usaha (HGU), dan hak guna bangunan (HGB).
3. Hutan adat, yaitu hutan negara yang berada dalam wilayah masyarakat hukum adat.

E. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Jenis Tanamannya

1. Hutan Homogen (Sejenis), yaitu hutan yang arealnya lebih dari 75 % ditutupi oleh satu jenis tumbuh-tumbuhan. Misalnya: hutan jati, hutan bambu, dan hutan pinus.
2. Hutan Heterogen(Campuran), yaitu hutan yang terdiri atas bermacam-macam jenis tumbuhan.

F. Jenis-Jenis Hutan di Indonesia Berdasarkan Fungsinya

1. Hutan Lindung
Hutan lindung adalah kawasan hutan yang

mempunyai fungsi pokok sebagai perlindungan sistem penyangga kehidupan.

2. Hutan Konservasi.

Hutan Konservasi adalah kawasan hutan dengan ciri khas tertentu, yang mempunyai fungsi pokok pengawetan

keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya.

Hutan konservasi terdiri atas :

a. Hutan Suaka alam adalah hutan dengan ciri khas tertentu yang mempunyai fungsi pokok sebagai kawasan pengawetan

keanekaragaman tumbuhan, satwa dan ekosistemnya serta berfungsi sebagai wilayah penyangga kehidupan. Kawasan hutan suaka alam terdiri atas cagar alam, suaka margasatwa dan Taman Buru.

b. Kawasan Hutan pelestarian alam adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik didarat maupun di perairan yang mempunyai fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan, pengawetan keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa, serta pemanfaatan secara lestari sumber alam hayati dan ekosistemnya. Kawasan pelestarian alam terdiri atas taman nasional, taman hutan raya (TAHURA) dan taman wisata alam.

3. Hutan Produksi

Hutan produksi adalah kawasan hutan yang diperuntukkan guna produksi hasil hutan untuk memenuhi keperluan masyarakat pada umumnya serta pembangunan, industri, dan ekspor pada khususnya. Hutan produksi dibagi menjadi tiga, yaitu hutan produksi terbatas (HPT), hutan produksi tetap (HP), dan hutan produksi yang dapat dikonversikan (HPK).

2.2. Kehidupan Sosial Masyarakat sekitar Kawasan Hutan

Kehidupan sosial masyarakat disekitar kawasan hutan digambarkan oleh Haris Kurniawan dalam penelitiannya tentang KEMISKINAN DI DALAM DAN SEKITAR KAWASAN TAMAN NASIONAL KERINCI SEBLAT DI KABUPATEN PESISIR SELATAN (PERILAKU DAN STRATEGI BERTAHAN HIDUP) tahun 2007.

Perilaku Masyarakat

Dalam proses pembentukan perilaku dipengaruhi oleh persepsi atau pengetahuan masyarakat mengenai sesuatu yang akan mereka lakukan. Oleh karena itu perlu dibicarakan terlebih dahulu mengenai persepsi dan pengetahuan masyarakat terhadap kawasan TNKS

a. Persepsi Masyarakat Terhadap Kawasan TNKS

Menurut Sumardi (dalam Salim, 2003) bahwa persepsi seseorang terhadap lingkungan sangat berpengaruh pada model interaksinya sehingga dapat timbul sikap menolak, bekerjasama dan atau mengeksploitasi lingkungan secara berlebihan. Ini bisa dicontoh dengan sebuah kawasan lindung. Bila masyarakat memandang kawasan

indung sebagai penghalang, masyarakat akan gagal langkah-langkah pelestariannya dengan berbagai upaya. Jika kawasan lindung menguntungkan atau memberi manfaat kepada masyarakat, maka masyarakat akan ikut bekerjasama dalam melindungi kawasan dari kegiatan yang merusaknya.

Untuk mengetahui bagaimana persepsi masyarakat sekitar terhadap

kawasan TNKS, telah dikumpulkan data mengenai setuju atau tidak masyarakat terhadap kawasan TNKS mengenai akibat penentuan kawasan terhadap pendapatan masyarakat dan pengetahuan tentang manfaat kawasan TNKS. Hasil penelitian tersebut dapat disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Persepsi Masyarakat Miskin dan Masyarakat Non Miskin

No	Persepsi	Masyarakat Miskin			Masyarakat Non Miskin		
		Setuju	Ragu- ragu	Tidak setuju	Setuju	Ragu- ragu	Tidak setuju
1	Memasuki kawasan TNKS tanpa izin	39	12	10	26	2	12
2	TNKS dapat mengurangi bencana	57	4	0	35	5	0
3	TNKS sebagai sumber air	57	4	0	36	4	0
4	Hewan boleh diambil	3	6	52	6	4	30
5	Tumbuhan boleh diambil	6	6	49	9	2	29
6	Pengawasan rutin dari pemerintah	59	2	0	40	0	0
7	Keinginan untuk memperbaiki kerusakan kawasan TNKS	46	6	9	30	6	4
8	Dengan adanya kawasan TNKS menyebabkan pendapatan masyarakat menurun	39	10	12	20	1	19

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Akan tetapi sebagian dari masyarakat menyatakan bahwa semenjak ditetapkan TNKS sebagai kawasan taman nasional semenjak tahun 2003 atau kayu yang terdapat tidak dapat diolah lagi menyebabkan penurunan pendapatan masyarakat. Sebagian besar (82,4%) dari responden yang terdapat di Kampung Koto Langang menyatakan pendapatan masyarakat menurun akibat adanya TNKS ini. Namun sebaliknya sebagian masyarakat yang berada di Kampung Ngalau Gadang (58,0%) menyatakan

bahwa tidak terjadi penurunan pendapatan masyarakat atau tidak mempengaruhi ke pendapatan masyarakat. Bahkan dengan adanya kawasan TNKS dapat meningkatkan pendapatan masyarakat secara tidak langsung dimana kawasan TNKS merupakan sebagai sumber air untuk areal persawahan mereka. Untuk lebih lengkapnya alasan masyarakat yang berhubungan dengan kawasan TNKS terhadap pendapatan mereka dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Alasan Masyarakat Tentang Hubungan TNKS Dengan Penurunan Pendapatan Masyarakat

No	Alasan	Ngalau Gadang		Koto Langang		
		Miskin	Tidak miskin	Miskin	Tidak miskin	
1	Setuju	15	2	24	18	
	• Menghambat aktivitas ke lading	6	1	0	3	
	2	• Tidak bisa menambah lahan untuk peladangan	9	1	15	6
3	• Tidak bisa mengolah kayu	0	0	9	9	
1	Tidak setuju	10	19	2	0	
	• Tidak mengganggu ke masyarakat	0	4	1	0	
	2	• Sebagai sumber air	6	7	0	0
	3	• Menyebabkan tidak tergantung kepada hutan lagi	1	2	0	0
	4	• Mencegah longsor atau bencana alam	1	4	0	0
	5	• Menyebabkan bisa mencari usaha lain	2	2	1	0
	Ragu-ragu	3	1	7	0	

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Dari pendapat masyarakat terlihat bahwa persoalan utama pada masyarakat terhadap adanya TNKS adalah menyebabkan penurunan pendapatan masyarakat ini disebabkan karena tidak dapat menambah luas lahan melalui perambahan kawasan TNKS. Ini terkait dengan mata pencaharian masyarakat yang terdapat disekitar kawasan TNKS yaitu peladang atau petani. Oleh karena itu diperlukan kebijakan pemerintah untuk mengatasi masalah yang dihadapi oleh masyarakat dengan mengoptimalkan lahan yang dapat diolah

dan hasil hutan non kayu melalui kebijakan di sektor pertanian misalnya pembuatan sarang lebah madu atau dengan mencari alternatif mata pencaharian yang dapat menambah atau meningkatkan pendapatan masyarakat.

b. Perilaku Masyarakat Terhadap Kawasan TNKS

Untuk mengetahui bagaimana perilaku masyarakat yang terdapat disekitar kawasan TNKS dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perilaku Rumah Tangga Miskin Dan Rumah Tangga Non Miskin Terhadap Kawasan TNKS

No	Pertanyaan	RT Miskin		RT Non Miskin	
		Ya	Tidak	Ya	Tidak
1	Pernahkah bapak masuk ke dalam kawasan TNKS	53	8	28	12
2	Tahukah bapak batas kawasan TNKS	24	37	25	15
3	Apakah bapak melarang jika ada orang merusak kawasan TNKS	22	39	22	18
4	Pernahkah bapak memburu binatang di dalam kawasan TNKS	18	43	9	31

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Alasan masyarakat tidak mau menegur atau melarang disebabkan oleh kenyataan bahwa masih banyak aparat yang mancukongi atau ikut terlibat dalam kegiatan ini dan juga sebagian tokoh masyarakat ikut serta. Dan juga menunjukkan bahwa rumah tangga miskin tidak mengetahui atau kurang tahu fungsi dan manfaat adanya TNKS. Ini diperlihatkan dari persentase rumah tangga miskin yang tidak mengetahui manfaat dan fungsi kawasan TNKS sebanyak 54,1%. Oleh karena itu, perlu

dilakukan penyuluhan kepada rumah tangga miskin tentang fungsi dan manfaat TNKS sehingga dapat berkurang terjadinya perilaku negatif terhadap kawasan TNKS.

Rumah tangga miskin maupun non miskin hampir sama banyak menjawab pernah melakukan perburuan binatang baik burung maupun binatang lainnya seperti rusa atau kijang. Dimana rumah tangga miskin mengatakan pernah sebanyak 29,5% sedangkan rumah tangga non miskin sebanyak 22,5%.

Tabel 4. Tujuan Masuk Ke Dalam Kawasan TNKS

No	Tujuan	RT Miskin	RT Non Miskin
1	Memburu burung	10	3
2	Memburu binatang	5	3
3	Pergi ke Alahan Panjang	15	11
4	Mencari obat	2	0
5	Mengambil kayu untuk masyarakat	0	2
6	Pergi ke ladang	15	4
7	Mencari rotan, manau dan dama	6	5

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Tabel 4 menunjukkan bahwa rumah tangga miskin banyak memburu burung dan binatang dari pada rumah tangga non miskin. Namun dalam melakukan penebangan kayu lebih banyak rumah tangga non miskin lakukan karena rumah tangga non miskin mempunyai alat untuk menebang kayu (*chainsaw*) yang digunakan sebagai bahan bangun rumah untuk masyarakat dalam kampung. Di Ngalau Gadang terdapat sebuah mesin *chainsaw*

sedangkan di Kampung Koto Langang terlapat sebanyak 5 buah.

Strategi Bertahan Hidup

Dalam sebuah kehidupan, ada waktu yang baik dan ada waktu yang susah. Pada waktu yang baik, pendapatan rumah tangga miskin akan relatif cukup baik dalam memenuhi kebutuhan hidup dibandingkan pada saat tingkat pendapatan di waktu susah. Dan keadaan susah ini harus dihadapi oleh rumah

tangga miskin dan dapat terjadi sepanjang tahun. Namun di sisi lain, sebuah rumah tangga harus dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya melakukan berbagai strategi yang dilakukan sesuai dengan kemampuan dan potensi segala sumber daya yang mereka miliki.

Hasil penelitian yang diperoleh mengenai strategi yang digunakan oleh rumah tangga miskin dalam bertahan hidup adalah sebagai berikut.

a. Keuangan

Strategi bertahan hidup yang digunakan dalam menghadapi masalah keuangan oleh rumah tangga miskin dilakukan dengan beberapa cara yaitu pertama, melakukan peminjaman uang kepada kawan atau induk semang (85,3%). Kedua, berutang ke warung (72,1%) yaitu mengambil barang dengan membayar kemudian bila sudah ada uang baru membayar. Dan ini dapat berlanjut terus menerus atau dapat disebut dengan istilah tutup lubang, gali lubang. Akan tetapi, rumah tangga paling miskin tidak

bisa mempertahankan hidup dengan menggunakan strategi pertama atau kedua karena orang yang akan memberikan utang tidak bersedia sehingga mereka terpaksa melakukan strategi untuk mempertahankan hidup dengan strategi berhemat(54,1%). Cara ini dilakukan karena ada beberapa alasan kepala rumah tangga tidak mau berutang yaitu

- a. Untuk membayar utang belum tentu bisa karena penghasilan tidak menentu.
- b. Disebabkan oleh tidak ada yang mau meminjamkan uang karena kondisi dan keadaan rumah tangga yang tidak dapat membayar utang.
- c. Disebabkan oleh kepala rumah tangga lebih baik tidak makan daripada berutang kepada orang lain.

Untuk mengetahui jumlah yang menggunakan strategi tersebut, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Strategi Rumah Tangga Miskin Berkaitan Dengan Masalah Keuangan

No	Strategi berkaitan dengan keuangan	Rumah tangga miskin	
		Ya	Tidak
1	Meminjam uang	52	9
2	Berutang ke warung	44	17
3	Berhemat	33	28

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Dari Tabel 5 menunjukkan bahwa rumah tangga miskin lebih banyak memilih untuk meminjam ke kawan ataupun ke induk semang. Dimana kepala rumah tangga meminjam uang ke kawan atau induk semang kemudian membayar uatang. Utang ini dapat dibayar dengan hasil pertanian yang diperoleh atau bekerja langsung kepada mereka sehingga masing-masing merasa mendapatkan keuntungan dari keadaan ini.

Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang dilakukan Jaya, dkk (2004) bahwa strategi penghematan

banyak digunakan untuk mengurangi jumlah pengeluaran baik untuk makanan seperti dengan menurunkan kualitas dan kuantitas makanan maupun non makanan seperti berobat ke dukun.

a. Anggota Rumah Tangga Bekerja

Untuk mempertahankan hidup, anggota rumah tangga ikut bekerja sehingga dapat meningkatkan penghasilan karena terdapat banyak sumber penerimaan baik istri, anak maupun anggota rumah tangga lainnya. Mereka bekerja ada yang bergerak di sektor perdagangan seperti aktivitas berdagang di rumah, dan ada

juga yang bekerja di lahan pertanian atau menjadi petani penggarap dengan mengharapkan imbalan. Hampir seluruh rumah tangga miskin, istri mereka ikut bekerja.

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa istri yang ikut bekerja pada rumah tangga miskin sebanyak 96,7%, dan anak-anak mereka yang membantu dalam mencari tambahan penghasilan sebanyak 50,8% (untuk lebih lengkap lihat gambar dibawah ini). Bila dilakukan uji beda antara rumah tangga miskin dan non miskin diperoleh bahwa tidak terdapat

perbedaan dalam melakukan strategi karena rumah tangga non miskin juga menggunakan strategi dengan memperkerjakan anggota rumah tangga.

b. Lama Bekerja

Strategi yang digunakan agar sebuah rumah tangga dapat mempertahankan kelangsungan hidup adalah kepala rumah tangga bekerja lebih lama dari pada waktu normal dimana ada sebagian rumah tangga yang bekerja hingga 11 jam per hari dari jam 07.00 hingga 18.00. Untuk lebih jelasnya, lihat tabel dibawah ini.

Tabel. Distribusi Kepala Rumah Tangga Menurut Lama Bekerja

No	Lama bekerja	RT Miskin	RT Tidak miskin	Jumlah
1	5 – 7 jam/hari	17	18	35
2	8 – 10 jam/hari	38	22	60
3	≥ 11 jam/hari	6	0	6

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Kegiatan ini mereka lakukan agar penghasilan yang akan diterima dapat meningkat. Akan tetapi strategi ini juga diiringi dengan strategi pendamping dengan melibatkan anggota rumah tangga untuk ikut membantu perekonomian. Setelah dilakukan uji beda, diperoleh bahwa terdapat perbedaan strategi dimana rumah tangga miskin lebih lama bekerja untuk meningkatkan penghasilan daripada rumah tangga non miskin ($t_{hitung} = 3,420 > t_{tabel} = 1,960$).

c. Kesehatan

Berbicara mengenai kesehatan anggota rumah tangga, pada dasarnya tidak menemukan permasalahan yang berarti. Ini disebabkan penyakit yang diderita selama satu tahun terakhir merupakan penyakit yang biasa ada sepanjang tahun seperti demam, batuk, influenza atau penyakit yang tergolong

ringan. Hanya saja ada penyakit yang timbul akibat pekerjaan seperti sakit punggung. Namun cara yang ditempuh oleh kepala rumah tangga untuk mengobati penyakit berbeda antara Kampung Nagala Gadang dengan Kampung Koto Langang.

Ini disebabkan fasilitas pengobatan yang terdapat di Kampung Nagalau Gadang tidak ada. Sehingga membutuhkan biaya untuk pergi ke puskesmas yang terletak di pusat kecamatan yang menyebabkan masyarakat lebih memilih pengobatan tradisional yakni pergi ke dukun. Sedangkan masyarakat yang tinggal di Kampung Koto Langang lebih banyak memilih pengobatan pergi ke puskesmas. Ini disebabkan fasilitas tersebut berada di dekat perkampungan mereka dan mudah untuk dijangkau. Untuk lebih lengkap dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 14. Strategi yang Digunakan Rumah Tangga Bidang Kesehatan

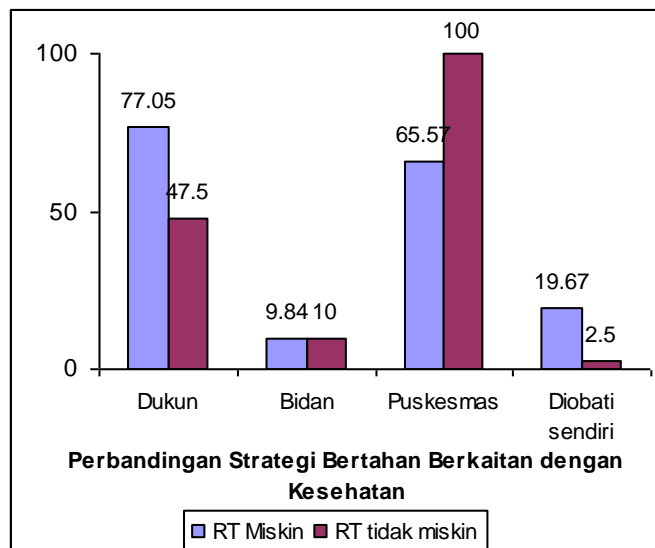
No	Pengobatan	Ya			Tidak		
		RT Miskin	RT Non Miskin	Jumlah	RT Miskin	RT Non Miskin	Jumlah
1	Dukun	47	19	66	14	21	35
2	Bidan	6	4	10	55	36	91
3	Puskesmas	40	40	80	21	0	21
4	Diobati sendiri	12	1	13	49	39	88

Sumber : Diolah dari data primer, 2007

Dari tabel terlihat bahwa strategi yang digunakan oleh rumah tangga miskin diutamakan pergi ke dukun yaitu sebanyak 47 rumah tangga dari 66 rumah tangga yang mengatakan pergi ke dukun. Dan apabila penyakitnya berlanjut, barulah mereka membawa ke puskesmas atau rumah sakit karena biaya untuk berangkat ke puskesmas besar seperti di Kampung Ngalau Gadang, letak puskesmas pembantu berada di pusat kecamatan sehingga untuk biaya pergi ke puskesmas sekitar Rp 30.000,- (pp).

Untuk melihat perbedaan strategi

Dari Gambar 7 terlihat bahwa rumah tangga non miskin memilih puskesmas sebagai tujuan utama berobat selain ke dukun. Apabila dilakukan uji beda mengenai strategi bertahan tentang kesehatan didapatkan bahwa terdapat perbedaan dimana pergi ke dukun (t hitung = 3,057 > t -tabel = 1,960) dan diobati diri sendiri (t hitung = 3,008 > t -tabel = 1,960) merupakan pilihan sebagai strategi bertahan hidup oleh rumah tangga miskin. Sedangkan rumah tangga non miskin sebagai pilihan untuk strategi bertahan hidup berkaitan dengan



Gambar 7. Perbandingan strategi bertahan hidup rumah tangga miskin Dengan rumah tangga non miskin berkaitan kesehatan

yang digunakan oleh rumah tangga berkaitan dengan masalah kesehatan dapat dilihat melalui gambar berikut ini.

kesehatan adalah pergi berobat ke puskesmas atau ke rumah sakit (t hitung = 5,612 > t -tabel = 1,960). Akan tetapi berobat ke bidan tidak terdapat

perbedaan strategi karena sebagian kecil dari rumah tangga yang berobat ke bidan.

d. Sosial

Strategi yang bertahan hidup yang digunakan oleh rumah tangga miskin dalam kaitannya dengan sosial masyarakat adalah membentuk sebuah jaringan sosial. Jaringan sosial terjadi dalam masyarakat pada hakikatnya tidak dapat berhubungan dengan semua manusia. Hubungan yang terjadi terbatas pada beberapa orang tertentu. Setiap orang berhak untuk menentukan, memilih dan mengembangkan hubungan sosial. Hubungan ini dapat berupa hubungan darah, keturunan, pekerjaan, persahabatan, bertetangga dan sebagainya. Salah satu bentuk hubungan sosial yang bersifat hubungan pekerjaan adalah membentuk sebuah kongsi kerja.

Kongsi kerja merupakan sebuah wadah dimana masyarakat secara bersama-sama mengerjakan sebuah ladang salah satu dari anggota kongsi kemudian berlanjut ke anggota kongsi lainnya. Hal ini dilakukan untuk menghemat biaya pengeluaran penanaman pada lahan mereka. Apabila salah satu anggota kongsi tidak dapat hadir atau bekerja karena halangan maka dia harus mencari penggantinya atau membayar berupa uang sebesar Rp 25.000,- kepada anggota yang lain dimana lahannya yang akan dikerjakan secara bersama-sama.

2.3. Kehidupan Komunitas Polahi

Jika ingin melihat potret atau cerita polahi, berikut kondisi kehidupan sosial komunitas polahi yang di tulis oleh Feriyanto Madjowa dan Samsi Pomalingo tahun 2010. Berdasarkan tulisan ini saya ingin mengembangkan penelitian sederhana tentang perilaku komunitas polahi terhadap kawasan hutan.

Potret sosial-budaya Masyarakat Polahi

Potret sosial-budaya masyarakat Polahi atau masyarakat terasing di Gorontalo, mungkin hampir sama dengan potret sosial-budaya masyarakat terasing lainnya di belahan bumi Indonesia. Tradisi ini telah berlangsung lama sejak masyarakatnya membentuk komunitas budaya. Beragam kebiasaan atau tradisi hingga sampai saat ini diwarisi oleh para generasi penerusnya. Adapun tradisi sosial-budaya masyarakat Polahi menurut Madjowa diantaranya: kawin sumbang, Kontak dengan pencari rotan, tidur di dekat perapian, takut kematian, setelah melahirkan langsung bekerja, berteriak di hutan, menjaga harmonisasi alam¹, dan bercocok tanam.

1. Kawin Sumbang

Hal yang unik dalam perkawinan masyarakat Polahi adalah berkembang melalui perkawinan kakak beradik. Hampir semua budaya di bumi ini melarang kawin sumbang (*incest*). Secara genetik, larangan ini berkaitan dengan nilai biologis. Sebab, kawin sumbang berbahaya secara genetik. Namun, demikian ada masanya kawin sumbang justru dianut di kalangan paling atas dalam masyarakat tertentu. Segera setelah penaklukan Iskandar Agung, menurut Donald B. Calne, raja Mesir yang berkebangsaan Yunani menceraikan istrinya untuk kawin dengan adiknya yang perempuan. Hal ini rupanya jadi mode, karena tujuh dari sebelas raja Mesir berkebangsaan Yunani melakukan hal yang sama. Ketika Roma menaklukan Mesir, diadakan sensus, dan didalamnya terungkap bahwa sedikitnya 15 persen dari jumlah perkawinan yang tercatat bersifat sumbang. Perilaku kawin sumbang

¹ Feriyanto Madjowa. *loc.cit*

seperti ini sudah lama dan berkembang dalam komunitas adat kecil suku Polahi di pedalaman hutan-hutan Gorontalo.

Komunitas Polahi tidak mengenal masa pacaran. Intinya: saudara sekandung yang perempuan dan laki-laki, bila sudah akil baliq dapat melakukan persetubuhan (*momeku*). Untuk bersetubuh dilakukan di dalam rumah, baik siang atau malam hari. Biasanya, yang dituakan dalam komunitas ini, bila melihat ada pasangan yang saling tertarik akan memanggil keduanya. Lalu, pasangan itu dimandikan di sungai. Saat memandikan pasangan, ada mantera-mantera yang diucapkan. Di dalam keluarga, baik istri dan suami memiliki kedudukan yang sama. Suami setiap hari bekerja di kebun atau berburu. Kegiatan ini dibantu anak-anaknya. Ibu memasak dan bekerja di kebun. Sesekali istri ikut berburu. Setiap keluarga Polahi mempunyai dua sampai enam anak. Tapi, ada juga yang tidak mempunyai anak. Kalau dalam beberapa waktu, pasangan tak memiliki anak, suami dan istri akan bertukar pasangan dengan yang lain. Dalam satu keluarga, bila mempunyai dua anak laki-laki dan satu wanita, maka yang sulung akan menikah dengan perempuan ini. "Bila pasangan laki-laki tidak ingin bersama lagi, adiknya bisa mengganti menjadi suami," kata Bakiki Mani, seorang tabib

2. Kontak dengan Pencari Rotan

Kontak sosial masyarakat polahi juga berlangsung dengan para pencari rotan dan pemburu disamping dengan komunitas mereka sendiri. Biasanya para pencari rotan atau pemburu datang dan bertemu Polahi dengan membawa garam dapur, gula, pakaian dan barang keperluan lainnya. Barang itu lalu

diberikan ke Polahi. Pencari rotan akan mendapatkan informasi tempat rotan atau hewan buruan. Untuk bertemu dengan komunitas ini, dapat dilakukan melalui Desa Mohiolo. Sebagai orang yang hidup di dalam hutan, kontak Polahi dengan dunia luar terus dilakukan melalui pencari rotan yang memasuki kawasan mereka. Mulanya, ada kelompok Polahi yang tidak mau diganggu kehidupannya. Tapi, karena pencari rotan ini membawa keperluan seperti garam dan bumbu untuk keperluan dapur, lambat laun hubungan baik ini terus dijalin. Pencari rotan membawa keperluan hidup sehari-hari dan Polahi memberikan informasi lokasi rotan. Polahi menyebut pencari rotan ini dengan *dahangi* (pedagang). Jadi, tak perlu heran bila melihat Polahi sudah ada yang mengenakan pakaian. Pakaian ini selain hasil barter, juga pemberian penduduk di sekitar pemukiman mereka. Orang kampung biasanya membujuk mereka untuk hidup bersama dan tak kembali lagi ke hutan. Tapi, mereka tak mampu hidup lama di pemukiman yang jauh dari hutan. Apalagi, bila tak ada pohon yang ridang. Polahi ini akan jatuh sakit.

Menurut seorang Antropolog Alex John Ulaen ada kebiasaan yang tak bisa ditolak saat bertemu dengan komunitas ini. Bila mereka menginginkan sesuatu, sepatu misalnya, akan langsung diambil. Mereka akan tersinggung bila itu tidak diberikan. Apa saja yang dibawa dan diinginkan mereka harus diserahkan. Kalau alasan kuat, sepatu itu tidak diberikan, dianggap tak mau bersahabat dengan mereka.² Setelah melakukan kontak yang intens dengan pencari rotan dan penduduk di kampung, mereka pun mulai mengenal sabun

²Lihat Alex J Ulaen, 2003, Nusa Utara dari Lintasan Niaga ke Daerah Perbatasan.

mandi, cuci, hand body, samphoo bahkan minyak rambut. Bahan-bahan ini juga yang digunakan pencari rotan untuk melakukan barter dan memperlancar kontak. Kebiasaan yang lain, kalau memberikan sesuatu tak boleh hanya untuk satu orang saja. Semua anggota keluarga harus pula mendapatkan, meski itu dalam jumlah kecil. Bila hanya seorang saja mendapat sesuatu dari pendatang, tak akan ada keakraban dengan mereka.

Di pagi hari anak-anak sudah bangun dari tidurnya. Air dingin yang ada di rumah langsung diminum. Lalu mereka pergi ke kebun dan memberi makan ayam peliharaan. Tanah yang akan digunakan untuk menanam jagung, digemburkan. Bibit jagung dipilih untuk ditanam. Anak-anak ini kemudian melanjutkan kegiatannya dengan mencari kayu bakar. Beberapa pencari rotan, menawarkan agar anak-anak itu disekolahkan di kampung. Tapi, mereka tak mau disekolahkan. "Kalau mereka sekolah, tak ada lagi yang membantu kami bekerja," ucap Bakiki Mani.

3. Tidur Didekat Perapian

Matahari baru saja kembali ke peraduan. Setelah makan singkong rebus, tanpa banyak bicara, anak-anak komunitas Polahi menuju tempat tidur. Jangan membayangkan mereka ini tidur di kasur yang empuk. Tak ada bantal guling. Yang menjadi alas tidur hanyalah kayu nibong yang sudah dibelah dan diletakkan berderet. Anak-anak ini tidur didekat perapian yang juga merangkap sebagai tempat air, mencuci, peralatan makan dan memasak. Kebiasaan ini berlangsung sampai dewasa dan mempunyai pasangan.

Dengan jarak yang hanya sejengkal dari kaki anak-anak Polahi yang sudah tidur, tampak asap yang mengepul. Beberapa kawat yang digantung untuk tempat memasak,

kelihatan hitam pekat. Kawat itu dikaitkan pada sebatang kayu besar. Selain itu, terdapat tempat memasak. Komunitas ini telah mengenal belanga untuk memasak. Untuk berkebun mereka menggunakan parang, pacul dan linggis. Alat-alat ini diperoleh dari dari kampung atau barter dengan pencari rotan.

Anak-anak Polahi hidup tanpa pakaian dan rambut sebau. Ketika tim dari Departemen Sosial dan Universitas Sam Ratulangi melakukan penelitian tahun 1995 lalu, komunitas ini sudah mengenakan pakaian. Sebelum mengenakan pakaian, untuk menutup tubuh, mereka memakai *tombito*. Hanya lokasi mereka bermukim saja yang sudah berpindah.

4. Takut Kematian

Banyak orang Gorontalo percaya Polahi memiliki kekuatan dan kesaktian. Tapi, komunitas yang percaya setan (bukan Tuhan) ini sangat takut dengan kematian. Orang-orang pelarian berkeyakinan bahwa hutan belantara penuh dengan makhluk gaib. Setan sebagai penguasa hutan, mendatangkan rezeki dan bencana. Segala kegiatan komunitas ini tergantung pada setan yang disebut *lati*. *Lati* yang tertinggi kedudukannya, yakni *pulohuta* atau raja setan. Makhluk halus inilah yang dianggap menguasai manusia. Inti ajaran komunitas ini, tergantung pada mimpi orang yang dituakan (pemimpin atau *olongia*). Selain itu, orang yang diyakini kebenarannya. Karena itu, bila di malam hari ada yang bermimpi buruk, sebagai misal, melihat setan yang sedang marah, maka kegiatan esok hari ditiadakan. Tak ada yang pergi berburu, meramu sagu, dan bepergian. Begitu pula di malam hari. Kalau bermimpi setan yang sedang ramah dan bercakap-cakap dengan baik, maka kegiatan akan terus dilakukan. Niat mereka untuk bekerja atau suatu ada rencana berburu terus dilakukan. Mimpi pulalah yang membawa mereka akan

menerima tamu atau tidak. Bila dalam mimpi, tampak murka setan, orang yang datang tidak akan diterima dengan baik. Bahkan akan dicelakai. Sebab, pendatang ini dianggap akan mendatangkan bencana bagi kehidupan komunitas. Selain mimpi, Polahi percaya dengan tanda-tanda alam. Suara burung hantu (*maluo maluwo*) diyakini akan mengabarkan yang baik dan buruk. Suara burung akan membawa pertanda tamu yang datang itu beritikad baik atau tidak.

Burung hantu (Manguni) menjadi perlambang bagi banyak etnis di Sulawesi, antara lain kultur Gorontalo dan Minahasa. Bahkan orang Eropa menganggap burung ini sebagai lambang kebijaksanaan. Sebab, burung ini menjadi penunjuk keberuntungan dan kesialan.

Peran *olongia* sangatlah mempengaruhi kehidupan komunitas ini. *Olongia* dipilih karena kekuatan, baik fisik dan spiritual yang dimilikinya. Pranata sosial dan interaksi komunitas ini sama sekali belum mengikuti hukum nasional. Kesaktian yang dimiliki *olongia* diperoleh turun-temurun. Dalam mengatur suksesi kepemimpinan, siapa yang memiliki kepandaian ilmu gaib, dianggap *olongia*. Seorang ayah yang *olongia*, akan menurunkan kepandaiannya kepada anaknya.

Kematian seperti inilah yang paling ditakuti Polahi. Ketakutan akan kematian menghinggapi semua komunitas ini. Menurut bakiki Mani salah seorang polahi yang dituwakan bahwa “Kematian anggota kami pertanda bencana,” Kalau ada yang meninggal, mereka akan memilih tempat bermukim yang baru. Sebab, kematian dianggap suatu kehidupan yang buruk. Biasanya, *olongia* akan mengurus kematian. Polahi yang meninggal, sebelum dikuburkan akan dimandikan. Lalu dibungkus dengan tikar (*lomuli*) atau dedaunan. Lokasi pemakaman akan

ditandai dengan dua batu. Setelah proses pemakaman, komunitas ini akan memilih tempat bermukim yang baru, masih di dalam hutan. Melalui jalan setapak dari Desa Molohu, komunitas ini dapat ditemukan di punggung gunung Bitua. Menuju Bitua harus melewati sungai berkali-kali. Berangkat dengan berjalan kaki pukul 04.00 dini hari, akan tiba di lokasi komunitas ini pukul 17.00 sore. Sebelum bermukim di Bitua, mereka tinggal di Puloli atau Gunung Pangga. Siklus tempat bermukim ini, sangat tergantung dengan kematian. Lokasi lainnya yang pernah mereka diami, antara lain, punggung Gunung Sakulati, Langge, Limu, Oile dan Tumba.

5. Setelah Melahirkan Langsung Bekerja

Bagi komunitas Polahi yang sakit, biasanya dimandikan di sungai. Saat memandikan yang sakit, ada mantera yang diucapkan. Selain itu, yang sakit diberi ramuan dari tumbuh-tumbuhan. Seorang perempuan Polahi, meski dalam keadaan hamil tua tetap melakukan kegiatan, antara lain, bekerja di kebun atau memasak. Mereka berhenti bekerja saat melahirkan.

Biasanya, perempuan yang akan melahirkan ini dibuatkan *bandayo* (pondok kecil) didekat sumber air. Dedaunan juga disiapkan sebagai alas ditempat tidur. Untuk memotong tali pusar, dengan menggunakan *dunito* (kulit bambu yang disayat). Setelah bayi lahir, tali pusar langsung dipotong dengan *dunito*. Bekas pusar yang dipotong diberi *alawahu* (kunyit). Hanya dalam beberapa saat, bekas luka dipusar akan sembuh. Ada pun *yiliala* atau *dodome* akan dikuburkan didekat *bandayo* tempat melahirkan.

Perempuan yang baru melahirkan ini akan langsung bekerja. Tak ada masa istirahat atau memulihkan tenaga. Mereka bekerja seperti hari

sebelumnya. Saat ada kelahiran atau kematian, Polahi tak mengadakan upacara atau kegiatan istimewa. Pengucapan syukur hanya dilakukan saat panen besar. Ini dilakukan semua anggota komunitas dengan membuat semacam sesajian hasil panen.

Sajian itu sebagai ungkapan syukur dan diletakkan di pohon atau dekat batu besar. Yang memimpin acara, selain olongia juga ada yang disebut sanggamau. Tidak ada larangan bagi anggota komunitas yang tak ikut acara tersebut. Tapi, mereka percaya bagi yang tak ikut kegiatan tersebut akan mendapat petaka.

6. Berteriak di Hutan

Jangan berteriak di dalam hutan. Sebab, bila ada yang berteriak di dalam hutan, itu sebagai penanda harus menerima murka setan. Komunitas Polahi percaya bila ada orang yang berteriak di hutan akan mendatangkan kemarahan setan. Petaka yang akan menimpa, yakni terserang penyakit dan angin topan yang disertai hujan deras. Komunitas ini juga menabukan bila ada yang membuang kotoran. Mereka ini melarang yang membuang air besar dan kecil di sungai didekat tempat bermukim.

Kemana air mengalir bukan persoalan komunitas ini. Cuma, jangan sembarangan membuang kotoran di sungai. Sebab, air sungai merupakan sumber kehidupan bagi komunitas ini. Polahi meminum langsung air sungai, tanpa harus memasaknya lebih dulu. Selain itu, air sungai menjadi tempat penyembuhan penyakit. Dengan memandikan seseorang di sungai, itu artinya yang jahat didalam tubuh bisa hilang. Bagi yang melanggar pantangan dengan membuang kotoran di sungai, akan ditimpa bencana: penyakit dan yang merugikan untuk kehidupan. Yang ditakuti komunitas ini kalau ada yang membuang kotoran adalah sanksi dari

pulohuta. Komunitas ini juga masih takut dengan penjajah Belanda. Mereka tak bisa melihat orang berkulit putih. Ada ketakutan bila melihat yang berkulit putih. Mereka juga takut dengan tentara. "Kami takut pada Walanda (Belanda), mereka suka menyiksa dan memotong kepala. Kami takut yang berkulit putih," tutur Timey Halima alias Bapu, ketua di komunitas Polahi.

7. Menjaga Harmonisasi Alam

Hutan menjadi tumpuan kehidupan komunitas Polahi. Merusak hutan berarti menyingkirkan mereka dari kehidupannya. Pilihan tinggal di hutan (*oayua*) lantaran mereka tak bisa hidup tanpa pohon yang rindang dan besar. Ada beberapa alasan kenapa komunitas ini tak ingin hidup di kampung. Di kampung tak ada pohon besar dan sering ada kematian. Tapi, masuknya HPH (Hak Pengusahaan Hutan) dan penebang pohon lainnya praktis telah mengganggu kehidupan Polahi. Di hutan, polahi selalu memelihara dan menjaga harmonisasi (selaras) dengan alam sebagai tempat berpijak. Alam sekitar, terutama sungai dan hutan sangat dipertahankan komunitas ini. Upaya pelestarian alam ini dilakukan karena hal ini menjadi tumpuan menjalani kehidupan. "Kami takut kalau orang-orang datang mengganggu kehidupan dan merusak alam tempat kami hidup," kata Bakiki Mani.

Semua binatang burung, antara lain, babi hutan, babi rusa, anoa, rusa dan ular yang tertangkap, dipotong dulu sebelum dimasak. Saat memotong buruan, sembari membaca: "moyyadi, samadi, ahmadi, sidiki, silula." *apa maksudnya?*

8. Molohidu

Aaa eei ei ooo
Aaa haa ei
Yio ulaito malongoito
Aaa eei ei o
..... u mongohi dadata
Aaa eei eei u mongohi
upotungulo

Aaa eei ei o
Otabi Ilangata
Mongohi dadata
Otabi to ta Monano
Mongohi Motoliango
Aaa eei ei o

Syair di atas menggambarkan ungkapan kasih sayang komunitas Polahi. Kasih sayang ini dihaturkan buat siapa saja yang memberikan bantuan dan bermanfaat bagi mereka. Bantuan ini berupa makanan, pakaian dan peralatan lainnya. Alunan vokal pertama yang disuarakan dipengaruhi alam sekitar “aaa eei ei ooo.” Dialek yang digunakan dalam pantun, juga menjadi bahasa utama Polahi. Logat ini berakar dari bahasa Gorontalo. Namun, tarikan vokalnya mirip dengan lolong anjing hutan atau burung.

Pantun atau *molohidu* ini biasanya dilantunkan saat meramu sagu. Setelah meramu sagu dan beraktivitas di siang hari, pantun kembali dilantunkan di malam senyap. Syair-syair ini tentang keadaan kehidupan dan perasaan komunitas Polahi. Ciri utama yang membedakan vokal pantun ini dengan bahasa Gorontalo pada aksan dan vokalnya.

Saat berbicara, Polahi mengucapkan satu kata dengan tekanan kata yang lambat dengan nada yang panjang. Bahasa Gorontalo asli ini campuran dengan dialek Suwawa dan logat Boalemo. Kata-kata yang diucapkan tak mengandung huruf “R”.

Untuk memanggil rekan mereka yang jauh di dalam hutan, yang diucapkan mirip suara burung. Dalam percakapan sehari-hari, antara yang tua dan muda tak ada tingkatannya. Baik yang muda dan tua, mengucapkan kata yang sama. Tak ada sebutan khusus untuk yang dituakan. Untuk panggilan laki-laki dengan menambahkan kata “te” atau “timey”. Panggilan buat perempuan dengan menambahkan kata “ti” atau “tiley”. Sebagai misal, “te Halima”, “timey halima” atau “ti Halima”, “tiley Halima”.

Komunitas Polahi tak mengenal musik, tari, patung, lukis, arsitektur atau desain busana. Hanya saja, untuk kerajinan tangan dalam keperluan sehari-hari komunitas ini membuat *lomuli* (tikar), *tomula* (tempat menapis), *tolaubu* (tempat beras) dan *kalandi lomalu* (kurungan ayam). Komunitas ini juga tak mengenal perhiasan. Bila ada Polahi yang mengenakan gelang, biasanya orang beranggapan itu mengandung unsur *magic*. Gelang ini terbuat dari rotan atau besi putih yang telah “diisi” dengan kekuatan gaib. Gelang selalu dipakai, terutama, bagi Polahi yang suka turun gunung atau berkelana sendirian di hutan.

9. Bercocok tanam

Masyarakat polahi, sebagaimana masyarakat pada umumnya memiliki mata pencaharian yaitu bercocok tanam atau berkebun. Untuk berkebun mereka menggunakan parang, pacul dan linggis. Alat-alat ini diperoleh dari dari kampung atau barter dengan pencari rotan. Adapun yang mereka tanami adalah tanaman yang mereka butuhkan untuk makanan setiap hari, misalnya singkong, jagung, ketela dan lain-lain. Disamping itu juga mereka menanam cabe, tomat dan sayur-sayuran. Sebagian masyarakat Polahi menjualnya di pasar-pasar perkampungan. Hal yang aneh yang dapat ditemukan dalam perilaku jual beli masyarakat polahi adalah tidak mau ada

tawar menawar dalam pembelian hasil perkebunan. Misalnya kalau harganya Rp. 5.000 tidak boleh ditawar menjadi Rp. 4.500, atau Rp. 4.000. Demikian pula, kalau hasil tanaman mereka harganya Rp. 10.000, jika pembeli ingin membeli dengan harga tinggi misalnya Rp. 15.000 mereka tidak mengijinkannya. Alasannya adalah cukup sederhana, dimana masyarakat Polahi tidak mengenal pecahan uang, yang mereka tau hanyalah angka atau jumlah uang misalnya Rp. 5.000, 10.000, 20.000, 50.000 dan 100.000.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Metode Survai

Penelitian survai adalah suatu penelitian yang menggunakan sampel dan kuesioner sebagai alat pengumpul data. Jadi, metode penelitian survai adalah suatu cara kerja dalam suatu penelitian yang menggunakan sampel dan kuesioner sebagai alat pengumpul data.

3.2. Populasi dan Sampel

Penelitian ini menggunakan populasi semua masyarakat yang berada disekitar kawasan hutan dan komunitas polahi yang masuk dalam wilayah Desa Bihe dan Mohiolo. Dalam menentukan berapa besarnya sampel yang diambil untuk mendapatkan data yang representatif didasarkan pada empat faktor. Pertama, derajat keseragaman dari populasi. Makin seragam populasi, makin kecil sampel yang dapat diambil. Kedua, presisi yang dikehendaki dari penelitian. Makin tinggi tingkat presisi yang dikehendaki, makin besar jumlah sampel yang harus diambil. Ketiga, rencana analisa.

3.3. Waktu dan Lokasi

Kegiatan ini telah dilakukan semester ganjil tahun 2014, sebagai hasil dari pembelajaran mata kuliah

pendidikan lingkungan hidup. Lokasi yang menjadi objek penelitian adalah Desa Bihe dan Mohiolo dengan alasan desa tersebut sangat dengan kawasan hutan Nantu sebagai tempat tinggal komunitas polahi.

3.4. Pengumpulan Data

Data yang dicari dalam penelitian survai dikumpulkan melalui kuesioner. Untuk dapat mencapai tujuan ini, maka cara-cara pengambilan sampel harus memenuhi syarat-syarat tertentu. Namun demikian, yang perlu diperhatikan adalah masalah efisiensi dalam memilih metode pengambilan sampel. Menurut Teiken (Mantra dan Kasto, 1989), metode A dikatakan lebih efisien daripada metode B apabila untuk sejumlah biaya, tenaga dan waktu yang lebih rendah.

3.5. Pengolahan Data

Kuesioner yang merupakan salah satu cara mengumpulkan data dalam penelitian survai belumlah dikatakan sebagai hasil penelitian, ia perlu diolah terlebih dulu. Dalam pengolahan data, jawaban yang terdapat di kuesioner, sebelumnya perlu diberi simbol, berupa angka. Simbol ini selanjutnya disebut kode. Tahap-tahap pertama dalam mengkode adalah mempelajari jawaban responden, memutuskan perlu tidaknya jawaban tersebut dikategorikan terlebih dahulu dan memberikan kode kepada jawaban yang ada.

3.6. Analisis Data

Suatu penelitian dilaksanakan didasarkan atas dasar keinginan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan penelitian atau untuk mengungkapkan fenomena sosial atau fenomena alami tertentu. Untuk mencapai tujuan tersebut, peneliti harus terlebih dahulu merumuskan hipotesa, mengumpulkan data, memproses data, membuat analisa dan interpretasi. Analisa data adalah proses penyederhanaan data ke dalam

bentuk yang lebih mudah dibaca dan diinterpretasikan (Efendi dan Manning, 1989: 263). Analisa data yang paling sederhana dalam statistik adalah analisa satu variabel (tabel frekuensi) dan analisa dua variabel (tabulasi silang).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Bihe merupakan sebuah desa kecil yang berada di kawasan hutan tepatnya di kecamatan Asparaga Kabupaten Gorontalo. Desa ini dihuni kurang lebih 160 warga yang tersebar diseluruh pelosok desa. Ketika pertama kali kami menginjakkan kaki di desa ini, kondisi jalan menuju desa belum di aspal, kami harus menyeberangi sungai dan bukit untuk mencapai desa tujuan kami melakukan penelitian. Di desa ini terdapat sekolah yaitu SDN No. 8 Asparaga, satu-satunya sekolah yang ada di Desa ini. Jumlah Tenaga pengajar yang ada di Sekolah ini terdiri dari 5 orang Tenaga Honorer dan 2 orang Pegawai Negeri Sipil. Termasuk kepala sekolah.

Desa Bihe di pimpin oleh seorang kepala desa yang bernama Rusdin Monoarfa, kami sangat senang berada di desa ini, karena sambutan masyarakat terutama bapak kepala desa yang sangat bersahabat sehingga kami betah berada di desa ini. Kondisi rumah penduduk di desa ini ada yang semi permanen dan ada juga yang masih beratapkan rumbia dan berdinding bambu. Selain itu desa ini belum dijangkau oleh listrik sehingga sebagian masyarakat masih menggunakan mesin Genset dan sebagian lagi menggunakan PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya).

SHasil temuan dilapangan berdasarkan wawancara dari rumah ke rumah. Jarak antara satu rumah dengan rumah yang lainnya kurang lebih 1 km. belum lagi medannya yang menanjak dan harus menyeberangi sungai. Sehingga kami cukup kesulitan untuk menjangkau lokasi yang satu ke lokasi yang lainnya. Selama di perjalanan kami

banyak menemukan ladang penduduk yang ditanami berbagai tanaman diantaranya jagung, kelapa, padi ladang, rempah-rempah, kacang tanah, dan sebagainya. Selain itu juga terdapat hewan peliharaan seperti sapi, ayam, bebek, ikan, dan sebagainya. Selain itu kami juga menemukan hal yang seharusnya tidak boleh di lakukan, yaitu pembakaran hutan untuk membuka lahan baru, sebenarnya ini adalah cara tradisional yang masih digunakan oleh masyarakat. Hal ini mungkin di akibatkan kurangnya kesadaran masyarakat untuk menjaga kelestarian hutan atau masih kurangnya pengetahuan masyarakat untuk menjaga kelestarian lingkungan.

Menurut salah seorang warga yang kami wawancarai sebut saja Bapak Mayus Biki kondisi perekonomian masyarakat di desa ini masih tergolong rendah. Hal ini karena masyarakat hanya menanam tanaman musiman yang hasil panennya tidak menentu, belum lagi bagi masyarakat yang hanya berprofesi sebagai buruh penggarap hal ini tentu menjadi beban karena hasil panen yang tidak seberapa tersebut harus dibagi dua lagi dengan pemilik lahan. Alternatif lainnya ada masyarakat yang pergi ke kampung lain untuk menjadi buruh rumahan seperti buruh cuci, pembantu rumah tangga dan sebagainya. Hal ini sejalan dengan teori penduduk dari Malthus (Suherman Roshidi 2009: hal 89) yang menyatakan bahwa apabila sesuatu daerah dihuni oleh sejumlah penduduk, maka segera timbulah masalah-masalah kependudukan di dalamnya. Hal tersebut disebabkan karena penduduk ingin mengambil makanan dari daerah yang ditempatinya sedangkan daerah itu tergantung pada sumber-sumber yang dikandungnya sehingga kebutuhan penduduk terpenuhi. sama seperti keadaan yang ada di desa Bihe dimana penduduknya sebagian besar berkebun dan bertani akan tetapi hasil dari berkebun dan bertani tersebut

belum mencukupi kebutuhan sehari-hari sehingga akhirnya masyarakat mencari pekerjaan sampingan yang dapat menambah pendapatan sehingga kebutuhan sehari-hari dapat terpenuhi.

Pendapat lain dari Bapak Mayus Biki, tapi kami juga mewawancarai salah seorang warga yang bernama Ibu Risna Deluma. Sehari-harinya Ibu ini membantu suaminya berkebun di lahan dekat rumah mereka. Tanaman yang ditanam yaitu kelapa. Menurut ibu ini buah kelapa dapat di panen sekali dalam dua bulan. Hasil panen tersebut di jual ke pengepul. harga kelapa per buah kurang lebih Rp. 700 untuk ukuran kelapa yang besar, sedangkan yang berukuran kecil di harga Rp. 400 sampai Rp. 500, harga ini cukup murah karena biasanya di kota harga sebutir kelapa adalah Rp. 2500 dalam hal ini tentunya masyarakat mengalami kerugian. Oleh karena itu ibu ini juga bekerja sampingan sebagai buruh cuci demi mencukupi kebutuhan sehari-hari.

Selain berkebun masyarakat juga memelihara hewan peliharaan seperti sapi, ayam, bebek dan kambing yang berasal dari bantuan pemerintah. Sistimnya bagi hasil, artinya di sini pemerintah memberikan bantuan berupa hewan peliharaan kepada masyarakat dan apabila hewan tersebut berkembang biak maka hasilnya harus di bagi dua dengan pemerintah. Begitu pula dengan bibit

tanaman biasanya masyarakat memperoleh bibit jagung, kelapa, dan tanaman lainnya dari pemerintah. Akan tetapi terkait dengan pemberian bibit tanaman tersebut ada salah seorang masyarakat yang mengeluh karena ternyata bibit yang di berikan pemerintah tersebut ketika di panen hasilnya tidak memuaskan sehingga masyarakat mengalami kerugian dan ada juga yang sampai gagal panen. Hal ini dikarenakan bibit yang diberikan pemerintah tidak berkualitas.

Disamping untuk di pelihara dan selanjutnya di jual hewan peliharaan tersebut di gunakan masyarakat sebagai alat transportasi contohnya seperti sapi. Sebagian masyarakat ada yang menggunakan roda sebagai alat transportasi mereka ke ladang. Roda tersebut di tarik menggunakan sapi peliharaan mereka sendiri.

Komunitas polahi ternyata memiliki prilaku yang berbeda hal ini dibuktikan dengan kehadiran salah seorang polahi yang kami jumpai. Hasil wawancara dengan polahi yang dimediasi oleh kepala desa hasilnya adalah ternyata mereka sangat menjaga kelestarian hutan yang mereka tempati. Berbeda dengan masyarakat kita sekarang ini yang pekerjaannya mengeksploitasi hutan.



Gambar 1.8 Tanya jawab dengan salah seorang komunitas “Polahi”

Komunitas polahi ini memiliki kearifan local yang tinggi terhadap kawasan hutan. Hasil temuan lain didapatkan bahwa komunitas ini berpindah-pindah. Tayabu, salah seorang polahi menceritakan bahwa dia kurang mengetahui jumlah saudara kandungnya yang diketahuinya hanya 3 orang.

Kehidupan social yang dibangun oleh komunitas ini kurang memiliki pijakan yang kuat untuk kelangsungan hidup. Prinsip yang dibangun yang penting makan, bekerja dan hidup. Sebagian dari mereka tidak mengenal agama, tidak boleh membaca dan menulis.

Komunitas polahi hanya mengenal hutan sebagai “Oayuwa” (Bahasa Gorontalo) sebagai tempat hidup mereka. Fungsi dan manfaat sumberdaya hutan tidak dipahami, tetapi nilai dari tatanan ekosistem hutan mereka jaga.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Komunitas polahi merupakan asset atau suku yang khas di Gorontalo. Komunitas ini memanfaatkan hutan sebagai tempat melangsungkan kehidupan. Tidak

terbangun tatanan nilai dan norma sosial dalam komunitas ini, tetapi nilai pengembangan lingkungan selalu terjaga. Komunitas ini telah ada sejak zaman belanda saat menjajah Gorontalo. Komunitas ini tersebar di kawasan hutan Nantu dan Taman Nasional Bogani Nani Wartabone.

5.2. Saran

1. Perlu adanya perhatian pada komunitas ini untuk lebih memberikan kehidupan dan interaksi social yang layak.
2. Memberikan pemahaman dan pengetahuan yang bersentuhan dengan teknologi terutama terhadap anak-anak mereka.
3. Perlunya pendekatan persuasive guna memberikan pemahaman akan pentingnya kehidupan sosial.

6. DAFTAR PUSTAKA

Madjowa, Feriyanto dan Samsi Pomalingo, 2010. Kearifan Lokal Masyarakat Polahi Gorontalo. Jurnal Polahi.

Kurniawan, Haris, 2007. Kemiskinan Di Dalam Dan Sekitar Kawasan Taman Nasional Kerinci Seblat Di Kabupaten Pesisir Selatan (Perilaku Dan Strategi Bertahan Hidup). Tesis

GEOLOGI DAERAH SUMALATA DAN SEKITARNYA KABUPATEN GORONTALO UTARA

Muhammad Kasim¹⁾

¹Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
email: muhkasim@ung.ac.id

Abstract

Penelitian dilakukan agar tersediannya informasi geologi daerah Sumalata Timur dengan merekonstruksi tatanan geologi daerah tersebut berdasarkan kenampakan permukaan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksploratif yang merupakan perpaduan antara metode kualitatif dan kuantitatif. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah petrologi dan petrografi. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dijumpai 2 jenis batuan yang mendominasi daerah penelitian, yaitu andesit dan tufa. Kedua jenis batuan ini dijumpai secara selaras dimana tufa dijumpai berada di atas andesit. Hal ini menunjukkan bahwa umur tufa lebih muda dibandingkan dengan andesit.

Keywords: Petrologi, Petrografi, geologi, Sumalata Timur

1. PENDAHULUAN

Pulau Sulawesi secara litotektonik dibagi 3 mandala yaitu Mandala barat, mandala tengah dan mandala timur. Mandala barat dicirikan oleh jalur mgmatik, jalur tengah dicirikan oleh tersingkapnya batuan metamorf yang ditumpangi oleh bancuh yang merupakan bagian blok Australia dan timur dicirikan oleh batuan ofiolit berimbrikasi dengan batuan sedimen laut. Mandala barat dapat dibagi dua yaitu mandala barat bagian barat dan mandala barat bagian utara. Mandala barat bagian barat memanjang dari selatan ke utara yaitu dari Makassar hingga Buol. Sedangkan, bagian utara menyebar dari Buol hingga Manado dengan batuan bersifat intermedit hingga basa (Van Leeuwen, 1994).

Struktur geologi yang berada di pulau Sulawesi memperlihatkan keadaan yang sangat kompleks. Hal ini disebabkan karena Pulau Sulawesi merupakan daerah yang banyak mendapat pengaruh pertemuan dari beberapa lempeng samudera dan benua. Hal tersebut telah menarik perhatian beberapa ahli geologi untuk meneliti keadaan tersebut seperti Sukanto (1975) dan Simandjuntak (2004).

Geologi daerah penelitian secara regional dapat dibagi ke dalam 3 kelompok batuan secara umum, yaitu kelompok batuan sedimen (endapan), kelompok batuan vulkanik (gunungapi), dan kelompok batuan terobosan (intrusi). Kelompok batuan sedimen terdiri dari alluvial dan Formasi Lokodidi. Alluvial

terdiri dari pasir, kerikil, lempung, lumpur dan lanau. Batuan ini menyebar disepanjang sungai-sungai besar yang bermuara ke laut. Sedangkan, Formasi Lokodidi (*TQls*) terdiri dari konglomerat, batupasir, batupasir konglomeratan, serpih hitam dan batupasir tufaan. Umur dari batuan ini adalah Plistosen selaras dengan Breksi Wobudu yang ada dibawahnya. Formasi Dolokapa (*Tmd*) merupakan batuan sedimen tua yang berumur Miosen, terdiri dari batupasir wake, batulanau, batukempung, konglomerat, batuang gunungapi yang bersifat intermedit sampai basa. Kelompok batuan vulkanik (gunungapi) terdiri dari Batuan Gunungapi Pinogu (*TQpv*) terdiri dari aglomerat, tufa, lava yang bersifat intermedit sampai basa berumur Pliosen Atas hingga Plistosen. Breksi Wobudu (*Trpwv*) terdiri dari breksi gunungapi, aglomerat, tufa, tufa lapila dan lava yang bersifat intermedit sampai basa, umur batuan ini adalah Pliosen dan selaras dengan batuan yang ada di atasnya. Kelompok batuan terobosan (intrusi) yaitu Diorit Boliohuto yang menerobos Formasi Dolokapa yang berumur Miosen terdiri dari diorit dan granodiorit di beberapa tempat dijumpai retas-retas basal (Bachri. S, dkk, 1993).

Orogenesa di Pulau Sulawesi mulai berlangsung sejak Zaman Trias, terutama pada Mandala Banggai Sula yang merupakan mandala tertua, sedangkan Mandala Geologi Sulawesi bagian timur dimulai pada Awal Tersier. Perlipatan yang kuat menyebabkan terjadinya sesar anjak yang berlangsung pada

Miosen Tengah di lengan timur Sulawesi dan di bagian tengah dari Mandala Geologi Sulawesi Barat, serta waktu yang bersamaan dengan transgresi lokal berlangsung di lengan tenggara Sulawesi dan aktivitas vulkanik terjadi di lengan utara dan selatan.

Zona tumbukan Maluku bagian selatan menunjukkan adanya aktivitas tektonik dan gempa bumi tertinggi dengan pola tektonik yang kompleks. Gerak saling mendekati Lempeng Sangihe dan Halmahera menghasilkan dorongan pada tubuh baji Sangihe melalui Laut Maluku, melebihi tepian kedua lempeng serta menandakan puritan yang berhubungan dengan penunjaman. kedua lempeng tersebut telah bertemu dan membentuk jalur penunjaman baru dengan kemiringan ke timurlaut di Laut Sulawesi bagian timur (Simanjuntak, 2004).

Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan agar tersediannya peta geologi daerah Sumalata Timur dengan skala yang 1:25.000. Tujuan yang ingin di capai adalah merekonstruksi tatanan geologi daerah Sumalata Timur berdasarkan kenampakan permukaan.

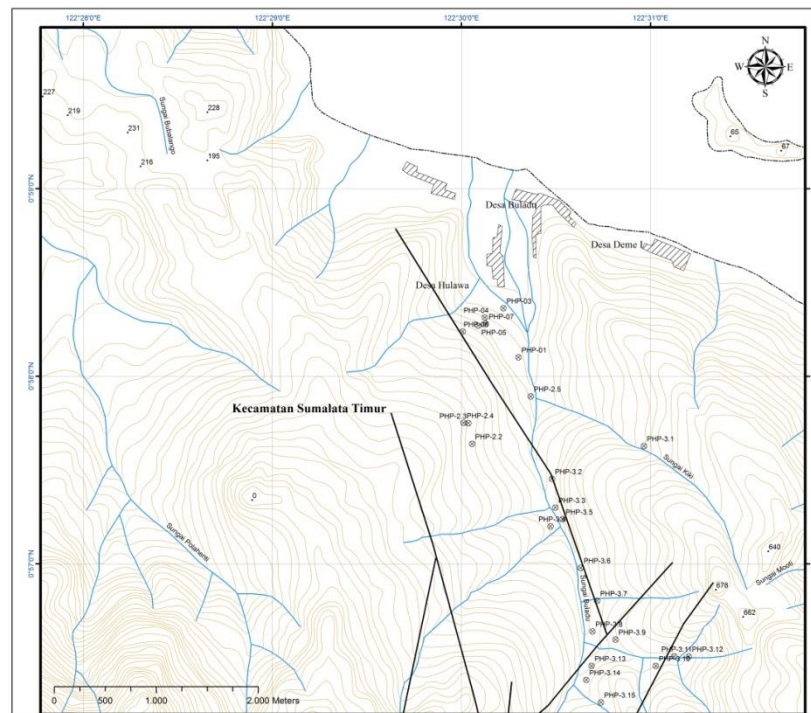
perpaduan antara metode kualitatif dan kuantitatif. Tahapan penelitian ini dimulai dari studi literatur, penelitian lapangan, analisa laboratorium, pengolahan data dan pelaporan.

Lokasi penelitian terletak di Desa Buladu dan Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara Propinsi Gorontalo. Wilayah penelitian dapat dicapai dari Kota Gorontalo ke Desa Buladu dengan kendaraan bermotor roda empat sejauh 160 km dengan waktu tempuh sekitar 3 jam. Untuk mencapai daerah penelitian dapat dicapai dengan jalan kaki.

Data yang diambil adalah conto batuan segar, plotting posisi pengamatan dan pengambilan sampel ke dalam peta dasar menggunakan GPS Garmin Oregon 550. Pengamatan dan pengukuran data-data geologi permukaan seperti data geomorfologi, data litologi/stratigrafi, data struktur geologi dan sumberdaya mineral. Untuk pengamatan mineral tembus cahaya dilakukan pengamatan petrografi dengan menggunakan Mikroskop Polarisasi Nikon Eclipse LV100Pol. Sedangkan, preparasi sampel dibuat dalam bentuk sayatan tipis (*thin section*).

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksploratif yang merupakan



Gambar 1 Peta lokasi penelitian dan pengambilan data

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Buladu dan sekitarnya Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara iklim di daerah ini adalah beriklim tropis, yang ditandai oleh adanya perbedaan dua musim. Musim panas berlangsung dari bulan April sampai September, sedangkan musim hujan berlangsung dari bulan Oktober sampai Maret.

Daerah penelitian merupakan daerah perbukitan yang termasuk dalam kawasan hutan produksi (HP) dan areal penggunaan lain (APL). Hasil analisis geomorfologi diperoleh 3 satuan geomorfologi. Pembagian tersebut berdasarkan kenampakan morfologi dan proses-proses geomorfologi yang berlangsung di daerah tersebut. Pembagian tersebut adalah satuan pedataran aluvial, satuan perbukitan denudasi dan satuan perbukitan vulkanik.

Satuan geomorfologi pedataran dapat dijumpai di sepanjang pantai Sumalata yang memanjang ke arah barat. Umumnya diperuntukkan sebagai pengembangan pemukiman serta areal persawahan dan perkebunan. Luas daerah ini sekitar 2,98 km². Umumnya disusun oleh batuan aluvial yang dihasilkan dari aktivitas sungai dan laut.

Satuan perbukitan denudasi menempati sekitar 18,37 km² terletak di sebelah selatan satuan pedataran alluvial dan menyempit di sebelah timur. Daerah ini umumnya dimanfaatkan sebagai areal penambangan rakyat (PETI). Aktivitas ini telah dilakukan oleh masyarakat secara turun temurun dengan mempergunakan peralatan sederhana. Daerah ini telah dikenal sejak zaman Belanda, terbukti dengan dijumpainya beberapa terowongan bekas penambangan serta sisa hasil penambangan yang menumpuk di Desa Hulawa.

Satuan ini menempati luas area sekitar 21 km² yang terletak dibagian selatan dari satuan perbukitan denudasional. Umumnya wilayah ini masuk dalam kawasan hutan konversi (HPK) dan hutan produksi terbatas (HPT). Disusun oleh batuan beku andesit dan batuan vulkanik. Memiliki ketinggian hingga 660 mdpl. Sungai-sungai yang mengalir di daerah ini adalah Sungai Kiki dan Sungai Buladu.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dijumpai 2 jenis batuan yang mendominasi daerah penelitian, yaitu andesit dan tufa. Kedua jenis batuan ini dijumpai secara selaras dimana tufa dijumpai berada di atas andesit.

Hal ini menunjukkan bahwa umur tufa lebih muda dibandingkan dengan andesit.

Selain itu, dijumpai pula ubahan-ubahan mineral yang diduga akibat aktivitas hidrothermal. Seperti di daerah Pasolo, Kelapa Dua, Padengo hingga Lokasi Lama. Oksidasi mineral-mineral yang kaya besi menyebabkan warna kemerahan pada tanah. Dijumpai pula adanya rekahan-rekahan batuan yang terisi oleh mineralisasi yang di sebut vein.

Stratigrafi daerah penelitian diurutkan berdasarkan umurnya dari tua ke muda sebagai berikut. Satuan Andesit dijumpai tersingkap sebagai batuan intrusif yang dapat dikenali dengan sifatnya yang pejal dan berwarna abu-abu. Merupakan kelompok batuan beku yang memiliki tekstur porfiro afanitik sampai afanitik. Komposisi mineral yang teramati secara makroskopis adalah kuarsa, plagioklas, dan amphibol. Batuan tersebut bersusunan andesitik (intermedit). Batuan ini mengalami mineralisasi dengan dijumpainya mineral pirit-kalkopirit-kuarsa yang membentuk veinlet-veilet dan mengisi ruang antar rekahan. Di daerah Kelapa Dua dijumpai singkapan andesit yang mengalami pelapukan mengulit bawang (*Speroidal Weathering*).

Hasil pengamatan petrografi menunjukkan batuan andesit yang ada di daerah penelitian dapat dibedakan menjadi andesit, trakit, latit dan latit kuarsa. Ke empat batuan tersebut merupakan batuan beku lelehan yang bersifat intermedit-basa. Perbedaan dari batuan ini terletak pada perbandingan komposisi mineral plagioklas, ortoklas dan kuarsa. Trakit dan latit sama-sama memiliki komposisi mineral kuarsa sekitar 5 persen dengan perbandingan komposisi mineral plagioklas dan alkali feldspar yang berbeda. Sedangkan, andesit dan latit kuarsa memiliki kandungan mineral kuarsa sekitar 5-20 persen dengan perbandingan mineral plagioklas dan alkali felspar yang berbeda. Perbedaan mineral plagioklas dan alkali felspar menyebabkan perbedaan tingkat ke basaan batuan. Batuan yang memiliki mineral plagioklas dominan bersifat lebih basa.

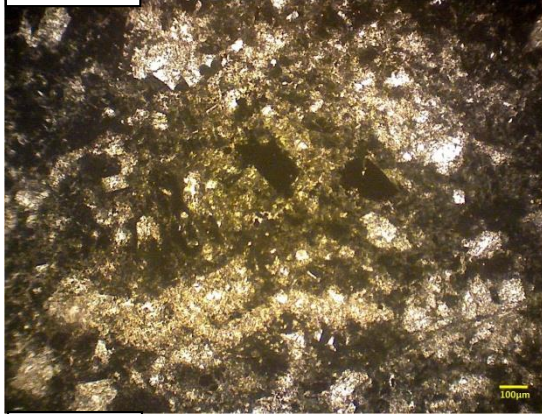
Sampel andesit yang terambil di lokasi PHP 06 berwarna transparan hingga kecoklatan, ukuran mineral <10µm-518µm, bentuk mineral subhedral sampai anhedral, warna interferensi abu-abu kecoklatan hingga kehitaman, tekstur hipokristalin, faneroporfiritik, inequigranular, komposisi

mineral primer terdiri dari plagioklas dan massa dasar. Mineral sekunder terdiri dari hornblende, serisit, mineral lempung, dan mineral opak (IUGS,1996).

Sedangkan, contoh batuan yang terambil di lokasi PHP 04 secara petrografis memperlihatkan komposisi kursor lebih kecil dari 5 persen batuan tersebut adalah trakit. Sayatan batuan ini berwarna transparan hingga

kecoklatan, ukuran mineral <math><10\mu\text{m}</math>-$599\mu\text{m}$, bentuk mineral subhedral sampai anhedral, warna interferensi abu-abu kecoklatan hingga kehitaman, tekstur hipokristalin, faneroporfiritik, inequigranular, komposisi mineral primer terdiri dari plagioklas dan massa dasar. Mineral sekunder terdiri dari mineral lempung, serisit, dan mineral opak (IUGS,1996).

//-Nikol



X-Nikol

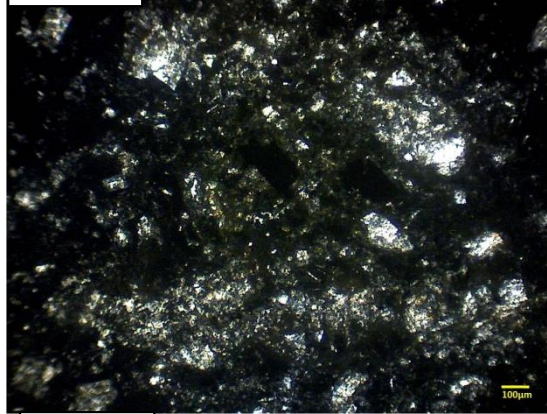


Foto // -Nikol hampakan sayatan tipis andesit dengan X-Nikol utama feldspar dan massa dasar

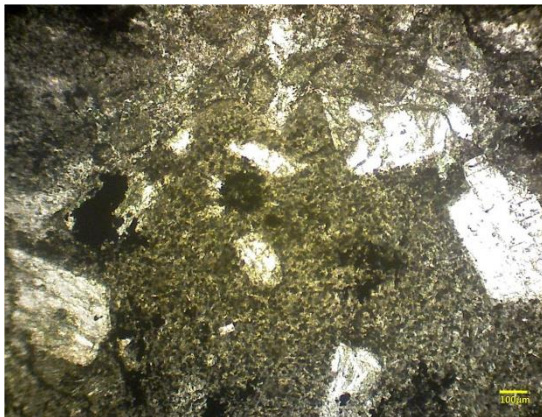


Foto 2 Kenampakan sayatan tipis trakit dengan komposisi utama feldspar dan massa dasar

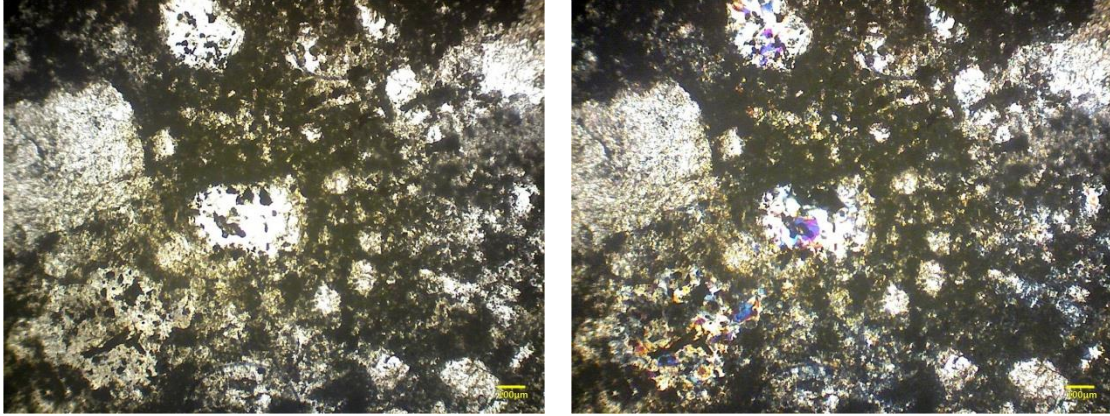


Foto 3 Kenampakan sayatan tipis latit kuarsa dengan komposisi utama feldspar, kuarsa dan massa dasar

Satuan tufa terletak dibagian atas dari satuan andesit. Dapat dikenali dengan kenampakan lapangan berwarna coklat kekuningan dan di beberapa tempat terdapat oksidasi dengan warna kemerahan. Umumnya berlapis dengan kedudukan N125°E/45°SW. Ketebalan perlapisan bervariasi antara 5–20 cm. Berbutir halus hingga kasar dengan porositas baik.

Pada batuan ini pula dijumpai adanya alterasi dan mineralisasi. Jenis alterasi yang berkembang adalah kaolinisasi dan kloritisasi. Dimana mineral-mineral plagioklas yang ada pada batuan berubah menjadi kaolin. Selain itu, dijumpai pula mineralisasi yang berbentuk vein. Biasanya searah dengan perlapisan

batuan dengan ketebalan sekitar 2 – 5 cm. Mineralisasi tersebut berupa pirit, kalkopirit, hematit, galena dengan membawa emas dan perak.

Sayatan batuan ini berwarna transparan hingga kecoklatan, ukuran mineral <math><10\mu\text{m}</math>-349 $\mu\text{m}</math>, bentuk mineral subhedral sampai anhedral, warna interferensi abu-abu kecoklatan hingga kehitaman, tekstur kristalinitas hipokristalin, granularitas faneroporfiritik, relasi inequigranular, komposisi mineral primer terdiri dari feldspar dan massa dasar. Mineral sekunder terdiri dari biotit sekunder, serisit, mineral lempung, dan mineral opak batuan tersebut adalah crystal tuff (Pettijohn, 1975)$

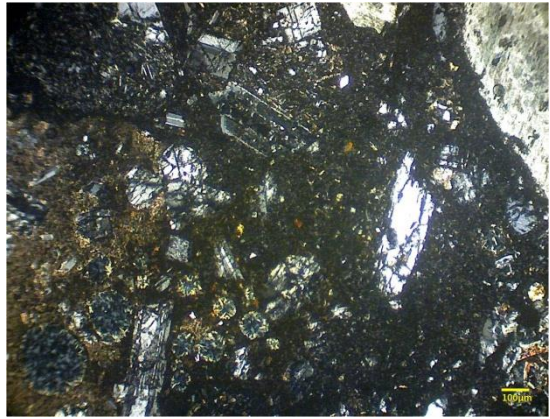
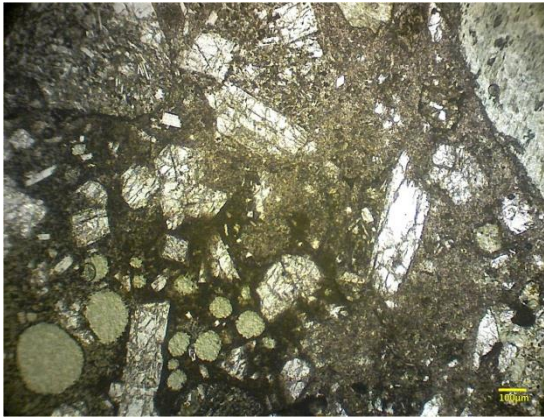
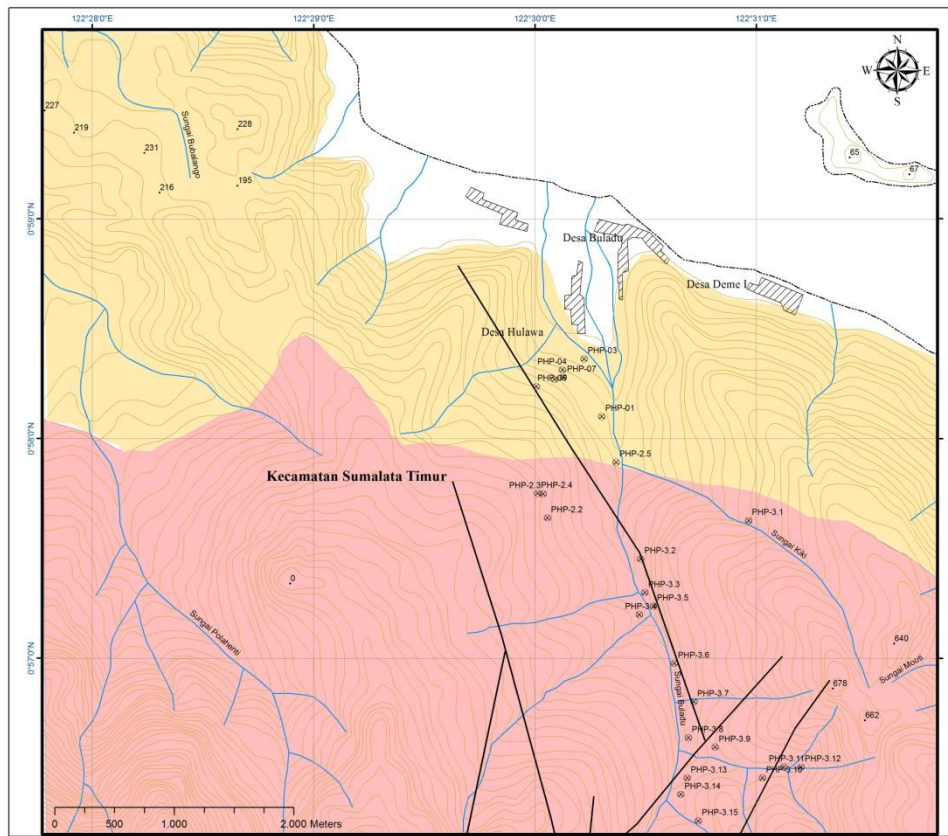


Foto 4 Kenampakan sayatan tipis *lithic crystal tuff* dengan komposisi utama ortoklas, plagioklas dan massadasar mineral sekunder terdiri dari hornblende, klorit, mineral lempung, dan mineral opak, spherulitik.



Gambar 2 Peta geologi daerah Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara

4. KESIMPULAN

Penyebaran litologi yang ada di daerah Sumalata Timur dan sekitarnya umumnya didominasi oleh batuan vulkanik yang terdiri dari batuan piroklastik dan batuan beku lelehan. Batuan lelehan dapat berupa andesit, trakit serta latit yang berasal dari magma intermedit yang menempati bagian selatan Desa Buladu dan di bagian utaranya disusun oleh batuan piroklastik yang terdiri dari tufa dan tufa kristalin.

5. REFERENSI

Bachri, S., Sukido, dan Ratman, N., 1993. *Peta Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.

Hall, R. and Wilson, M.E.J, 2000. *Neogene sutures in eastern Indonesia*. Journal of Asian Earth Sciences, 18, 781-808

Kavalieris, I., Van Leeuwen, Th. M., Wilson, M., 1992. *Geological setting and styles of mineralization, north arm Sulawesi*,

Indonesia. Journal of Southeast Asian Earth Sciences, 7, 2/3, pp. 113-129

Philpotts, A.R., 2003. *Petrography of igneous and metamorphic rocks*. Waveland Press, Inc., Illinois, USA

Simandjuntak, T. O., 2004. *Tektonika*. Publikasi Khusus, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 31.

Trail, D. S., John, T. V., Bird, M. C., Obial, R. C., Petzel, B. A., Abiong, D. B., Parwoto and Sabagio. 1974. *The general geological survey of block 2, Sulawesi Utara, Indonesia*, P.T. Tropic Endeavour Indonesia.

Van Bemmelen, R. W., 1949, *The geology of Indonesia, economic geology*. Vol. 2. Govt Printing Office. The Hague.

POTENSI HYBRID ENERGY DI KABUPATEN BONE BOLANGO DAN KABUPATEN GORONTALO

Ervan Hasan Harun¹⁾, Jumiati Ilham²⁾ dan Lanto Mohamad Kamil Amali³⁾
Dosen Teknik Elektro, Universitas Negeri Gorontalo

Abstract

This study aims to determine the potential of hybrid renewable energy (micro hydro energy, solar energy and wind energy) as an alternative energy source in the district of Bolango Bone and Gorontalo. This research method starts from a basic collection of reference materials as well as technical and non-technical data, which is followed by observations methods to obtain data on the profile of the hamlet /village location of hybrid renewable energy potential. The result showed that: 1) Electrical energy can be generated by the PLT-Hybrid Energy Tapadaa village of 643.59 kWh per day, Tulabolo village of 1553.69 kWh per day, the village Liyodu 3555.46 kWh per day, and the village South Dulamayo 3322.6 kWh per day. 2). Hybrid potential energy available is quite large but it has not been used optimally. With the current energy needs for Tapada'a village, village Tulabolo, Liyodu village, and the village of South Dulamayo then there are the energy reserves: 605.76 kWh per day for the Tapada'a, 1366.25 kWh per day for the Tulabolo, 3465,88 kWh per day for Liyodu , and 3190,8 kWh per day for the South of Dulamayo.

Keywords: *Potential, Hybrid Energy, water discharge, solar energy, wind energy.*

1. PENDAHULUAN

Problem energi listrik umumnya di Indonesia saat ini cukup rumit, yang ditandai dengan seringnya dilakukan pemadaman bergilir seperti halnya di Provinsi Gorontalo, sehingga untuk beberapa tahun kedepan supply energi listrik ke pedesaan tidak bisa diharapkan, sehinggadiperlukan usaha-usaha untuk mencari sumber alternative lain dengan tetap mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi dan lingkungan.

Gorontalo sebagai propinsi pemekaran dari Sulawesi Utara saat ini terdiri dari 5 (lima) kabupaten dan 1 (satu) kota yaitu Kabupaten Pohuwato, Kabupaten Boalemo, KabupatenGorontalo, Kabupaten Bone Bolango, Kabupaten Gorontalo Utara dan Kota Gorontalo.Sebanyak 40 % desa-desa yang tersebar dipropinsi Gorontalo belum teraliri listrik, (Tempo dan Deptamben propinsi Gorontalo tahun 2010)

Sesuai dengan sasaran kebijakan energi nasional yakni: Terwujudnya energi (primer) mix yang optimal padatahun 2025, yaitu peranan masing-masing jenis energiterhadap konsumsi energi nasional:1) minyak bumi menjadi kurang dari20%; 2) gas bumi menjadi lebih dari 30%; 3)

batubara menjadi lebih dari 33%; 4) biofuel menjadi lebih dari 5%; 5) panas bumi menjadi lebih dari 5%; 6) energi baru dan terbarukan lainnya, khususnya,Biomasa, Nuklir, Tenaga Air Skala Kecil, TenagaSurya, dan Tenaga Angin menjadi lebih dari 5%; 7) Bahan Bakar Lain yang berasal dari pencairanbatubara menjadi lebih dari 2%. (Pepres No 5 tahun 2006).

Bauran Energi Nasional sampai dengan tahun 2050 kontirbusi dari Energi Baru dan Terbarukan (EBT) pada tahun 2010 sebesar 5% kemudian di tahun 2012 menjadi 5,6% dan diharapkan pada tahun 2050 menjadi 31%. (Tumiran, 2014).

Salah satu usaha dalam mengatasi persoalan energi listrik adalah melalui pemanfaatan pembangkit listrik tenaga hybrid yang merupakan kombinasi dua atau lebih sistem pembangkit tenaga listrik.Berdasarkan pemaparan di atas, maka akan dilakukan pemetaan potensi dan pemanfaatan hybrid energi yang merupakan gabungan dari energi hidro, surya, dan energi angin di kabupaten Bone Bolangodan kabupaten Gorontalo.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Hybrid Energi Terbarukan

Sumber energy mikrohidro, energi surya dan angin merupakan sumber energi terbarukan yang cukup populer yang bersih dan tersedia secara bebas (free). Masalah utama dari ketiga jenis energi tersebut adalah tidak tersedia terus menerus. Energi mikrohidro hanya tersedia pada lokasi dengan kontur tanah yang mempunyai aliran dan ketinggian tertentu serta tergantung musim, Energi surya hanya tersedia pada siang hari ketika cuaca cerah, sedangkan energi angin tersedia pada waktu yang seringkali tidak dapat diprediksi (sporadic) dan sangat berfluktuasi bergantung cuaca atau musim.

Untuk mengatasi permasalahan di atas, teknik hibrid banyak digunakan untuk menggabungkan beberapa jenis pembangkit listrik. Penelitian tentang pemanfaatan potensi hibrid energi sudah pernah dilakukan oleh Winarto (2013), yakni meneliti tentang potensi Hybrid Energi yang merupakan kombinasi antara sel surya dengan turbin angin savious. Dari hasil penelitian menggunakan sistem akuisisi data diperoleh bahwa energi terbangkitkan dari pembangkit Hybrid ini sebesar 7,5 Watt. Menurut Olivia Lewi Pramesti (2012), bahwa Energi hibrid dengan potensi panas matahari dan angin potensial dikembangkan di Indonesia.

Penelitian yang serupa juga sudah pernah dilakukan oleh Tengku Daharil (2012) yang meneliti tentang Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Propinsi Riau. Dalam penelitian ini, dipeoleh bahwa hampir semua desa yang belum teraliri listrik memiliki potensi energi terbarukan dan memungkinkan untuk diterapkannya penggabungan dari beberapa sumber energi ke dalam satu sistem pembangkit listrik Hybrid Energi.

2.2. Potensi Energi Mikrohidro

Pada dasarnya sebuah pembangkit listrik tenaga mikrohidro memerlukan dua data yang penting yaitu debit air dan ketinggian jatuh (Head) untuk menghasilkan tenaga yang bermanfaat. Bentang alam yang terjadi (lebar, aliran sungai, kontur tanah dan sungai) akan menentukan besar potensi

energi listrik yang ada di daerah tersebut. Persamaan dasar dari pembangkit listrik mikrohidro ini adalah (Harvey, 2003) :

$$P_{netto} = 9,8 \times H_{gross} \times Q \times \eta_{tot} \text{ kW}$$

2.3. Potensi Energi Surya

Energi matahari dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi listrik melalui peralatan konversi energi yakni sel surya. Dalam keadaan cuaca yang cerah, sebuah sel surya akan menghasilkan tegangan konstan sebesar 0.5 V sampai 0.7 V dengan arus sekitar 20 mA dan jumlah energi yang diterima akan mencapai optimal jika posisi sel surya 900 (tegak lurus) terhadap sinar matahari selain itu juga bergantung dari konstruksi sel surya itu sendiri. Untuk menentukan besarnya potensi energi surya suatu lokasi dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P_{WP} = Area \text{ Array} \times PSI \times \eta_{PV}$$

Sedangkan Area array (PV Area) diperhitungkan dengan menggunakan persamaan :

$$PV \text{ Area} = \frac{E_L}{G_{av} \times \eta_{PV} \times TCF \times \eta_{out}}$$

2.4. Potensi Energi Angin

Energi angin dapat dikonversi atau ditransfer ke dalam bentuk energi lain seperti listrik atau mekanik dengan menggunakan kincir atau turbin angin, untuk besarnya potensi energy angin dapat digunakan persamaan berikut:

$$P = \frac{1}{2} \times \rho \times v^3$$

Daya angin maksimum yang dapat diekstrak oleh turbin angin dengan luas sapuan rotor A adalah,

$$P = \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} \times \rho \times v^3$$

Angka 16/27 (=59.3%) ini disebut batas Betz (Betz limit, diambil dari ilmuwan Jerman Albert Betz). Angka ini secara teori menunjukkan efisiensi maksimum yang dapat dicapai oleh rotor turbin angin tipe sumbu horisontal. Pada kenyataannya karena ada rugi-rugi gesekan dan kerugian di ujung sudu, efisiensi aerodinamik dari rotor, η_{rotor} ini akan lebih kecil lagi yaitu berkisar

pada harga maksimum 0.45 saja untuk sudu yang dirancang dengan sangat baik.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Data

3.1.1. Hidrologi

Pengukuran hidrologi dilaksanakan pada musim kemarau dan musim penghujan. Pengukuran hidrologi meliputi pengukuran tinggi jatuh (Head) dan debit air. Dimana pengukuran tinggi jatuh (Head) dilakukan dengan menggunakan Theodolite. Sedangkan pengukuran debit air dilakukan dengan cara-cara sebagai berikut :

- a. Pengukuran Menggunakan current meter
- b. Pengukuran dengan Pelampung (Float Area Methode)
- c. Pengukuran Debit Air dengan Metode Rasional

3.1.2. Intensitas radiasi matahari

Pengukuran intensitas radiasi matahari diperoleh dengan menggunakan alat ukur actinograph dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00.

3.1.3. Kecepatan angin

Kecepatan angin diukur menggunakan anemometer dengan waktu pengukuran dimulai dari jam 06:00 s/d 18:00

3.1.4. Sosio Ekonomi Masyarakat

Data diperoleh melalui pengumpulan data sekunder maupun data primer menggunakan lembar observasi dan wawancara pada penduduk lokal di lokasi potensi. Data tersebut meliputi:

- 1) Profil dusun/desa
- 2) Tingkat standar hidup dan sumber pendapatan masyarakat.
- 3) Profil usaha dan sumber-sumber ekonomi produktif berbasis sumber daya lokal.
- 4) Kecepatan akses, kemampuan mengusahakan akses kepada pasar.
- 5) Kapasitas lokal dan kemampuan berkembang dengan pemanfaatan potensi sumber daya lokal.

6) Kondisi dan profil infrastruktur pelayanan publik yang ada

3.2. Lokasi Pengambilan data

Lokasi pengambilan data pada penelitian ini adalah tempat yang memiliki potensi sumber energi alternatif yang terdiri atas tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin yang memungkinkan dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid Energi, di kabupaten Bone Bolango dan kabupaten Gorontalo.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Potensi Energi

Hasil pengukuran di 2 (dua) lokasi padasetiap kabupaten diberikan pada Tabel 1s/d Tabel 4.

Tabel 1. Potensi desa Tapadaa

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,19	360,32	1,92
2	0,23	318,48	1,46
3	0,12	342,24	2,15
4	0,25	387,08	1,31
5	0,13	436,56	1,54
Rerata	0,19	368,94	1,68

Tabel 2. Potensi desa Tulabolo

Data	Debit (m3/s)	Intensitas Radiasi (W/m2)	Kec. Angin (knot)
1	0,46	366,16	1,69
2	0,68	333,56	1,62
3	1,17	359,52	0,77
4	0,98	322,88	1,15
5	1,04	328,92	0,46
Rerata	0,86	342,21	1,14

Tabel 3. Potensi desa Liyodu

Data	Debit (m ³ /s)	Intensitas Radiasi (W/m ²)	Kec. Angin (knot)
1	1,1	461,72	2,08
2	0,74	459,12	0,69
3	0,94	331,16	1,23
4	0,83	368,12	1,54
5	0,82	383,88	1,69
Rerata	0,89	400,80	1,45

Tabel 4. Potensi desa Dulamayo Selatan

Data	Debit (m ³ /s)	Intensitas Radiasi (W/m ²)	Kec. Angin (knot)
1	3,63	270,68	1,62
2	2,46	347,76	1,62
3	2,04	405,48	1,00
4	1,43	411,72	1,00
5	2,78	318,88	0,92
Rerata	2,47	350,90	1,23

4.2. Beban listrik berdasarkan sosio ekonomi masyarakat.

Berdasarkan data kependudukan dan fasilitas umum yang ada, dan dengan menggunakan asumsi setiap rumah rata-rata membutuhkan energi listrik 200 VA, bangunan sekolah 450 VA, bangunan Puskesmas 900 VA, dan mesjid 200 VA maka dapat dibuat estimasi kebutuhan energi listrik untuk setiap lokasi diberikan pada tabel 5 s/d 8 sebagai berikut:

Tabel 5. Kebutuhan Energi Desa Tapadaa

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	31	200	6200
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			7750

Tabel 6. Kebutuhan Energi Desa Tulabolo

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	180	200	36000
SD	1	450	450
SMP	1	450	450
PUSKESMAS	1	900	900
Mesjid	3	200	600
Total Kebutuhan Listrik			38400

Tabel 7. Kebutuhan Energi Desa Liyodu

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	84	200	16800
SD	1	450	450
PUSKESDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			18350

Tabel 8. Kebutuhan Energi Desa Dulamayo Selatan

Jenis Fasilitas	Jumlah	Kebutuhan Energi	Jumlah
	(unit)	(VA)	(VA)
Rumah	125	200	25000
SD	1	450	450
SLTP	1	450	450
POLIDES	1	900	900
Mesjid	1	200	200
Total Kebutuhan Listrik			27000

4.3. Energi Listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen Hybrid Energi.

1. Hidro Energi

Berdasarkan data tinggi jatuh dan debit air seperti yang diberikan pada tabel dan efisiensi dari setiap peralatan yang digunakan dapat dihitung energi listrik yang akan dihasilkan dari komponen hydro energi sebagai berikut:

Tabel 9. Energi terbangkitkan dari PLTMH

Lokasi	Output Generator		Energi dibangkitkan selama 24 jam
	kVA	kW	
Kabupaten Bone Bolango			
Tapada'a	29,57	23,65	567,67
Tulabolo	61,95	49,56	1189,38
Kabupaten Gorontalo			
Liyodu	176,31	141,05	3385,13
Dulamayo Selatan	157,12	125,70	3016,78

2. Energi Surya

Energi listrik yang dihasilkan dari komponen surya (PLTS) dihitung menggunakan data intensitas radiasi matahari terendah. Selain itu estimasi dari kebutuhan listrik juga digunakan dalam merancang sistem PLTS yang akan digunakan

Tabel 10. Energi terbangkitkan dari PLTS

Lokasi	Energy Demand	PV Area	Watt-Peak	Energi dibangkitkan
	(kWh)	m ²	(kW-p)	(kWh-p)
Kabupaten Bone Bolango				
Tapada'a	17,34	43,99	6,77	74,43
Tulabolo	85,91	215,01	33,07	363,75
Kabupaten Bone Bolango				
Liyodu	41,06	100,18	15,41	169,48
Dulamayo Selatan	60,41	180,33	27,74	305,09

3. Energi Angin.

Berdasarkan pengukuran kecepatan angin yang dilakukan selama 5 (lima) hari desain diameter sudu dari kincir angin yang digunakan adalah 7 meter, maka energy yang dapat dibangkitkan dari PLT-Angin adalah sebagai berikut:

Tabel 11. Energi terbangkitkan dari PLT-Angin

Lokasi	Energy Demand	P syst	
	(kWh)	(Watt)	(kWh)
Kabupaten Bone Bolango			
Tapada'a	14,19	166,40	1,50
Tulabolo	70,29	70,01	0,56
Kabupaten Gorontalo			
Liyodu	33,59	94,03	0,85
Dulamayo Selatan	54,92	73,28	0,73

4.4. Potensi Energi Listrik dari Hybrid Energi

Dari hasil analisis potensi energi listrik yang dihasilkan oleh setiap komponen PLT – Hybrid Energy dapat dibuat tabel yang menunjukkan total potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh PLT – Hybrid Energy di setiap lokasi baik di kabupaten Bone Bolango maupun di kabupaten Gorontalo. Hasil selengkapnya diberikan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 12. Potensi Energi Listrik yang dibangkitkan oleh PLT- Hybrid Energi

Lokasi	Energy Demand 24 Jam (kWh)	Energi dibangkitkan tiap komponen			
		PLTMH 24 jam (kWh)	PLTS 11 jam (kWh)	PLT-Angin 9 s/d 10 jam (kWh)	Total Energi 24 jam (kWh)
		Tapada'a	37,83	567,67	74,43
Tulabolo	187,45	1189,38	363,75	0,56	1553,69
Liyodu	89,58	3385,13	169,48	0,85	3555,46
Dulamayo Selatan	131,80	3016,78	305,09	0,73	3322,60

Dari tabel 12 terlihat bahwa kebutuhan energi harian untuk setiap lokasi Hybrid Energi dapat dipenuhi oleh energi yang dibangkitkan komponen PLTMH, dan jika PLTMH tidak dapat beroperasi sama sekali, maka kebutuhan energi masih dapat

diatasi oleh komponen PLTS. Kontribusi dari PLT-Angin pada PLT-Hybrid Energy ini sangat kecil, karena potensi energi angin di lokasi PLT-Hybrid Energy memang sangat kecil. Dari hasil pengukuran, rata-rata kecepatan angin di setiap lokasi kurang dari 2 knot yakni hanya berkisar antara 1,14 s/d 1,68 knot. Oleh karena itu, jika komponen PLTMH dan PLTS tidak dapat berfungsi sama sekali maka PLT-Angin tidak dapat diandalkan dalam melayani kebutuhan energi harian konsumen.

Disisi lain, terlihat dari Tabel 12 bahwa di semua lokasi PLT-Hybrid Energy terdapat cadangan energi yang berkisar antara 605,76 kWh s/d 3465,88 kWh setiap hari. Hal ini dapat terjadi karena di setiap lokasi PLT-Hybrid Energi, komponen energi yang bersumber dari PLTMH sangat besar, oleh karena potensi mikrohydro memang sangat besar dibandingkan dengan potensi surya maupun potensi angin. Kelebihan pembangkitan energi ini tentunya sangat menguntungkan jika energi yang dibangkitkan dapat dimanfaatkan secara maksimal, misalnya dialirkan ke desa-desa tetangga atau dijual ke PLN.

5. KESIMPULAN

1. Energi listrik yang bisa dibangkitkan oleh PLT-Hybrid Energi yakni desa Tapadaa sebesar 643,59 kWh per hari, desa Tulabolo sebesar 1553,69 kWh per hari, desa Liyodu 3555,46 kWh per hari, dan desa Dulamayo Selatan 3322,6 kWh per hari
2. Potensi Hybrid Energi tersedia cukup besar tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Dengan kebutuhan energi yang ada untuk desa Tapada'a, desa Tulabolo, desa Liyodu, dan desa Dulamayo Selatan maka terdapat cadangan energi yakni: 605,76 kWh per hari untuk desa Tapada'a, 1366,25 kWh per hari untuk desa Tulabolo, 3465,88 kWh per hari untuk desa Liyodu, dan 3190,8 kWh per hari untuk desa Dulamayo Selatan.

6. REFERENSI

- Harun, Ervan & Salim, Sardi. 2009, dkk "Pengembangan Sumber Daya air Untuk Peningkatan Ketenagalistrikan di Wilayah Propinsi Gorontalo". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- BPS propinsi Gorontalo. 2010. Propinsi dalam Angka. Gorontalo.
- Heliyanto, B. Konsep Desa Mandiri Energi. Prosiding lokakarya nasional-III Inovasi teknologi jarak pagar untuk mendukung program Desa Mandiri Energi. Penerbit Bayumedia Publishing Harvey. 2003. "Manual Desing Mycrohydro Report on Standarisisation of Civil Works for Small Microhydro Power Plant". UNINDO.
- Manan Saiful. 2010., Energi Matahari sumber energi alternatif yang efisien, handal, dan ramah lingkungan di indonesia., Laporan Penelitian Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang
- Matoka, Arifin, dkk. 2009. "Kajian Potensi Energi Listrik Mikrohidro Pada Saluran Irigasi Provinsi Gorontalo menunjang Elektrifikasi Pertanian". Penelitian Hibah Strategis Nasional DIKTI. Universitas Negeri Gorontalo. Gorontalo.
- Olivia Lewi Pramesti, 2012., Energi Hibrid Potensial Dikembangkan di Indonesia., <http://nationalgeographic.co.id/berita/2012/04/energi-hibrid-potensial-dikembangkan-di-indonesia>
- PT. CIT. 2004."Desain Manual Turbin OF 430". Chianjuang Inti Teknik. Bandung.
www. Tempo.co/read/2010/01
- PT. PLN (Persero). 2013. "Statistik PLN 2012". Sekretariat Perusahaan PT PLN (Persero). Jakarta.
- Pepres RI No 5 tahun 2006., Kebijakan Energi Nasional
- Tengku Dahril, Prof., Dr., 2012. Penelitian dan Pengembangan Teknologi Energi Terbarukan berdasarkan sumber daya lokal di Prpinsi Riau.
- Tumiran., Prof., Dr, 2014. Paradigma Baru Kebijakan Energi Nasional Menuju Ketahanan Dan Kemandirian Energi. Dewan Energi Nasional.
- Winarto, Eko Wismo., 2013., Potensi Pembangkitan Listrik Hybrid menggunakan Vertical Axis Wind Turbine tipe Savonius dan Panel Surya., Jurnal Tenologi Volume 6 No 2 Desember 2013.

PEMANFAATAN BIOMASSA ENCENG GONDOK DARI DANAU LIMBOTO SEBAGAI PENGHASIL BIOGAS

Julhim S. Tangio

Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

email: julhim.s.tangio@gmail.com

Abstract:

The purpose of this study was to assess the potential of water hyacinth to produce biogas. In this study examined how the biogas production with the addition of 1.25 g of cows dung biostarter compared with control patients without biostater. Besides, it also examined how the biogas production by using biostarter snail gut. Increasing the number of biostarter to 50 g of cow dung. The presence of acid hydrolysis treatment of the substrate of water hyacinth and without biostarter and the presence of acid hydrolysis treatment and the caddition of 1.25 g biostarter cow dung. The results obtained in other research studies early stages, the reactor TAK biogas formed by 29 mL, 50 mL reactor at TAS and TAB for 30 mL reactor. At an advanced stage with the addition of acid and the addition biostater 1: 1 obtained results on the KS reactor and the reactor was 102 mL at 5 mL SD.

Keywords: water hyacinth, biogas, anaerobic digestion, acid hydrolysis of 2

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji potensi enceng gondok tersebut dalam menghasilkan biogas. Dalam penelitian ini dikaji bagaimana pembuatan biogas dengan penambahan biostarter 1,25 g kotoran sapi dibandingkan control tanpa biostater. Disamping itu juga mengkaji bagaimana pembuatan biogas dengan menggunakan biostarter usus bekicot. Penambahan jumlah biostarter menjadi 50 g kotoran sapi. Adanya perlakuan hidrolisis asam terhadap substrat enceng gondok dan tanpa biostarter dan adanya perlakuan hidrolisis asam dan penambahan biostarter 1,25 g kotoran sapi. Hasil penelitian diperoleh pada peneltian tahap awal, pada reaktor TAK biogas terbentuk sebesar 29 mL, reaktor TAS sebesar 50 mL dan reaktor TAB sebesar 30 mL. Pada tahap lanjutan dengan penambahan asam dan penambahan biostater 1:1 diperoleh hasil pada reaktor KS sebesar 102 mL dan reaktor SD sebesar 5 mL.

Kata Kunci : **enceng gondok, biogas, anaerobic digestion, hidrolisis asam 2**

1. PENDAHULUAN

Salah satu tanaman air yang pertumbuhannya sangat cepat adalah enceng gondok. Pertumbuhan yang sangat cepat ini menyebabkan enceng gondok dengan cepat pula menutupi permukaan air danau sehingga keberadaanya dianggap sebagai gulma. Terlebih lagi pada kondisi lingkungan yang tinggi nutrien seperti limbah domestik. Enceng gondok juga mempunyai sistem perakaran yang luas, hal ini sangat baik untuk media pendukung pertumbuhan mikroorganisme (Zimmels, dkk, 2006) dalam Saputri dan Trihadiningrum. Namun umumnya, enceng gondok sebagai gulma ini pemanfaatannya sangat kecil. Salah satu pemanfaatan dari

enceng gondok yang dilakukan saat ini adalah batangnya dijadikan sebagai perabotan seperti kursi, tetapi pemanfaatannya belum maksimal. Hal ini dikarenakan peminat pasar masih kurang dan belum diketahui banyak orang. Enceng gondok merupakan salah satu sumber biomassa yang mengandung hemiselulosa yang sangat besar sehingga baik dimanfaatkan menjadi sumber energi alternatif. Misalnya sebagai bahan baku pembuatan biogas. Keberadaan enceng gondok di Danau Limboto saat ini sangat melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal.

Biogas merupakan gas yang dapat dijadikan bahan bakar alternatif untuk menggantikan bahan bakar yang berasal dari fosil seperti minyak tanah dan gas alam (Said, H. 1999). Biogas juga sebagai salah satu jenis bioenergi yang didefinisikan sebagai gas yang

dilepaskan jika bahan- bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi (Hambali, E. 2008). Biogas adalah suatu jenis gas yang bisa dibakar, yang diproduksi melalui proses fermentasi anaerobik bahan organik seperti kotoran ternak dan manusia, biomassa limbah pertanian atau campuran keduanya, didalam suatu ruang pencerna (digester).

Akibat penggunaan bahan bakar fosil (fuel fosil) dalam jangka panjang ternyata telah memberikan implikasi negatif terhadap kehidupan di dunia. penggunaan bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batu bara dan gas alam telah menyumbangkan cukup besar emisi gas efek rumah kaca yaitu karbon dioksida ke atmosfer bumi yang ikut andil dalam proses pemanasan global (global warming) belum lagi ditambah dengan penebangan hutan secara liar yang kayunya dimanfaatkan untuk kepentingan segelintir orang. Pemanasan global memberikan dampak sangat negatif dan memprihatinkan pada stabilitas kehidupan manusia antara lain menyebabkan iklim tidak stabil, peningkatan suhu permukaan laut, suhu global dunia akan cenderung meningkat, gangguan ekologis serta berdampak pada kerusakan lingkungan dan pada kehidupan. Dengan melihat implikasi negatif dari penggunaan bahan bakar fosil terhadap lingkungan dan keterbatasan persediaan cadangan BBM telah mendorong kepada pencarian sumber energi alternatif yang diharapkan juga ramah lingkungan dan bersifat dapat diperbaharui (renewable).

1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pembuatan biogas dari enceng gondok tanpa penambahan biostater, dengan penambahan kotoran sapi dan dengan penambahan usus bekicot?.
2. Bagaimana pembuatan biogas dari enceng gondok dengan hidrolisis asam dan menggunakan biostater kotoran sapi?

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui pembuatan biogas dari enceng gondok tanpa penambahan

biostater, dengan penambahan kotoran sapi dan penambahan usus bekicot.

2. Untuk mengetahui pembuatan biogas dari enceng gondok dengan hidrolisis asam dan menggunakan biostater kotoran sapi.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat Penelitian ini adalah:

1. Dapat memberikan informasi masyarakat tentang pemanfaatan enceng gondok sebagai penghasil biogas, karena selama ini enceng gondok dikenal sebagai gulma yang mengganggu di perairan.
2. Dapat memberikan informasi tentang penggunaan bahan bakar alternatif dari biomassa enceng gondok.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Pemanfaatan biogas di Indonesia sebagai energi alternatif sangat memungkinkan untuk diterapkan di masyarakat, apalagi sekarang ini harga bahan bakar minyak yang makin mahal dan kadang-kadang langka keberadaannya. Besarnya potensi limbah biomassa padat di seluruh Indonesia seperti kayu dari kegiatan industri pengolahan hutan, pertanian dan perkebunan; limbah kotoran hewan, misalnya kotoran sapi, kerbau, kuda, dan babi juga dijumpai di seluruh provinsi Indonesia dengan kualitas yang berbeda-beda. (Simamora, 2008)

Eceng gondok dan limbah kotoran sapi sebagai sumber C dan N dalam pembuatan biogas mempengaruhi pembentukan gas metan. Menurut Astuti, N., dkk (2013) rasio C/N dalam eceng gondok di Rawapening sebesar 10,8. sedangkan rasio C/N dalam limbah kotoran sapi sebesar 22,97. Suhu selama waktu fermentasi optimal pada hari ke 20 dengan suhu 32°C serta pH mengalami penurunan dari awal sampai akhir waktu fermentasi. Selanjutnya menurut Karkit dan Gautam (1994), bahan dengan C/N rasio yang tinggi dapat dipadukan dengan bahan yang memiliki C/N rasio yang rendah sehingga di peroleh rata-rata perbandingan C/N rasio antara 20-30.

3. METODE PENELITIAN

Desain dalam penelitian ini adalah menggunakan analisis kuantitatif terhadap biogas yang dihasilkan dari sampel dengan sistem anaerob digester air.

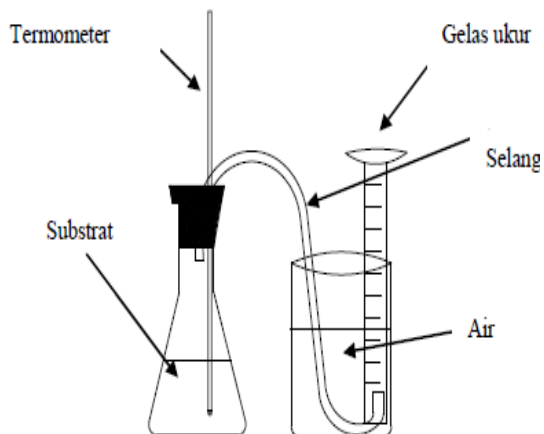
Populasi dan Sampel

1. Persiapan Alat

Persiapan reaktor *anaerobic* menggunakan reaktor batch dengan kapasitas 250 mL sebanyak 12 buah. Reaktor berupa erlenmeyer 250 mL yang ditutup dengan karet berselang yang dihubungkan ke gelas ukur 50 mL untuk pengamatan penurunan air atau larutan kapur yang ada dalam gelas ukur akibat terbentuknya biogas. Adapun alat-alat yang digunakan dalam reaktor adalah sebagai berikut:

1. Gelas ukur
2. Termometer
3. Selang
4. Erlenmeyer
5. Gelas Kimia

Alat-alat yang ada kemudian dirangkai menjadi reaktor batch yang dikenal dengan reaktor batch anaerob digester air. Gambar reaktor dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Reaktor Batch Anaerobik Digester Air

2 Persiapan Bahan

1. Penyediaan enceng gondok.

Enceng gondok diambil langsung dari danau Limboto Kabupaten Gorontalo. Setelah itu seluruh bagian enceng gondok (akar, batang, dan daun) dicacah hingga berukuran kecil-kecil. Setiap reaktor menggunakan 50 g enceng gondok (dalam berat basah) kemudian diblender dan ditambahkan air sesuai variabel komposisi yang akan digunakan pada penelitian pendahuluan.

2. Penyediaan Kotoran Sapi dan usus bekicot

Kotoran sapi diambil dari peternak sapi petani. Kotoran sapi ini dicampur dengan enceng gondok yang sudah diblender sebagai

biostarter. Sedangkan bekicot diambil dari sawah.

3 Rancangan Penelitian

Dalam penelitian ini akan digunakan tiga variabel, yaitu:

1. Variasi biostarter awal
 - 1,25 g kotoran sapi (2,5 % dari 50 g berat enceng gondok yang digunakan pada reaktor)
 - Usus bekicot
2. Adanya pretreatment terhadap substrat dengan hidrolisis asam.
3. Penambahan jumlah *biostarter* menjadi 1 : 1 terhadap enceng gondok yang digunakan (50 g enceng : 50 g *biostarter*)

4. Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pengoperasian reaktor dilakukan berdasarkan urutan berikut (Saputri A.L dan Trihadiningrum, Y, 2010) :

1. Pada penelitian tahap 1, substrat dengan komposisi yang sesuai, diberi perbedaan perlakuan yaitu dengan variasi biostarter 1,25 g kotoran sapi (2,5 % dari 50 g enceng gondok yang digunakan) pada reaktor TAS (tanpa Pengasaman dengan biostarter 1,25 g kotoran sapi), penambahan usus bekicot pada reaktor TAB (tanpa pengasaman dengan biostarter usus bekicot) dan reaktor TAK (tanpa pengasaman sebagai kontrol) sebagai kontrol tanpa penambahan apapun. Dari ketiga reaktor dengan biostarter yang paling efektif dalam menghasilkan biogas akan digunakan sebagai dasar penelitian tahap 2. Penelitian tahap 2 diawali dengan melakukan pretreatment terhadap substrat. Substrat yang digunakan pada tahap 2 ini adalah substrat dengan komposisi yang berdasarkan hasil penelitian pendahuluan. Substrat dihidrolisis dengan menambahkan asam sulfat (H_2SO_4) 5% ke dalam substrat hingga mencapai $pH \pm 2$. Kemudian substrat dipanaskan pada suhu $170^\circ-200^\circ C$ selama 1 jam. Setelah dihidrolisis, substrat diberi penambahan NaOH 1 M untuk mengembalikan pH substrat pada kisaran normal 6,8-8. Setelah pH substrat kembali normal maka selanjutnya penelitian tahap 2.
2. Pada penelitian tahap 2 ini, digunakan pula substrat tanpa proses pengasaman. Namun *biostarter* yang diberikan lebih

banyak yaitu 50 g atau sebanding dengan enceng gondok yang digunakan. Penambahan jumlah biostarter pada tahap 2 ini menggunakan 2 reaktor. Rincian reaktor-reaktornya adalah sebagai berikut:

- Reaktor KS (Pengasaman dengan 50 g kotoran sapi).
- Reaktor SD (sustrat tanpa proses pengasaman dan diberi biostarter dengan perbandingan 1:1)

5. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dengan pemantauan secara rutin setiap hari untuk aspek volume biogas total yang terbentuk dan suhu.

6. Analisis Data

Analisis data dilakukan terhadap biogas yang dihasilkan dan pada akhir proses dilakukan analisis BOD, COD, TS, VS, dan pH terhadap substrat dari reaktor anerobik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Deskripsi Hasil Penelitian

Hasil analisis terhadap biogas yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 2.

Tabel 1. Hasil analisis terhadap produksi biogas

Nama Reaktor	COD (mg/l)	Produksi Biogas (mL)	Lama Pembentukan Biogas (Hari)
TAK	19,92 6	29	21
TAS	25,04 2	50	21
TAB	21,10 4	30	21

Keterangan:

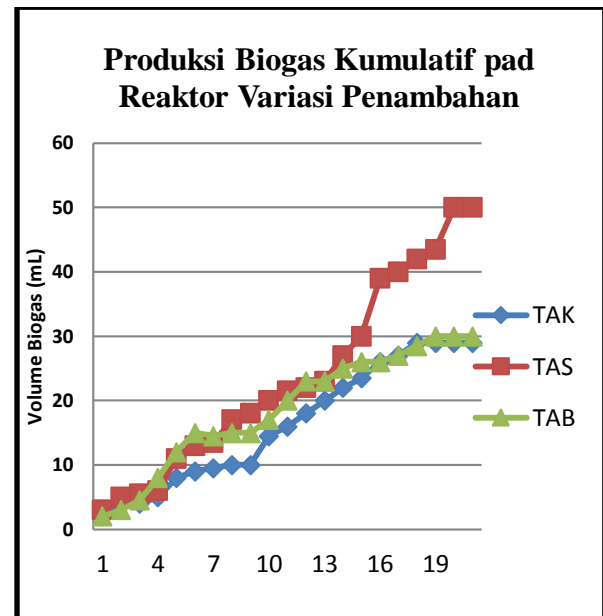
TAK = Tanpa Pengasaman Sebagai Kontrol

TAB = Tanpa Pengasaman dengan Biostater Usus Bekicot

TAS = Tanpa Pengasaman dengan Biostater Kotoran Sapi

Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa produksi biogas yang lebih besar terdapat pada tabung reaktor TAS (tanpa pengasaman dengan biostater kotoran sapi) yaitu sebesar 50 mL, sedangkan pada reaktor TAK (tanpa pengasaman sebagai kontrol) sebesar 29 dan reaktor TAB (tanpa pengasaman dengan penambahan usus bekicot sebesar 30.

Hasil yang diperoleh pada reaktor TAS atau penambahan biostater kotoran sapi dipilih untuk digunakan pada penelitian tahap selanjutnya karena biogas yang dihasilkan lebih besar dibandingkan dengan reaktor TAK dan TAB. Penambahan biostater kotoran sapi dan usus bekicot meningkatkan produksi biogas. Hal ini disebabkan karena kotoran sapi dan usus bekicot mengandung bakteri selulolitik yang dapat mendegradasi substrak enceng gondok yang banyak mengandung selulosa dan hemiselulosa (Saputri, A.R., dan Trihadiningrum, Y., 2010).



Gambar 2. Produksi biogas yang dihasilkan pada reaktor variasi penambahan biostater

Dari ketiga reaktor yang paling efektif menghasilkan biogas menjadi dasar dalam penelitian tahap 2 yaitu dengan pengasaman dan penambahan biostater. Hasil yang diperoleh ternyata yang lebih banyak menghasilkan biogas adalah dengan penambahan kotoran sapi sehingga biostater ini yang digunakan pada penelitian tahap 2.

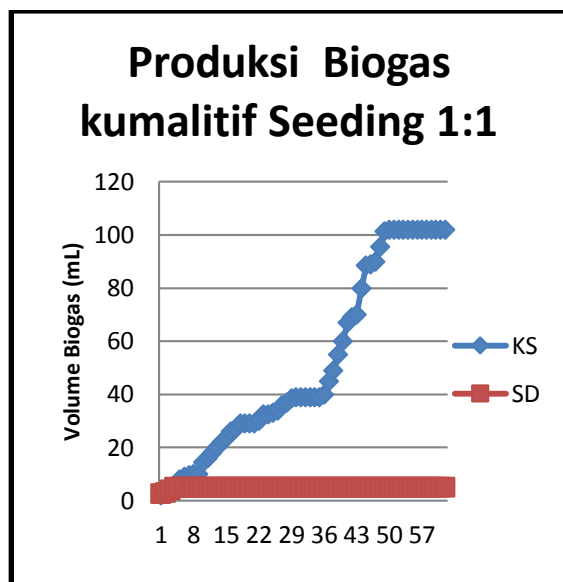
2. Penambahan Asam dan Penambahan biostater

Data hasil penelitian pada reaktor KS dan reaktor SD dapat dilihat pada tabel 2 dan gambar 3.

Tabel 2. Produksi Biogas Pada Reaktor penambahan biostater 1:1

Nama Reaktor	COD (mg/L)	Produksi Biogas (mL)	Lama Pembentukan Biogas (Hari)
SD	76,776	5	4
KS	36,842	102	61

Tabel diatas menunjukkan bahwa produksi biogas lebih besar jika dilakukan pengasaman terhadap enceng gondok dan penambahan biostater yang digunakan. Pada reaktor SD (pengasaman substrat tanpa penambahan biostater kotoran sapi 1:1) biogas yang diperoleh sebesar 5 mL dan reaktor KS (pengasaman substrat dengan penambahan biostater kotoran sapi) sebesar 102 mL.



Gambar 3. Produksi Biogas Pada Reaktor Biostater 1:1

Tabel 2 dan gambar 3 menunjukkan bahwa dengan penambahan asam dan biostater dapat meningkatkan produksi biogas. Produksi biogas pada reaktor SD sangat kecil dibandingkan dengan reaktor KS.

3. Produksi Biogas

Produksi biogas yang dihasilkan dimonitoring tanpa melihat komposisi gas metan. Hasil pengamatan terhadap kelima reaktor yang menghasilkan biogas yang lebih besar yaitu reaktor KS sebesar 1,02 L/Kg biomassa, reaktor TAS sebesar 0,5 L/kg biomassa, reaktor TAB sebesar 0,3 L/Kg biomassa, reaktor TAK sebesar 0,29 dan reaktor SD sebesar 0,05L/kg biomassa. Sedangkan menurut Chanakya (1993) dalam Saputri A.R. dan Trihadiningrum, Y (2010) ,

biogas yang dihasilkan oleh enceng gondok adalah 27,35 L/Kg biomassa.

Pembahasan

1 Pengaruh Penambahan Biostater Pada Pembentukan Biogas

Penambahan biostater pada proses pembentukan biogas dapat meningkatkan produksi biogas. Kotoran sapi dan usus bekicot baik digunakan untuk biostater karena mengandung bakteri biodegradatif yang dapat memulai dan menyokong produksi biogas (Canakya, et al, 1993) dalam (Saputri A.R., Yulianti T, 2010). Bakteri yang terdapat pada kotoran sapi dan usus bekicot berupa bakteri selulolitik yang dapat meningkatkan produksi biogas sebanyak 8,4-44% (Saputri A.R, dan Yulianti T., 2010).

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa dari tiga reaktor yang digunakan pada penelitian tahap awal dengan penambahan kotoran sapi (TAS) dan usus bekicot (TAB) serta TAK (tanpa penambahan sebagai kontrol) membuktikan bahwa reaktor TAS yang memperoleh biogas lebih besar yaitu 50 mL. Demikian juga produksi biogas yang diperoleh dari penambahan usus bekicot sebesar 30 mL. Sedangkan reaktor kontrol lebih sedikit biogas yang dihasilkan.

2 Pengaruh Penambahan Asam dan Penambahan Biostater Terhadap Pembentukan Biogas

Penambahan asam pada substrat enceng gondok dimaksudkan untuk mempercepat proses pembentukan biogas. Preatreatment ini dilakukan dengan penambahan asam sulfat (H_2SO_4) 5 % pada substrat dan dipanaskan selama 1 jam.

Selama proses hidrolisis ini, beberapa produk turunan seperti furfural, 5-hidroksimetilfurfural, asam phenolic, dan beberapa aldehid, asam levulinic, dan asam alivatik lainnya dapat terbentuk dan dapat menghambat hidrolisis enzim dan fermentasi (Saosa *et al.*, 2009) dalam (Saputri, A.R. dan Yulianti, T. 2010). Semakin lamanya pemanasan, maka potensi bertambahnya volume produk turunan tersebut semakin besar. Hal tersebut menjadikan pilihan hidrolisis terhadap substrat enceng gondok ini selama 1 jam.

Proses perlakuan terhadap substrat dimaksudkan agar hemiselulosa dan selulosa pada enceng gondok dapat dipecah menjadi

senyawa-senyawa yang lebih sederhana sehingga lebih mudah terbentuknya biogas. Dengan demikian diharapkan dengan perlakuan ini dapat mempercepat proses pembentukan biogas.

Pembentukan biogas sangat dipengaruhi juga oleh biostater. Semakin banyak biostater yang ditambahkan maka jumlah biogas yang dihasilkan juga makin besar. Biostarter yang ditambahkan pada reaktor SD sebanyak 50 g kotoran sapi mempunyai jumlah mikroorganisme pengurai yang lebih banyak dari penambahan 1,25 g kotoran sapi sebelumnya. Sehingga dapat dibandingkan antara Tabel 2. dan Tabel 1. reaktor KS dapat menghasilkan 102 mL sedangkan reaktor TAS hanya 50 mL. Sedangkan produksi biogas pada reaktor SD lebih sedikit dari hasil produksi reaktor TAK. Hal ini terjadi karena pada proses pengasaman menjadikan mikroorganisme alami terdapat pada enceng gondok sebelumnya mati, sehingga memerlukan tambahan mikroorganisme sebagai stater dalam melakukan proses fermentasi. Namun dalam reaktor SD ini tidak ditambahkan biostater. Oleh karena itu pada reaktor tersebut hanya sedikit terbentuk biogas.

3 Perubahan Parameter-parameter pada Reaktor

Perbedaan besarnya nilai penurunan pada setiap reaktor dipengaruhi oleh kondisi mikroorganisme pengurai pada setiap reaktor dan kondisi lingkungan pada reaktor yang sangat mempengaruhi proses. Banyaknya biostarter menambah jumlah mikroorganisme pengurai bahan organik sebagai COD, sehingga removal COD pada reaktor ini lebih besar diantara reaktor lainnya.

Penurunan konsentrasi BOD terbesar terjadi pada reaktor AS sebesar 75,05 % karena substrat pada reaktor AS ini sudah mengalami hidrolisis lebih dulu menjadi senyawa yang lebih sederhana berupa glukosa yang mudah didegradasi oleh mikroorganisme. Penurunan BOD ini dikarenakan dimakannya atau didegradasinya bahan-bahan organik dari sampel uji oleh mikroorganisme selama proses inkubasi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Biomassa enceng gondok tanpa penambahan biosstater dapat memproduksi biogas sebesar 29 mL, dengan penambahan usus bekicot sebesar 30 mL dan penambahan kotorn sapi sebesar 50 mL.
2. Biomassa enceng gondok dengan penambahan asam dan biostater kotoran sapi 1:1 dapat menghasilkan biogas sebesar 102 mL/kg biomassa.

6. REFERENSI

- Elsevier Ltd. Chanakya, H.N., S. Borgaonkar, M. G. C. Rajan, dan M. Wahi. 1992. **Two-Phase Anaerobic Digestion of Water Hyacinth or Urban Garbage**. Bioresource Technology Vol. 42 Hal. 123–131 Elsevier Ltd.
- Pramudono, B., Prasetya, A.R., Yonathan, A., 2004. Produksi Biogas dari Enceng gondok (*Eichornia Crassipes*) Kajian Konsistensi dan pH Terhadap Biogas Yang Dihasilkan
- Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian. 2009. **Pemanfaatan Limbah dan Kotoran Ternak menjadi Energi Biogas**. Seri Bioenergi Perdesaan. Departemen Pertanian.
- Saputri, A.R dan Trihadiningrum, Y. 2010. Pemanfaatan Biomassa Enceng gondok dari Kolam Greywater Sebagai Penghasil Biogas.

DETEKSI BAKTERI *Streptococcus pyogenes* DENGAN TEKNIK POLYMERASE CHAIN REACTION

Syam S. Kumaji¹

¹Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo
Email: syam_bio@ung.ac.id

ABSTRAK

Streptococcus pyogenes merupakan salah satu bakteri patogen yang bisa menyebabkan infeksi pada manusia. Tonsilofaringitis merupakan salah satu infeksi yang disebabkan oleh bakteri *S. pyogenes*, yaitu peradangan akut pada bagian membran mukosa faring dan struktur lain yang ada disekitarnya. Tonsilofaringitis umumnya terjadi pada anak-anak berusia antara 5 – 15 tahun. Untuk pemeriksaan bakteri *S. pyogenes* dapat ditegakkan dengan pemeriksaan kultur dan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR). Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi bakteri *S. pyogenes* dari pasien anak yang menderita tonsilofaringitis dengan teknik Polymerase Chain Reaction (PCR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 60 sampel swab tenggorok yang diperiksa dengan teknik PCR diperoleh hasil sebanyak 5 sampel yang terdeteksi positif sebagai bakteri *S. pyogenes* dengan menggunakan gen target slo pada amplikon 439bp.

Keyword: *Streptococcus pyogenes*, PCR

A. Pendahuluan

Bakteri *Streptococcus pyogenes* (*S. pyogenes*) merupakan salah satu jenis bakteri yang termasuk dalam kelompok bakteri patogen yang memiliki kemampuan untuk menimbulkan infeksi. Bakteri ini bertanggung jawab untuk berbagai penyakit dengan manifestasi klinis beragam pada manusia karena menimbulkan invasi lokal dan sistemik dan kelainan imunologi pasca infeksi streptokokus (Cole, *et al*, 2011; Jawetz, 2007).

S. pyogenes adalah bakteri penyebab utama morbiditas dan mortalitas di seluruh dunia terutama di negara-negara berkembang dengan perkiraan 500.000 orang mengalami kematian per tahun, dan sebagian besar disebabkan infeksi invasif, demam rematik akut, dan jantung rematik (Steer, *et al*,

2007; Juhn, *et al*, 2012; Borek, *at al*, 2012). Dari data WHO dilaporkan bahwa penyebab kematian akibat infeksi bakteri *S. pyogenes* menduduki urutan kesembilan di antara sepuluh penyebab kematian utama di dunia (Juhn, *et al*, 2012). Selanjutnya menurut Cunningham (2000) bahwa diperkirakan 5-15% individu normal memiliki bakteri ini dan biasanya terdapat pada saluran pernapasan, namun tidak menimbulkan gejala penyakit. *S. pyogenes* dapat menginfeksi ketika pertahanan tubuh inang menurun ketika organisme tersebut mampu berpenetrasi melewati pertahanan inang yang ada. Bila bakteri ini tersebar sampai ke jaringan yang rentan, maka infeksi supuratif dapat terjadi, seperti faringitis, tonsilitis, impetigo dan demam scarlet.

Salah satu infeksi yang disebabkan oleh *S. pyogenes* adalah peradangan akut pada bagian membran mukosa faring dan struktur lain disekitarnya yang disebut tonsilofaringitis. Tonsilofaringitis merupakan infeksi umum yang terjadi pada anak-anak berusia antara 5 – 15 tahun, yaitu sekitar 15% sampai 30 % dan infeksi ini disebarkan melalui kontak orang per orang, melalui tetesan ludah atau sekresi nasal dengan tingkat insidensinya meningkat pada saat musim hujan untuk negara-negara tropis (Cunningham, 2000; Schaad, 2004; Steer, *et al*, 2006).

Gejala tonsilofaringitis yang khas akibat bakteri *Streptococcus* berupa nyeri tenggorokan dengan awitan mendadak, disfagia dan demam. Urutan gejala yang biasanya dikeluhkan oleh anak berusia di atas 2 tahun adalah nyeri kepala, nyeri perut dan muntah. Selain itu juga didapatkan demam yang dapat mencapai suhu 40 °C, beberapa jam kemudian terdapat nyeri tenggorok. Gejala seperti rinorea, suara serak, batuk, konjungtivitas dan diare biasanya disebabkan virus. Kontak dengan pasien rinitis juga dapat ditemukan pada anamnesis (Rahajoe, dkk, 2010).

Diagnosis tonsilofaringitis tidak dapat ditegakkan hanya berdasarkan gejala klinis dan pemeriksaan fisik. Untuk itu pemeriksaan laboratorium sangatlah penting sebagai penunjang dalam pemeriksaan infeksi *Streptokokus* ataupun virus. Baku emas penegakan diagnosis tonsilofaringitis bakteri atau virus adalah melalui pemeriksaan kultur dari apusan tenggorok. Namun dalam pemeriksaan kultur terdapat beberapa keterbatasan, yaitu dalam identifikasi mikroorganisme penyebab memerlukan

waktu sekitar sekitar 2-3 hari, sehingga hal ini akan menyebabkan keterlambatan dalam memulai pengobatan dan dan diperlukan fasilitas laboratorium untuk melakukan kultur tersebut (Aalbers, *et al*, 2011; Jurianti, A, 2008).

Dengan perkembangan biologi molekuler maka telah dilakukan beberapa upaya pengembangan untuk mendeteksi adanya bakteri *S. pyogenes* secara cepat dan aman, salah satunya dengan dengan pendekatan metode molekuler, yaitu teknik *Polymerase Chain Reaction* (PCR) (Goyal, *et al*, 2012). PCR merupakan salah satu teknik amplifikasi asam nukleat *in vitro* yang paling banyak dipelajari dan digunakan secara luas (Putra, 1999). Prinsip utama dari PCR adalah melibatkan beberapa tahap yang berulang (siklus) dan pada setiap siklus terjadi duplikasi jumlah target DNA untai ganda (Handoyo dan Rudiretna, 2000). Selanjutnya menurut Yuwono (2006) bahwa proses PCR melibatkan banyak siklus yang masing-masing terdiri dari tiga tahap berurutan, yaitu denaturasi (*denaturation*), penempelan primer (*annealing*) dan pemanjangan (*elongation*).

B. Metode Penelitian

1. Lokasi dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Puskesmas Kassi-Kassi, Kota Makassar sebagai tempat pengumpulan sampel dan Rumah Sakit Universitas Hasanuddin Lt. 6 sebagai tempat pemeriksaan kultur serta PCR. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret sampai Juni 2013.

2. Populasi dan Sampel

Populasi penelitian adalah pasien anak-anak yang berumur antara 3 – 14 tahun penderita tonsilofaringitis di Puskesmas Kassi-Kassi, Kota Makassar.

Sampel adalah 60 swab tenggorok pada anak. Cara pemilihan sampel pada penelitian ini adalah *consecutive sampling*, yaitu semua sampel swab tonsil-faring, yang memenuhi kriteria McIsaac.

3. Kriteria Inklusi dan Eksklusi

a. Kriteria Inklusi

- 1) Pasien adalah anak-anak umur 3 - 14 tahun.
- 2) Pasien demam yang bersuhu tubuh $\geq 38^{\circ}\text{C}$ atau ada riwayat demam 12 jam sebelum pemeriksaan disertai pembengkakan tonsil, hiperemis dan memenuhi kriteria Mc Isaac dengan skor > 2 .
- 3) Semua pasien yang ikut dalam penelitian ini telah mendapat persetujuan atau izin dari orang tua/ wali dengan menandatangani *informed consent*.

b. Kriteria Eksklusi

- 1) Tidak sedang mengonsumsi antibiotik.
- 2) Tidak bersedia untuk ikut dalam penelitian

4. Alat dan Bahan

a. Alat Penelitian

Alat pengambilan sampel adalah swab kapas steril, medium transpor, termometer dan *ice box*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, inkubator, kaca objek, mikroskop, *laminary air flow*, sarung tangan, masker, bunsen, sentrifuge, tube 1.5 μL , mesin PCR, tube PCR, mikropipet 1-1000 μl , tip aerosol 1000 μl , 100 μl , dan 10 μl , rak tabung, mesin elektroforesis dan gel doc.

b. Bahan Penelitian

Bahan digunakan adalah swab tonsil dan faring, alkohol 70%, BHI Broth, alkohol 96%, aquadest, trizol, glikogen, isopropanol, chloroform,

etanol-OH 75%, DEPC-dH₂O, methanol, TBE, marker, loading dye, agarose, ethidium bromide, pure distilled water (baker), primer spesifik (gen *slo F*; GCCAATGTTTCAACAG CTATTG dan gen *slo R*; CGGAGCTGCACTAAAGGCCGC).

5. Prosedur Kerja

a. Sampel swab tenggorok yang diambil dari pasien anak-anak yang menderita tonsilofaringitis dilakukan oleh petugas laboratorium yang terlatih dan data faktor biomedis (umur, jenis kelamin, keluhan, riwayat pengobatan) dilakukan dengan wawancara).

b. Sampel swab tersebut kemudian dikultur pada media *Brain Heart Infusion Broth* (BHIB) selama 24 jam pada suhu 37°C .

c. Hasil kultur dari media BHIB kemudian dilakukan proses ekstraksi dengan menggunakan metode *Trizol* dengan tujuan untuk mendapatkan DNA secara keseluruhan.

d. Hasil ekstraksi DNA kemudian diamplifikasi dengan teknik PCR menggunakan primer spesifik. Tahap siklus PCR terdiri dari denaturasi awal 94°C selama 5 menit, denaturasi 94°C selama 30 detik (30x), annealing 50°C selama 30 detik kemudian dilanjutkan dengan elongasi awal 72°C selama 1 menit dan elongasi terakhir 72°C selama 7 menit dan diakhiri dengan tahap *cooling* 14°C selama waktu tidak ditentukan.

e. Hasil amplifikasi berupa produk PCR kemudian di elektroforesis untuk melihat pita DNA yang terbentuk.

6. Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian di analisis secara deskriptif.

C. Hasil Penelitian

1. Karakteristik Demografi Pasien Tonsilofaringitis

Sebagai bahan dari penelitian ini adalah 60 sampel swab tenggorok dari pasien anak-anak yang berumur 3-14 tahun yang berobat di Puskesmas Kassi-Kassi Makassar selama bulan April-Juni 2013 dengan gejala klinis yang didasarkan atas kriteria Mc Isaac.

Selanjutnya berdasarkan rata-rata umur diperoleh anak-anak yang

menderita tonsilofaringitis berumur 7,6 tahun dengan umur terendah adalah 3 tahun dan umur tertinggi adalah 13 tahun. Dilihat dari jenis kelamin ternyata laki-laki mempunyai proporsi terbesar, yaitu 32 orang (53,3%) dan perempuan 28 orang (46,7%). Hasil pengamatan distribusi pasien tonsilofaringitis menurut umur dan jenis kelamin ditunjukkan pada Tabel 1.

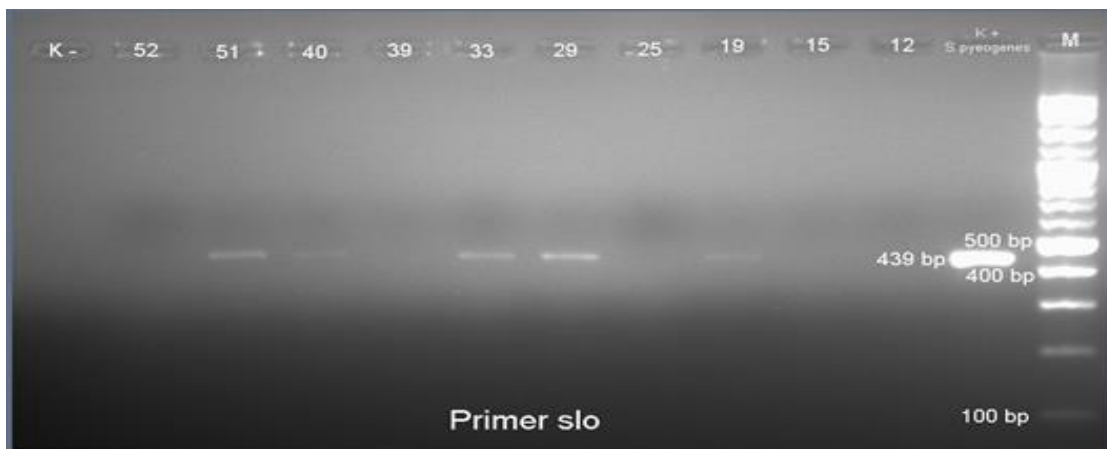
Tabel 1. Distribusi pasien tonsilofaringitis menurut umur dan jenis kelamin

Karakteristik	n = 60
a. Umur (tahun)	
1) Median	7,6
2) Minimum	3
3) Maksimum	13
b. Jenis Kelamin	
1) Laki-laki	32
2) Perempuan	28

2. Hasil Pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction*

Dari hasil pemeriksaan *Polymerase Chain Reaction* (PCR) menunjukkan bahwa 60 sampel swab tenggorok dari pasien anak-anak yang

didiagnosis tonsilofaringitis dengan menggunakan primer gen *slo* pada amplicon 439 bp diperoleh 5 sampel positif *S. pyogenes*, yakni sampel kode 19, 29, 33, 40 dan 51. Untuk jelasnya hasil PCR ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil penggandaan produk DNA untuk mendeteksi *S. pyogenes* dengan teknik PCR pada amplicon 439 bp

D.

E. Pembahasan

Penelitian ini menggunakan 60 sampel swab tenggorok yang terdiri dari pasien anak-anak usia antara 3-14 tahun yang berobat di Puskesmas Kassi-Kassi Makassar selama bulan April-Juni 2013 dengan gejala klinis yang didasarkan atas kriteria Mc Isaac, yaitu demam $\geq 38^{\circ}\text{C}$, tidak batuk, pembengkakan kelenjar servikal, pembengkakan dan eksudat tonsil (McIsaac, *et al*, 2004). Dari 60 subjek tersebut terdiri dari 32 laki-laki dan 28 perempuan. Hal ini disebabkan karena laki-laki lebih aktif dibandingkan dengan perempuan dimana laki-laki suka bermain dan berinteraksi dengan lingkungan luar sehingga akan lebih rentan terpapar bakteri yang bisa menyebabkan tonsilofaringitis (Rizkianti, A. 2009).

Berdasarkan umur diperoleh rata-rata anak-anak yang menderita tonsilofaringitis berumur 7,6 tahun dengan umur terendah adalah 3 tahun dan umur tertinggi adalah 13 tahun. Menurut Malino (2012) bahwa insidensi tonsilofaringitis meningkat sesuai dengan umur dan mencapai puncaknya pada 4–7 tahun, dan berlanjut hingga dewasa. Secara epidemiologik, penelitian pada penderita dengan infeksi tenggorok menunjukkan bahwa penyebaran melalui udara (droplet nuklei, debu) dan lingkungan yang tercemar serta penyebaran dalam keluarga dan sekolah sering terjadi (Soedarmo, dkk, 2010).

Berdasarkan hasil pengujian PCR dengan menggunakan primer gen *slo* yang memiliki panjang ampikon 439 bp yang merupakan salah satu daerah penanda gen pada bakteri *S. pyogenes* diperoleh hasil sebanyak 5 sampel positif bakteri *Streptococcus pyogenes* dari 60

sampel yang diperiksa. Dari hasil elektroforesis terlihat pita DNA terbentuk pada sumur nomor 19, 29, 33, 40, 51 sedangkan kontrol negatif tidak terbentuk pita DNA. Pita DNA yang terbentuk menunjukkan bahwa dalam sampel swab tonsilofaringitis positif mengandung *S. pyogenes* dengan ketebalan pita yang berbeda-beda. Hal ini sesuai pendapat Hatta, dkk, (2004) bahwa pita DNA yang terbentuk memperlihatkan ketebalan yang berbeda-beda dan hal ini tergantung pada banyaknya DNA yang akan di amplifikasi dimana semakin banyak DNA yang di amplifikasi maka semakin tebal/terang pita DNA yang terbentuk.

Dari hasil penelitian yang dilakukan Jing *et al* (2006) dari 86 strain streptokokus grup A yang diambil dari sampel darah (n = 10), epifaring (n = 47), nanah (n = 7), luka dan dari sumber lain (n = 15), menunjukkan bahwa semua sampel yang di uji dengan menggunakan primer gen *slo* pada panjang 439 bp mampu mendeteksi 100% keberadaan bakteri. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Thenmozhi, R, *et al*, (2010) dari 270 sampel swab tenggorok pasien faringitis diperoleh hasil dengan metode kultur teridentifikasi sebanyak 8 sampel positif bakteri *S. pyogenes* sedangkan dengan teknik PCR dengan menggunakan primer spesifik (SCAR) teridentifikasi sebanyak 23 sampel positif bakteri *S. pyogenes*

Teknik PCR merupakan salah satu metode molekuler yang telah banyak menjadi pilihan klinisi selama beberapa tahun terakhir. Beberapa alasan yang mendasari hal tersebut adalah metode ini mampu mengidentifikasi bakteri dalam waktu yang cepat, membutuhkan jumlah sampel yang sedikit. Namun, metode ini

memiliki beberapa kelemahan, yaitu membutuhkan alat yang canggih, bahan yang lebih mahal dan membutuhkan keterampilan khusus.

Pada prinsipnya reaksi PCR berlangsung dalam 3 tahap yang berbeda suhu dan waktunya, yaitu tahap denaturation, annealing, dan extension. Reaksi tersebut berlangsung di dalam mesin PCR yang telah diatur suhu dan waktunya. Proses PCR dimulai dengan:

1. Proses denaturation, yaitu proses terjadinya pemisahan untai ganda DNA template (dsDNA) menjadi untai tunggal DNA (ssDNA). Proses ini hanya terjadi pada suhu tinggi (93-96°C)
2. Proses annealing yaitu proses penempelan/hibridisasi pasangan primer pada DNA target dengan posisi yang sesuai (komplemen), yaitu pada dua bagian yang berbeda yang mengikat bagian yang akan digandakan. Proses annealing berlangsung pada suhu 50-68°C.
3. Proses extension yaitu proses sintesis DNA baru yang komplementer dengan DNA template. Proses ini terjadi pada suhu 70-72°C.

Untuk pemeriksaan bakteri dengan menggunakan teknik PCR memiliki jumlah siklus yang berbeda tergantung gen target yang diinginkan. Untuk bakteri *S. pyogenes* dengan SLO sebagai gen target pada amplicon 434 bp memiliki program PCR sebagai berikut; tahap denaturasi awal 94°C selama 5 menit, denaturasi 94°C selama 30 detik (30x), annealing 50°C selama 30 detik kemudian dilanjutkan dengan elongasi awal 72 °C selama 1 menit dan elongasi terakhir 72°C selama 7 menit dan diakhiri dengan tahap *cooling* 14 °C

selama waktu tidak ditentukan (Jing, *et al*, 2006).

F. Kesimpulan dan Saran

1. Kesimpulan

Dari 60 sampel swab tenggorokan yang diperiksa dengan teknik PCR pada gen target *slo* (amplicon 439 bp) diperoleh hasil 5 sampel terdeteksi positif sebagai bakteri *S. pyogenes*.

2. Saran

Untuk penelitian lanjutan disarankan dengan menggunakan jumlah sampel yang lebih banyak serta penggunaan gen target lain untuk mendeteksi adanya bakteri *S. pyogenes*.

G. Daftar Pustaka

1. Aalbers, J., O'Brien, K.K., Chan, W.S., Falk, G.A., Teljeur, C., Dimitrov, B.D and Fahey, T. 2011. Predicting Streptococcal Pharyngitis In Adults In Primary Care: A Systematic Review of The Diagnostic Accuracy of Symptoms and Signs and Validation of The Centor Score. *J BMC Medicine* 2011, 9:67
2. Borek, A.L., Obszańska, K., Hryniewicz, W., and Sitkiewicz, I. 2012. Detection of Streptococcus Pyogenes Virulence Factors by Multiplex PCR. *J Virulence* 3:6, 529–533.
3. Cole, J.N., Barnett, T.C., Nizet, V., and Walker, M.J. 2011. *Molecular Insight Into Invasive Group A Streptococcal Disease*. USA ; Department of Pediatrics and Skaggs School of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, University of California San Diego, La Jolla.
4. Cunningham, M.W. 2000. Pathogenesis of Group A

- Streptococcal Infections. *JClinical Microbiology*, July 2000, p. 470–511, Vol. 13, No. 3
5. Goyal, K., Chitransh, R., Khare, S., Chaudary, R., dan Kumar, A. 2012. Rapid PCR Based Diagnosis of Pharyngitis and Rheumatic Heart Disease Using mga Gene as a Spesific Genetic Marker. *The Journal of Bioscience and Medicine* 2, 1 (2012)
 6. Handoyo, D dan Rudiretna A. 2000. Prinsip Umum dan Pelaksanaan Polymerase Chain Reaction (PCR). *Jurnal Unitas*, Vol. 9, No. 1, September 2000 - Pebruari 2001, 17-29.
 7. Hatta, Moch, Eka W, Zaraswati D, Rosana A, M. Sabir, Yadi, Masyhudi. 2004. Pengaruh dekontaminasi dalam identifikasi *Mycobacterium tuberculosis* dengan pewarnaan Ziehl-Neelsen dan Polymerase Chain Reaction. *Jurnal Kedokteran Yarsi* 12(3) : 17-24.
 8. Jawetz, Melnick and Adelberg. 2007. *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: EGC.
 9. Jing, H., Ning, B., Hao, H., Zheng, Y., Chang, D., Jiang, W., and Jiang, Y. 2006. Epidemiological Analysis of Group A Streptococci Recovered From Patients In China. *Journal of Medical Microbiology*, 55, 1101-1107.
 10. Juhn, Y.J. Frey, D., Li, X., and Jacobson, R. 2012. Streptococcus Pyogenes Upper Respiratory Infection and Atopic Conditions Other Than Asthma: A Retrospective Cohort Study. *J Prim Care Respir J* 2012; 21(2): 153-158
 11. Jurianti, A. 2008. *Faringitis Grup A β Hemolitik Streptokokus Pada Anak-Anak: Klinis dan Kultur Tenggorok*. Tesis. Yogyakarta: Bagian Ilmu Kesehatan Anak, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada
 12. Malino, I.Y. 2012. *Uji Diagnosis Kriteria McIsaac Pada Faringitis Akut Streptokokus β Hemolitikus Grup A*. Tesis. Program Studi Ilmu Kedokteran Klinis Sekolah Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
 13. McIsaac, W.J., Kellner, J.D., Aufricht, P., Vanjaka, A., dan Low, D.E. 2004. Empirical Validation of Guidelines for the Management of Pharyngitis in Children and Adults. *J American Medical Association* Vol 291 No. 13
 14. Putra, S.T. 1999. *Biologi Molekuler Kedokteran*. Surabaya; Airlangga University Press.
 15. Rahajoe, N., Supriyatno, B., dan Setyanto, D.B. 2010. *Buku Ajar; Respirologi Anak Edisi Pertama*. Ikatan Dokter Anak Indonesia.
 16. Rizkianti, A. 2009. *Faktor-Faktor yang berhubungan Dengan Kejadian Pneumonia Pada Balita 10-59 Bulan yang Dirawat Inap di RSUP Persahabatan Jakarta 2008*. Skripsi. Jakarta: FKM UI
 17. Schaad, U.B. 2004. Acute Streptococcal Tonsillopharyngitis; a Review of Clinical Efficacy and Bacteriological Eradication. *The Journal of International Medical Research*, 2004; 32: 1 – 13
 18. Soedarmo, S.S.P., Garna, H., Hadinegoro, S.R.S dan Satari, H.I. 2010. *Buku Ajar; Infeksi dan Pediatri Tropis Edisi Kedua*. Ikatan Dokter Anak Indonesia.
 19. Steer, A.C., Danchin, M.H and Carapetis, J.R. 2007. Group A Streptococcal Infections In Children.

- Journal of Paediatrics and Child Health* 43 (2007) 203–213.
20. Thenmozhi, R., Balaji, K., Kanagavel, M. And Pandian, S.K. 2010. Development of Species-Specific Primers for Detection of *Streptococcus pyogenes* from Throat Swabs. *Federation of European Microbiological Societies*.
 21. Yuwono, T. 2006. *Teori dan Aplikasi; Polymerase Chain Reaction*. Yogyakarta; Andi.

ANALISIS KUANTITATIF LOGAM BERAT Cd, Cu, DAN Zn DALAM AIR LAUT DAN BEBERAPA JENIS KERANG DI PERAIRAN TELUK PALU SULAWESI TENGAH

Irwan Said¹, Tri Santoso¹
Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

ABSTRACT

Determination of heavy metal contents (Cd, Cu, and Zn) in water and some species of mussels collected from Palu Bay were carried out in Oktober 2013. Water samples are taken in twelve stations, while mussels collected in coastal area. Total heavy metals content in all samples were determined by air-acetylene flame AAS. The result showed that the observed concentrations of heavy metal Cd and Cu is higher than the maximum standart set for living of marine organism established by Indonesian Government, while Zn still lower. The concentrations of Zn is found in *mussel Thais* sp (1594 ppm). Cd in *Gaerarium tumidum* and *Isognomon ehipium* (4.852 ppm), and Cu in *Narita polita* (83,108 ppm). This results showed that the capability of Zn accumulation by mussels is much higher than other heavy metals observed. Cd content in all mussels is higher than 2 ppm, and Zn is higher than 60 ppm. This concentrations has passed WHO standart namely 2 ppm and 40 ppm, while for Cu the higher concentrations is found in *Narita polita* (83,104 ppm) and *Isognomon ehipiion* (79,62 ppm) only. This concentrations has passed WHO standart namely 30 ppm.

Keywords: Heavy metal, mussel, Palu Bay.

PENDAHULUAN

Logam berat seperti Cd, Cu, dan Zn termasuk dalam golongan logam dengan criteria yang sama dengan logam-logam lainnya. Perbedaannya terletak pada pengaruh yang dihasilkan bila logam berat tersebut membentuk ikatan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup (Palar, 1994). Umumnya logam berat bersifat racun, namun dalam jumlah kecil dibutuhkan oleh tubuh. Sifat racunnya akan timbul bila terdapat dalam kadar yang relatif tinggi.

Cd bersifat racun bagi tubuh, penyebab penyakit itai-itai (Kobayashi, 1978). Cd akan terakumulasi dalam ginjal dan hati, dan dapat menyebabkan anemia, menurunkan absorpsi besi dalam usus, dan menurunkan aktivitas enzim leusine amino peptidase yang diperlukan oleh Zn (Suwirma, 1988). Cd juga menghalangi aktivitas enzim sulfhidril, yang mempunyai afinitas untuk sel (Berman, 1980). Gejala keracunan Cd pada manusia adalah; kerapuhan tulang, gangguan fungsi

ginjal, pernafasan, syaraf, dan *Emphysema* (Sanusi, 1985).

Cu merupakan unsure esensial yang terdapat dalam organisme hidup. Cu penting bagi protein, metaloenzim, beberapa pigmen yang ada di alam dan untuk sintesis haemoglobin dan pembentukan tulang (Surwina, 1988). Hati, jantung, otak, ginjal, dan rambut mengandung Cu yang tinggi dibandingkan jaringan lain. Jika kandungan Cu berlebihan dalam hati, dapat menyebabkan penyakit yang disebut *Wilsin's diseases*, atau degenerasi hepatolikuler yang ditandai dengan penyakit hati dan gangguan pada mata (Berman, 1980). Toksisitas Cu akan muncul bila jumlah Cu yang diserap tubuh melebihi nilai toleransi organisme yang bersangkutan.

Zn adalah logam esensial untuk pertumbuhan normal, reproduksi, dan berguna untuk proses perbaikan jaringan dan penyembuhan luka. Zn dan Cu terikat pada sitosol hati yang mengandung protein yang

identik dengan metalotionein, sehingga berguna sebagai detoksifikasi logam berat seperti Cd. Unsur Zn dapat mengganti Cd dalam suatu ikatan, karena kedua unsur tersebut berada dalam satu golongan, maka Zn dapat mengurangi daya racun Cd. Kelebihan Zn dapat menyebabkan tumor, *paralysis*, menghalangi pertumbuhan, dan anemia, hal terbukti pada hewan uji (Laws, 1981).

Berdasarkan uraian di atas, maka tulisan ini akan menguraikan mengenai analisis kuantitatif kandungan logam berat Cd, Cu, dan Zn di dalam air laut dan beberapa jenis kerang di perairan Teluk Palu, faktor-faktor yang mempengaruhi, serta dampaknya terhadap organisme hidup.

METODOLOGI

Penelitian dilakukan di perairan Teluk Palu Sulawesi Tengah pada bulan Oktober 2013. Contoh air laut permukaan sebanyak 1 liter diambil dari 12 stasiun pengamatan dengan menggunakan tabung plastik yang dimodifikasi. Contoh air laut disimpan dalam botol PVC dan diawetkan dengan HNO₃

pekat sampai pH < 2. Sebanyak 500 mL air laut dipisahkan dan dipekatkan dengan ammonium piolidin ditio karbamat (APDC) dan diekresikan dengan metal isobutil keton (MIBK). Contoh biota diambil dipinggir pantai pada saat air surut, dan disimpan dalam botol plastik. Selanjutnya contoh didestruksi dengan H₂SO₄ dan HNO₃ pekat dengan perbandingan 2 : 1. Hasil pelarutan dipekatkan dan diekstraksi dengan cara yang sama dengan contoh air. Selanjutnya kadar logam berat Cd, Cu, dan Zn dalam semua contoh ditentukan dengan Spektrofotometer Serapan Atom (*Atomic Absorbtion Spectrofotometer*) dengan menggunakan nyala campuran udara-asetilen.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Air Laut

Hasil analisis logam berat (Cd, Cu, dan Zn) dalam air laut Teluk Palu disajikan pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat kadar Cd dalam air berkisar antara 0,021-0,036 ppm dengan rerata $0,031 \pm 0,004$ ppm. Data ini menunjukkan bahwa variansi kadar Cd di seluruh lokasi pengamatan relative tidak besar (CV= 12,90%).

Tabel 1.
Kadar Logam Berat Cd, Cu, dan Zn Dalam Air Laut di Teluk Palu

No	Stasiun	Logam berat (Air Laut), ppm		
		Cd	Cu	Zn
1	1	0,021	0,053	0,019
2	2	0,030	0,059	0,036
3	3	0,031	0,064	0,036
4	4	0,036	0,069	0,022
5	5	0,031	0,069	0,022
6	6	0,030	0,069	0,019
7	7	0,035	0,069	0,019
8	8	0,031	0,079	0,022
9	9	0,031	0,069	0,021
10	10	0,026	0,064	0,022
11	11	0,036	0,064	0,022
12	12	0,035	0,074	0,030
x ± sd		0,031 ± 0,004	0,066 ± 0,005	0,24 ± 0,006
CV		12,90%	7,57%	25%
Baku mutu		0,01	0,06	0,10

Sumber : Kantor MENKLH (1988).

Kadar Cd ini telah melebihi Nilai Ambang Batas (NAB) Cd dalam air laut yang ditetapkan oleh Kantor MENKLH (1988) yaitu sebesar 0,01 ppm.

Kadar Cu dalam contoh air berkisar antara 0,053-0,074 mg/L dengan rerata $0,066 \pm 0,005$ mg/L. Data ini menunjukkan bahwa variansi kadar Cu di seluruh lokasi pengamatan relative tidak besar (CV= 7,57%). Kadar Cu ini telah melebihi NAB yang ditetapkan oleh Kantor MENKLH (1988) untuk kepentingan organisme perairan yaitu 0,06 ppm.

Kadar Zn dalam air laut berkisar antara 0,019-0,036 ppm dengan rerata $0,024 \pm 0,006$ ppm. Data ini menunjukkan bahwa variansi kadar Zn di seluruh lokasi pengamatan relatif besar (CV = 25%). Kadar

Zn ini belum melebihi NAB yang ditetapkan oleh Kantor MENKLH (1988) untuk kepentingan organisme perairan yaitu < 0,10 ppm. Dengan demikian kadar Zn di perairan ini belum berbahaya bagi biota hidup di dalamnya.

Kerang

Hasil pengukuran kadar logam berat (Cd, Cu, dan Zn) dalam daging kerang yang diambil dari Teluk Palu, disajikan pada Tabel 2. Dari Tabel 2. Dapat dilihat bahwa kadar Cd dalam semua jenis kerang berkisar antara 2,228-4,852 ppm, kadar ini relative tinggi dibandingkan dengan kadar Cd dalam air laut.

Tabel 2.
Kadar Cd, Cu, dan Zn dalam Kerang di Teluk Palu
(ppm, berat basah)

No	Jenis Kerang	Cd	Cu	Zn
1	<i>Anadara granosa</i>	3,412	10,245	60
2	<i>Gaerarium tumidum</i>	4,852	15,807	141
3	<i>Narita polita</i>	2,228	83,108	163
4	<i>Isognomon ephippium</i>	4,852	79,62	591
5	<i>Thais sp</i>	4,464	29,82	1594
	Baku Mutu	2*	30**	40**

Sumber * = Plasket & Potter (1979);

** Hutagalung & Suwirma /91987).

Data diatas menunjukkan bahwa Cd yang terdapat dalam air, terakumulasi dalam tubuh kerang yang diamati dengan factor akumulasi berkisar antara 7,147-15,65 kali (Tabel 3).

Hal yang sama juga ditemukan oleh Hutagalung & Razak (1982) di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta, dan Hutagalung & Sutomo (1996) di perairan Teluk Banten, Jawa Barat. Namun, berbeda dalam factor akumulasinya. Factor akumulasi adalah perbandingan antara kadar cd, Cu, dan Zn yang terdapat dalam daging kerang dengna kadar yang terdapat dalam air laut.

Hutagalung & Razak (1982) mendapatkan factor akumulasi Cd oleh kerang darah, *Anadara granosa* di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta berkisar antara 14-18 kali lebih tinggi dari air laut, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan Teluk Palu, yang factor akumulasinya 11 kali (Tabel 3). Perbedaan ini mungkin disebabkan oleh perbedaan umur dari masing-masing kerang tersebut. Kadar Cd dalam kerang darah *Anadara granosa* yang berasal dari Teluk Palu, adalah 3,412 ppm, kadar ini lebih tinggi dibandingkan dengan kadar Cd dalam kerang darah *Anadara granosa* yang berasal

dari Muara Angke, Teluk Jakarta yaitu 2,048 ppm dan 2,310 ppm, dan Teluk Banten, Jawa Barat yang berkisar antara 0,01 – 0,042 ppm (Hutagalung & Razak, 1982; Hutagalung & Sutomo, 1996). Di sini terlihat bahwa akumulasi Cd pada kerang *Anadara granosa* di Teluk Palu, relatif lebih tinggi. Hal ini di

samping disebabkan oleh perbedaan umur, juga oleh perbedaan kondisi fisik dan kimia masing-masing perairan. Perbandingan kadar Cd, Cu, dan Zn dalam daging kerang dengan kadar Cd, Cu, dan Zn dalam air laut (Faktor akumulasi) disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3.
Perbandingan Kadar Cu, Cd, dan Zn dalam Kerang dan Air Laut (faktor akumulasi)

Faktor Akumulasi				
No	Jenis Kerang	Cd	Cu	Zn
1	<i>Anadara granosa</i>	11,00	155	2500
2	<i>Gaerarium tumidum</i>	15,56	239	5875
3	<i>Narita polita</i>	7,187	1259	6792
4	<i>Isognomon ehippium</i>	15,65	1206	24625
5	<i>Thais sp</i>	14,4	451	66416

Dari Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa kadar Cd dalam daging kerang yang diamati ternyata tidak sama. Kadar Cd tertinggi dijumpai pada kerang *Gaerarium tumidum* dan *Isognomon ehippium* yaitu sebesar 4,852 ppm dan terendah pada kerang *Narita polita* yaitu 2,228 ppm. Perbedaan ini disebabkan oleh perbedaan fisiologis masing-masing jenis kerang.

Nilai ambang batas Cd dalam makanan hasil laut yang ditetapkan oleh *Australian National Health and Medical Council* adalah 2 ppm (Plasket & Potter, 1979). Kadar Cd dalam semua jenis kerang yang diamati di Teluk Palu, ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan Nilai Ambang Batas tersebut. Jumlah Cd yang boleh masuk ke tubuh manusia melalui badan makanan adalah 400 µg per orang per minggu per 70 kg berat badan (Hutagalung, 1991). Berdasarkan ketentuan ini, maka jumlah kerang *Gaerarium tumidum* dan *Isognomon ehippium* yang bias dikonsumsi adalah 400 µg dibagi 4,852 µg/g (kadar Cd dalam *Gaerarium tumidum* dan *Isognomon ehippium*) = 82 g per minggu per 70 kg berat badan. Dengan cara yang sama akan

diperoleh jumlah maksimum kerang lain yang diperkenankan untuk dikonsumsi.

Seperti halnya Cd, kadar Cu dalam semua jenis kerang juga lebih tinggi dibandingkan dengan kadar Cu dalam air. Hal ini juga menunjukkan bahwa Cu yang terdapat dalam air terakumulasi dalam tubuh kerang yang diamati, dengan faktor akumulasi yang berkisar antara 155-1259 (Tabel 3). Akumulasi ini terjadi akibat konsumsi Cu yang berlebihan, sehingga tidak mampu lagi dimetabolisme oleh kerang tersebut. Hal yang sama ditemukan oleh Hutagalung & Razak (1982) di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta, dan Hutagalung & Sutomo (1996) di perairan Teluk Banten, Jawa Barat.

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa akumulasi Cu oleh kerang yang diamati ternyata tidak sama. Hal ini diperkirakan karena perbedaan fisiologis masing-masing jenis kerang. Kadar Cu yang tinggi dijumpai pada kerang *Narita polita* yaitu 83,108 ppm dan *Isognomon ehippium* yaitu 79,62 ppm. Kadar Cu dalam kedua jenis kerang tersebut telah melebihi nilai Ambang Batas yang ditetapkan oleh *The Current State Food Standard Regulation*, Tasmania (Hutagalung

& Suwirna, 1987) untuk bahan makanan yang berasal dari laut. Menurut standar Tasmania tersebut Nilai Ambang Batas Cu yang diperkenankan dalam bahan makanan hasil laut adalah 30 ppm.

Jumlah Cu yang diperkenankan masuk ke dalam tubuh manusia adalah 33.500 µg per 70 kg berat badan per minggu (Hutagalung, 1991). Dengan demikian kadar total Cu yang diperkenankan masuk ke dalam tubuh manusia akan diperoleh jika mengkonsumsi kerang *Narita polita* tersebut sebanyak 35.500 µg/83,104 µg/gr = 427 g per 70 kg berat badan per minggu dan kerang *Isognomon ehippium* sebanyak 35.500 µg/79,62 µg/g = 455 g per 70 kg berat badan per minggu. Menurut WHO (palar, 1994), kebutuhan tubuh manusia terhadap Cu cukup tinggi. Manusia dewasa membutuhkan sekitar 30 µg Cu per kg berat badan, anak-anak 40 µg per kg berat badan, sedangkan bayi 80 µg per kg berat badan. Pada kerang, bila dalam tubuhnya telah terakumulasi Cu dalam jumlah tinggi maka bagian otot tubuhnya akan berwarna kehijauan. Hal tersebut dapat dijadikan petunjuk apakah kerang yang hidup di suatu perairan masih layak untuk dikonsumsi atau tidak.

Kadar Zn dalam semua jenis kerang juga relative tinggi dibandingkan dengan dalam air. Hal ini menunjukkan bahwa Zn yang terdapat dalam air juga telah terakumulasi dalam tubuh kerang yang diamati, dengan factor akumulasi yang berkisar antara 2500-66416 kali. Hal yang sama juga ditemukan oleh Hutagalung & Razak (1982) di perairan Muara Angke, Teluk Jakarta, dan Hutagalung & Sutomo (1996) di perairan Teluk Banten, Jawa Barat.

Kadar Zn dalam semua jenis kerang tidak sama, seperti yang telah dijelaskan terdahulu untuk Cd dan Cu. Perbedaan tersebut ada kaitannya dengan sifat fisiologis masing-masing kerang. Kadar Zn dalam semua jenis kerang yang diamati telah melebihi Nilai Ambang Batas yang diperkenankan untuk dikonsumsi. Kadar Zn

tertinggi dijumpai dalam kerang *Thais sp* yaitu 1594 ppm, dan terendah dalam kerang darah *Anadara granosa* yaitu 60 ppm Nilai Ambang Batas Zn yang diperkenankan untuk bahan makanan hasil laut menurut *Tasmanian Food and Drug Regulation* (Hutagalung & Suwirna, 1987) adalah 40 ppm. Dengan demikian bila kerang tersebut dikonsumsi manusia akan dapat menimbulkan keracunan.

KESIMPULAN

Dari data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kadar Cd dan Cu dalam air laut lebih tinggi dari Nilai Ambang Batas yang ditetapkan oleh Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, sedangkan dalam daging semua jenis kerang kadar Cd, Cu, dan Zn telah melebihi nilai ambang batas yang diperkenankan untuk bahan makanan hasil laut. Kadar Cd tertinggi dan dalam kerang *Gaerarium tumidum* dan *Isognomon ehippium*, Cu dalam kerang *Narita polita*, dan Zn dalam kerang *Thais sp*. Untuk Cd, kerang *Gaerarium tumidum* dan *Isognomon ehippium* yang dikonsumsi adalah 82 g per minggu per 70 kg berat badan. Untuk Cu, kerang *Narita polita* dan *Isognomon ehippium* yang boleh dikonsumsi adalah 427 gr dan 455 gr per minggu per 70 kg berat badan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kantor MENKLH. 1988. *Keputusan Menteri Negara Kependudukan No. Kep-02/MNKLH/I/1988 tentang Pedoman Buku Mutu Lingkungan*. Kantor Menteri Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup, Jakarta
- Berman.E.1980. *Toxic Metals and Their Analysis*. Heyden & Son Ltd. Heyden, London.
- Hutagalung, H.P & H. Razak. 1982. *Pengamatan Pendahuluan Kadar*

- Pb dan Cd dalam Air dan Biota di Estuari Muara Angke. Oseanologi di Indonesia* No 15: 1-10.
- Hutagalung, H.P & Sutomo. 1996. *Kandungan Pb, Cd, Zu dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah di Perairan Teluk Banten, Jawa Barat. Inventarisasi dan Evaluasi Lingkungan Pesisir* (Oseanografi, Geologi, Biologi dan Ekologi). P3O-LIPI, Jakarta: 141-146.
- Hutagalung, H.P & S. Suwirna. 1987. *Heavy Metals Content in Some Seafoods Collected from Angke Estuary Fish Auction Place, Jakarta. Mar.Res. Indonesia* (26): 51-58.
- Hutagalung, H.P. 1991. *Pencemaran Laut oleh Logam Berat*, Dalam: D.H. Kunarso & Ruyitno: *Status Pencemaran Laut di Indonesia dan Teknik Pemantauannya*. P3O-LIPI, Jakarta: 45-49.
- Kobayashi, J. 1978. Pollution by Cadmium and Itai-Itai Disease in Japan. *In Toxicity of Heavy Metals in The Environment*. Part I. Maecell Dekker, Inc., New York.
- Laws, E.A. 1981. *Aquatic Pollution*. A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, New York.
- Magnuson, B. & S. Westerlund. 1981. *Solvent extraction procedures combined with back titration for trace metals determinations by atomic absorption spectrophotometry. Anal. Chin.Acta.* 131: 63-72
- Palar, H. 1994. *Pencemaran & Toksikologi Logam Berat*. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta.
- Plasket, D. & G. Potter. 1979. *Heavy Metals Concentration in the Muscle Tissue of 12 Species of teleost from Cockburn Sound, Western Australia. Aust. J. Mar. Fresw. Res.* 30 (5): 607-616
- Said, I. 2011. Bioakumulasi Logam Berat Krom (Vi), Merkuri (Ii), Dan Timbal (Ii) Dalam Makrozoobentos *Terebralia Sulcata* Pada Perairan Estuaria Teluk Palu, Disertasi. Tidak diPublikasikan, Pasca sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
- Sanusi, H.S. 1985. *Akumulasi Logam berat Hg dan Cd pada tubuh IKan Bandeng. Thesis.* Fakultas Pascasarjana IPB-Bogor
- Suwirma, S, 1988. *Kandungan Logam Berat di Aliran Sungai Cakung. Thesis.* Program Pascasarjana Ilmu Lingkungan Universitas Indonesia, Jakarta.

Electrospray Mass Spectrophotometry of Linear Ligands and their metal ion complexes

Vanny Tiwow

Faculty of Education Tadulako University Palu

Email : Vanny.Tiwow@gmail.com

Abstract

The aim of this research is to determine if the linear N₂ Ligand and the linear N₂S₃ ligand in solution in the absence and presence of a range of mainly M(II) ion survive the electrospray process, and whether the mass spectra reflect likely species that are present in bulk solution. The application of electrospray mass spectrometry (ESMS) method which consisted of a vacuum system, an inlet system, an ESI sources, a quadrupole mass filter and an electron multiplier detector. Each part of these contents had their technique, condition and processing. Sample solutions of complexes of ligand were prepared in milli-Q water (to 10⁻⁴M). Aliquots of these solution 20 m were stirred and gently heated, mixed, with the solution of the metal ion salts in water, stirred and the pH adjusted. All sample solutions were directly infused into the electrospray sources using a 10-microliter syringe assisted by the flow of mobile phase which was fed by the binary pumps of the HPLC system. The result showed that both these linear ligands clearly went through a various of range cleavage reaction under ESMS conditions but keep their consistency in part as free and complexed species. Fragmentation appeared indiscriminantly at the weaker C-S and C-N bonds rather than at C-C bonds. A wide range of transition metals formed dominantly 1;1 complexes with the ligands reflecting the behavior in bulk solution.

Key words: linear ligand, complexes, ESMS

1. Introduction

The development of ESMS has had a profound impact on the mass spectrometric analyses of a broad range of analytes, notably inorganic and inorganic and bioinorganic systems. One of the potential areas of investigation involving ESMS has been the detection and analysis of transition metal ion complexes in aqueous and non- aqueous solution. The focus in ESMS in on studies of the gas-phase metal ion chemistry, which may reflect the chemistry in the bulk solution employed in analysis. The technique appears 'soft' enough to often preserve complexes in the gas phase. Despite these and other studies, it is surprising that no examination of simple linear saturated polymines and polyaminothio ethers have appeared. A range of inorganic system has been examined to date. For example, Lover *et al* had characterized by ESMS the chemistry of anionic metal sulfide thiolate clusters, such as [E₄CD₁₀(SPh)₁₆]⁴⁻ (E=S,Se), [SZn₁₀(SPh)₁₆]⁻ and [S₄Cd₁₇(SPh)₂₈] and of the metal thiopenolate complexes [M(SPh)₄]²⁻ and [M(SPh)₁₀]²⁻ (where M = Cd, Zn), and [Cd₄X₄(SPh)₄]²⁻(X

= Cl, Br, I).¹ Exchanges of M, E and X were detected in various mixtures of these clusters and the fragmentation have been investigated

The distribution of simple hydrated and complexes metal species in solution was also determined using ESMS for complexes formed by selected metal ions with added organic ligands using water/acetonitrile and 50: 50water: methanol solvents under acidic, neutral and basic conditions.¹ The metal ions examined

Mn²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺, Pb²⁺, Fe³⁺, Cr³⁺ and Al³⁺] are known to be of both biological and geochemical importance. Simple organic ligands used, namely 8-hydroxyquinoline (a N,O⁻ donor), N,N-diethyldithiocarbamate (S,S⁻), diphenylthiocarbazon (N,S), and dimethylglyoxime (N,N). metal species containing acetate and nitrate ions as well as solvent molecules predominated in acidic solution, but became less abundant at higher pH. Interaction between metal ions and added organic ligands become more selective with increasing pH, showing the expected preference of hard and soft ligands for metal ions of the corresponding type.

Species distributions also tended toward larger complexes as the pH increased. Reduction of copper (II) in aqueous acetonitrile resulted in the detection of copper (I) complexes for certain ligands.³

This research surveys some aspects of the characterisation by ESMS of the binding of metal ions with both the linear N⁵ ligand (1) and the linear N₂S₃ ligand (2).

The objectives were to determine if these ligands in the solution in the absence and presence of a range of mainly M(II) ion survive the electrospray process, and whether the mass spectra reflect likely species that are present in the bulk solution. A limited examination of two linear Schiff base diimines based on (2) and an oxo analogue is also included, where the imine bond is a candidate for hydrolytic cleavage.

2. Reading reviews

Alvare, *et al* found that the electrospray analysis of a series of methanolic solutions composed of a quinoline antibiotic, a transition metal ion salt and auxiliary diimine ligands yields mass spectra that indicate the formation of metal complexes.³ The quinolone-metal complexes generated are of the type [M^{II}(L-H⁺)(bipy)]⁺, where M (II) is either Cu, Co, or Ni and 2,2'-bipyridine is the auxiliary ligands.

Bond and coworkers examined a range of ionic platinum (II) complexes by ESMS, and related these to parallel NMR studies.⁴ The main identifying feature of compounds was their rich isotopic pattern, which dominates the appearance of the mass spectrum. The polyphosphine derivatives of a series of ionic Pt(II)-dithiolate complexes all produced the intact cation in their mass spectrum, usually as the base peak. With certain phosphine and dithiolate combinations, dications were formed in the solution, and these invariably formed an ion-paired adduct with the acetate ion from the mobile phase. The association of anionic groups with multiply-charged cation is found for inorganic systems under ESMS conditions, since charge reduction to mainly 1⁺ or at 2⁺ ions is a feature noted in many ESMS studies where appropriate mechanisms of charge reduction can operate. Another series examined studied cationic complexes generated by the reaction of

solutions of neutral iron (III), cobalt(III), nickel(II) and copper(II) dithiocarbamate (R₂dtc⁻) with nitrosonium tetrafluoroborate.⁶ The major reaction of the metal dithiocarbamate with NO⁺ studied here correspond to NO⁺ acting as an innocent one-electron oxidant. However, the ions [Fe^I(R₂dtc)]³⁺, [Co^I(R₂dtc)₃]⁵⁺, [Ni^I(R₂dtc)₃]⁺ and [Cu^{III}(R₂dtc)₂]⁺ ions are the dominant species formed, as is the case with electrochemical oxidation. However, the ions [Fe(R₂dtc)₂NO]⁺ and [Co₂(R₂dtc)₅S]⁵⁺ and [Cu(R₂dtc)₂S]⁺ resulting from oxidant addition or ligand dissociation reaction were also observed as products.

Faizar and coworkers studied both Cu(I) and Cu(II) species extracted from jet fuel that was exposed to copper metal by using ESMS.⁵ The detection of the copper species by the electrospray method depends on the ligand introduced during the analysis or present in the carrier stream. Detection limits in the 30-150ppb range are achieved for the copper (II) N,N'-disalicylidene-1,2-propylenediamine complex, detected as its protonated ion.

Recently, Ralph *et al* examined a series of cationic metal complexes of the bicyclic hexamine cage compound 1,5,9,13,20-pentamethyl-3,7,11,15,18,22-hexaazabicyclo[7.7.7] tricosane by using ESMS, together with metal complexes of related smaller and larger hexamine 'cage' complexes.⁶ The most abundant ion observed in the ESMS of divalent metal-ion cage complexes was the doubly-charged molecular ion, [M(cage)]²⁺. For trivalent metal ion complexes, spectra obtained using a low resolution quadrupole mass spectrometry suggested that the most abundant ion is the mono-deprotonated metal(III) ion of the type [M^{III}(cage-H)]²⁺, whereas when the spectra of several of these cage complexes were obtained using a high-resolution sector instrument it was shown that the most intense peaks were due to mixtures of this and the reduced metal (II) ions, [M^{II}(cage)]²⁺, formed by reduction of the metal(III) ion complex in the ion source.

3. Experimental Method

Sample Preparation and Analysis

Sample solution of (2) for ESMS were prepared by dissolving the solid 1,11-

diamino-3,6,9-trithiaundecane dihydrobromide in milli-Q water (to 10^{-4} M). The solution was stirred and gently heated. A 20 mL aliquot of this solution was mixed into a solution of the metal ion salt (10^{-4} M) in milli-Q water (20 mL). The hydrated salts of Cu (ClO_4)₂, Ni (ClO_4)₂, COCl_2 , ZnCl_2 , CrCl_2 , CdCl_2 and $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$ were used. After stirring, each of the mixed solution was adjusted to pH 6, usually by adding to the solution 0.1 M aqueous sodium hydroxide. A Hanna HI8521 pH meter (Hanna Instruments, Italy) was used for measuring pH values, and was calibrated at room temperature using buffers of pH 4.0 and 7.0 (BDH, Australia).

Sample solutions of complexes of (1) were prepared by dissolving the ligand tetraethylenepentamine in milli-Q water (to 10^{-4} M). Aliquots of these solution (20 mL) were stirred and gently heated, mixed with the solution of the metal ion salts in water (10^{-4} M, 20 mL), stirred, and the pH adjusted to 6.

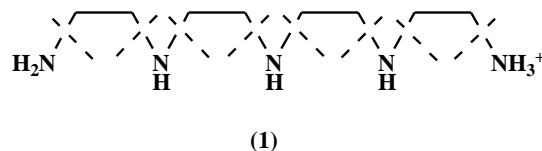
All sample solution were directly infused into the electrospray source using a 10-microliter syringe assisted by the flow mobile phase (which was fed by the binary pump of the HPLC system).

Mass spectra were acquired by scanning the quadrupole mass filter from m/z ratio of the most abundant peak in the parent group

Results and Discussion

Metal Ion Complexes of Tetren

The pentaamine tetren (1) is chemically stable and forms thermodynamically stable complexes with a wide range of metal ions. Cyclic polyamines and their complexes are generally even more stable, and this is reflected in their ESMS behaviour, where dissociation processes are modest.^{6,10} The stability of saturated, linear polyamines under ESMS is less well probed, if studied at all, to date. The example tetren (1) has been examined in this work. Under mild ESMS conditions, fragments consistent with N-C bond breakages and some following reactions occur; in fact, all of the N-C bonds appear to be implemented. Potential sites of cleavage in the molecule are indicated below.



The peak due to the monoprotonated (1) is the peak, at m/z 190.1 under the pH condition present in the bulk solution, polyprotonated species would not be present in high amounts in the bulk. Since ESMS favours charge-reduced species, it is not surprising that the absence of polyprotonated species carries through from the bulk solution. In this case, even (1) H_2^{2+} is detectable only at high cone voltage (C.V.), and then as a small peak; it is absent at the relatively low 20V C.V. conditions used routinely in this study. However, even at 20V C.V., significant fragmentation of (1) occurs, if a random sequence of C-N cleavages (including successive cleavages) occurs, fragment of the type depicted in Scheme 1 may form. These arise by loss to yield smaller polyamine. Alternatively, cleavage at C-N bonds towards the centre can occur, giving rise to fragments containing a range of different numbers of amine groups. In addition, if some of the radical intermediates of bond scission undergo cyclisation rather than proton abstraction, di-, tri- and tetra-aza cyclic species may form, also depicted in the Scheme, and are included in assignments made in **Table 1**. as the cone voltage is increased, fragmentation increases (Figure 1), with (F8) H^+ becoming the dominant peak at 40V C.V.

This is behaviour observed generally in ESMS; although considered a 'soft' MS technique, and hence capable of preserving molecular ion integrity, some fragmentation is frequently observed and increases at higher cone voltage.

All metal ions studied from 1:1 complexes with (1) (Table 1). These are dominantly simple $[\text{M}(1)]^{2+}$ and or $[\text{M}(1)]^{2+} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ species. An example of the ESMS of a metal complex appears in Figure 2. Since (1) is capable of five σ -coordination, it is assumed that the gas-phase $[\text{M}(1)]^{2+}$ complexes are five-coordinate species, although lower coordination can be achieved with a dangling arm and higher coordination can be achieved

in the solvated species by complexation of water molecule(s).

Table 1. Major metal complex ions observed in the ESMS of tetren (1) ligand in the presence of added metal (II) ions.

Metal ion	complexes	m/z_{obsd} % BPI	m/z_{calcd}
Copper(II)	$Cu(I)^{2+}$	190.1, 100%	126.4
	$[Cu(I)(ClO_4)]^+$	216.7, 64%	352.3
	$[Cu(I)(OH)]^{2+} \cdot 2H_2O$	287.3, 17%	287.8
	$Cu(I)^+$	251.3, 3%	252.8
	$[Cu(I)H^+(ClO_4)]^+$	177.9, 36%	176.7
	$[Cu(I)]^{2+} \cdot 6H_2O$	180.0, 16%	180.4
Cobalt(II)	$Co(I)^{2+}$	123.9, 100%	124.1
	$[Co(I)(OH)]^{2+} \cdot H_2O$	283.6, 40%	283.2
	$Co(I)^+$	247.6, 1%	248.2
Nikel(II)	$Ni(I)^{2+}$	123.9, 100%	124.0
	$[Ni(I)]^{2+} \cdot 2H_2O$	283.6, 40%	142.0
	$Cu(I)^+$	247.6, 1%	248.0
Iron(II)	$[Fe(I)]^{2+} \cdot H_2O$	129.9, 100%	129.2
	$Fe(I)^+$	242.3, 9%	245.1
	$[Fe(I)(OH)]^+$	247.2, 1%	262/1
Chromium (II)	$Cr(I)^{2+} \cdot H_2O$	130.1, 34%	129.1
	$[Cr(I)]^{2+} \cdot 3H_2O$	147.3, 100%	147.1
	$[Cu(I)(OH)]^+$	259.3, 4%	258.3
Zink(II)	$Zn(I)^{2+}$	126.5, 100%	127.3
	$[Zn(I)(OH)]^+$	271.0, 12%	271.7
	$[Zn(I)]^{2+} \cdot 2H_2O$	289.4, 27%	290.7
Cadmium (II)	$Cd(I)^{2+}$	150.4, 100%	150.8
	$Cd(I)]^{2+} \cdot 2H_2O$	338.4, 96%	337.0

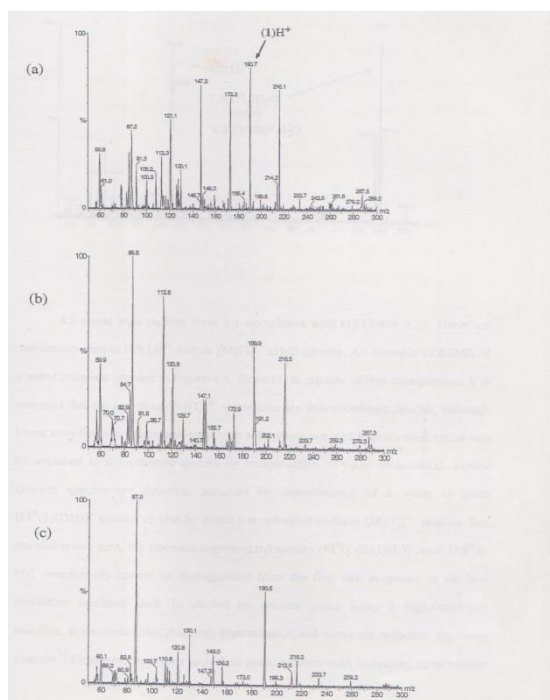


Figure 1. Variation in ESMS spectrum of (1) in water at pH 6 cone voltage (a) 20 V, (b) 30V(c)40V

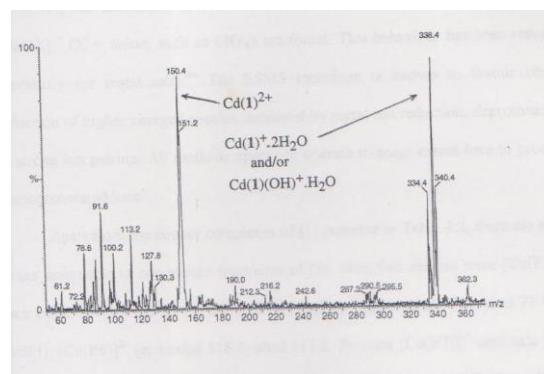


Figure 2. The ESMS spectrum of (1) with an equimolar amount of cadmium(II) ion in water (at a cone voltage of 20 V).

Lower charges species are detected, achieved by deprotonation of a water to form $[M^I(1)(OH)]^+$ species or else by metal ion reduction to form $[M^I(1)]^+$ species. For the above two ion, the alternate deprotonated species $[M^I(1-H)(OH_2)]^+$ and $[M^I(1-H)]^+$ respectively cannot be distinguished from the first two proposals in the low resolution machine used. In studies by another group using a high-resolution machine, it was concluded that both deprotonation and metal ion reduction processes operate.⁹ However, the strong growth in peak intensity with increasing cone voltage for the latter of the first two choices in this study favours $[M^I(1)]^+$ rather than the $[M^I(1-H)]^+$ as the major species observed. In some cases, complexes such as $[M(1)X]^+(X^- = \text{anion, such as } ClO_4^-)$ are found. This behaviour has been reported previously for metal salt.¹⁰ The ESMS technique is known to favour charge reduction of higher charged species, achieved by metal ion reduction, deprotonation, or strong ion pairing. All methods appear to operate to some extent here to produce monoprotonated ions.

Apart from the copper complexes of (1) reported in table 2, there are some peaks assignable to complexed fragment of (1). Identified species were $[Cu(F1)]^{2+}$.

Metal ion Complexes of N_2S_3 -Tetren

The free mixed-heteroatom ligand (2) appears to undergo substantial cleavage in the ESMS process, although the simple ion (2) H^+ is the major peak at low cone voltage (Table 2). As the cone voltage is raised, the

fragmentation increase (Figure 3). All of the fragments identified appear to result from C-S bond cleavage, consistent with this being the weakest bond in the compound. Fragment observed are consists cleavage at any of the C-S bonds, as identified in the sketch below.

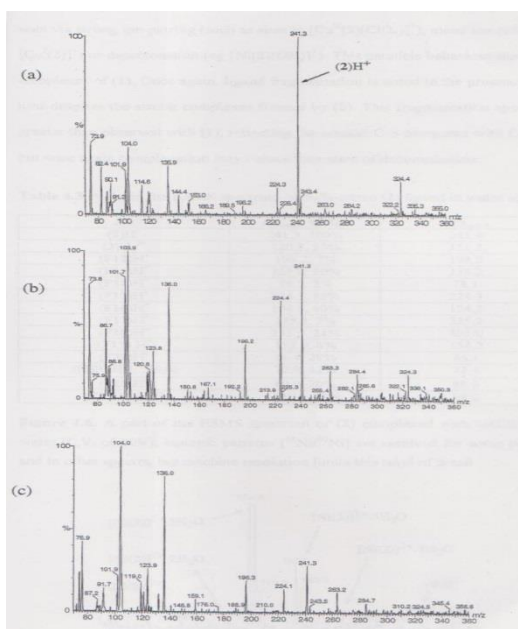
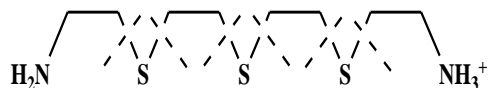


Figure 3: Variation in the ESMS spectrum of (2) in water at pH with cone voltage; (a) 20V, (b).30 V, (c) 40 V.

This produces a range of fragments (Scheme 1), some of which arise from subsequent cyclisation and or bond formation reactions of short-lived radicals. The fragment (F12) Form by loss of $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$ fragment via C-S cleavage and presumably subsequent proton abstraction. (F13) and (F14) subsequently can form from loss of further $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SH}$ unit. Alternatively, (F13) and (F16) can for from cleavage of a C-S at the central tioether, with the smaller of the two fragment formed initially cyclising to form (F16). Since (F13)and (F16) vary in

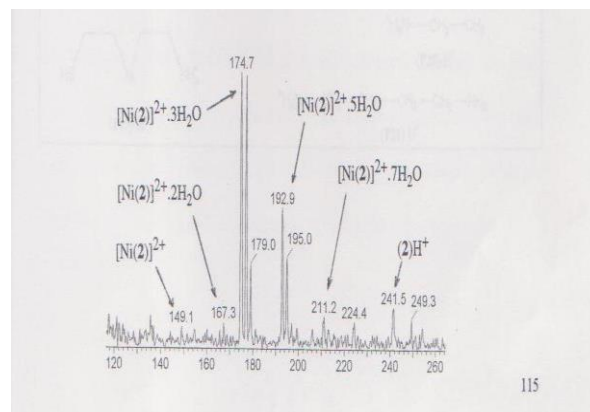
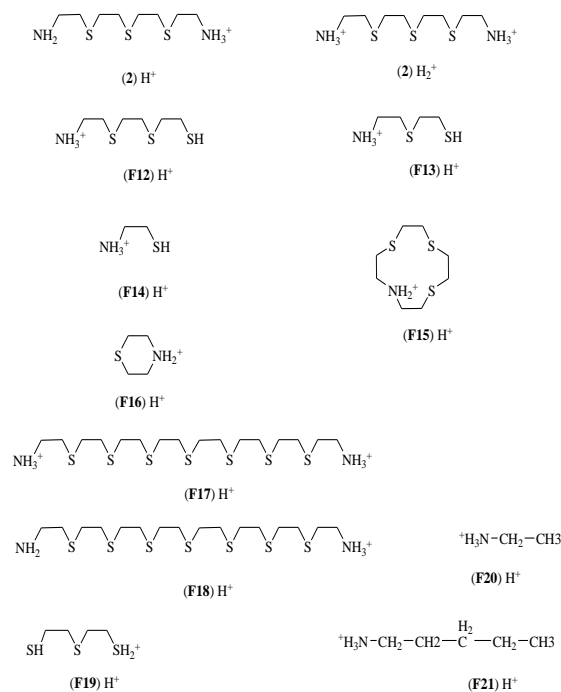


Figure 4: A part of the ESMS spectrum of (2) complexed with nickel(II) ion in water (C.V. of 20 V), isotopic patterns [$^{58}\text{Ni}/^{60}\text{Ni}$] are resolved for some peaks here and in other spectra, but machine resolution limits this level of detail.

Scheme 1. Fragmentation Species of $\text{N}_2\text{S}_3\text{-Tetren}$ (2) ligand in ESMS



relative size in approximately the same manner as the C.V. is raised, this suggests that this may be plausible and dominant reaction. (F18). Cyclisation of fragments is observed, with macrocycle (F15), formed.

The amount of (2)H⁺ observed decreases as the C.V. increases, while amounts of fragments generally increase. This is consistent which greater fragmentation under increased collision activation.

Reformation of thiol and carbon radical fragments can account for formation of (F17), whereas combination of two thiol radicals leads to formation of disulphide with metal complexation of (2) leads to dominantly 1:1 species (Table 3) particularly [M(2)]²⁺.xH₂O (x ≥ 0) (Figure 4). Once again charge reduction is seen via strong ion-pairing (such as seen in [Cu^{II}(2)(ClO₄)⁺], metal ion reduction (eg. [Cu^{II}(2)]⁺) or the protonation (eg. [Ni(2)(OH)]⁺).

Table 1. Major metal complex ions observed in the ESMS of N₂S₃-Tetren (2) ligand in the presence of added metal (II) ions.

Metal ion	complexes	m/z _{obsd} % BPI	m/z _{calcd}
Copper(II)	Cu(2) ²⁺	152.3, 39%	152.0
	Cu(2)(OH)] ²⁺ ·3H ₂ O	179.2, 78%	179.0
	Cu(2) ⁺	303.7, 19%	303.9
	[Cu(2)(ClO ₄)] ⁺	402.4, 100%	403.4
	[Cu(2)(OH)] ⁺	561.3, 8%	561.3
Cobalt(II)	Co(2) ²⁺	148.8, 100%	149.7
	[Co(2)(OH)] ²⁺ ·H ₂ O	298.5, 8%	299.3
	Co(2) ⁺	390.7, 65%	388.4
Nikel(II)	Ni(I) ²⁺	149.1, 2%	149.5
	[Ni(I)] ²⁺ ·2H ₂ O	167.3, 3%	167.5
	[Ni(I)] ²⁺ ·3H ₂ O	177.1, 48%	176.5
	[Ni(I)] ²⁺ ·5H ₂ O	195.0, 13%	194.5
	[Ni(I)] ²⁺ ·7H ₂ O	211.5, 4%	212.5
	Ni(I) ⁺ (OH) ⁺	317.0, 90%	316.0
Iron(II)	[Fe(2)] ²⁺ ·2H ₂ O	167.0, 100%	166.1
		330.7, 25%	331.2
	Fe(2)(OH)] ⁺ ·H ₂ O		
Chromium (II)	Cr(2) ²⁺	145.2, 100%	146.2
	[Cu(2)(OH ₂) ⁺	103.0, 23%	103.5
	[Cr(2)(OH)] ⁺ ·H ₂ O	327.0, 90%	327.4
Zink(II)	Zn(2) ²⁺	151.8, 100%	152.7
	[Zn(2)] ²⁺ ·2H ₂ O	162.2, 24%	161.7
	[Zn(2)(OH)] ⁺	323.0, 4%	322.8
Cadmium (II)	Cd(I) ²⁺	178.1, 100%	176.4
	Cd(I) ²⁺ ·2H ₂ O	194.9, 42%	194.4
	Cd(I) ²⁺ ·5H ₂ O	222.3, 75%	221.4
	Cd(I) ⁺ ·2H ₂ O	390.3, 38%	388.8

This is parallel behaviour discussed for complexes of (1). Once again, ligand fragmentation is noted in the presence of metal ions despite the strong complexes

formed by (2). This fragmentation appear to be greater than observed with (1), reflecting the weaker C-S compared with C-N bonds, but once again complexation may reduce the extent of decomposition

4. Conclusion

Liner polydentate ligands with N and S heteroatoms clearly undergo a range of bond cleavage reactions under ESMS conditions, yet maintain their integrity in part as both free and complexes species. Fragmentation occurs fairly indiscriminately at the weaker C-S and C-N bonds rather than at C-C bonds. A wide range of transition metals form dominantly 1:1 complexes with the ligands examined here reflecting the behavior in bulk solution. There is some evidence to suggest that cyclic ligands undergo less fragmentation than analogous acrylic ligands, particularly when present as their metal complexes. Further and more detailed examination of this observation is warranted.

This study has identified that the ‘soft’ ESMS technique, though to produce structural retention in polydentate ligands and their complexes, can exhibit significant cleavage of at least acyclic ligands even at low cone voltage. This behavior is even more marked at higher cone voltages. This caution in the use and interpretation of the technique, powerful though it may be for studies of coordination chemistry, is required.

5. Reference

1. A. R. Ross, M. G. Ikonou, J.A. Thomson and K. J. Orians, *Anal. Chem.*, 1998, **70**, 2225.
2. E. J. Alvares, V. H. Vartanian and S.J. Borodbelt, *Anal. Chem.*, 1997, **67**, 1147.
3. A. M. Bond, J. Harvey and S. J. Traeger, *Inorg. Chem. Acta.*, 1995, **288**, 193.
4. A. M. Bond, R. Coton, A. D. Agostino, J. Harvey and J. C. Traeger, *Inorg. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 1993, **32**, 3952.
5. T. Vaisar, F. Turecek, L. C. Galtlin, *Anal. Chem.* 1994, **66**, 3950.

6. S. F. Ralph, M. M. Shiel, A. L. Hick, R. J. Geue, and A. M. Sargeson, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1996, 4417.
7. Sutrisno, *doctor thesis*, University of Newcastle, 2000.

URGENSI PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN DALAM PENERAPAN PAKEM BERINTEGRASI PENDIDIKAN KARAKTER BAGI MAHASISWA

Gamar Abdullah, S.Si., M.Pd¹

¹Jurusan PGSD, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Gorontalo

ABSTRAK

Makalah ilmiah ini bertujuan mendeskripsikan kualitas perangkat pembelajaran yang telah dikembangkan dengan mengimplementasikan model-model pembelajaran yang berbasis PAKEM berintegrasi pendidikan karakter serta mendeskripsikan hasil implementasi perangkat pembelajaran tersebut pada mata kuliah Pembelajaran Sains SD. Rumusan masalah yang akan dibahas adalah (1) Bagaimanakah kualitas perangkat pembelajaran pada mata kuliah Pembelajaran Sains SD yang dikembangkan dengan menggunakan model-model pembelajaran berbasis PAKEM berintegrasi pendidikan karakter, dan (2) Bagaimanakah implementasi perangkat pembelajaran dengan menggunakan model-model pembelajaran berbasis PAKEM berintegrasi pendidikan karakter pada mata kuliah Pembelajaran Sains SD? Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan metode pengembangan dari Thiagarajan (1974) yang terdiri dari empat tahap, yaitu: (1) pendefinisian, (2) perencanaan, (3) pengembangan (4) pendesiminasian. Perangkat pembelajaran yang telah dihasilkan adalah silabus mata kuliah, satuan acara perkuliahan (SAP) bahan ajar, lembar kerja mahasiswa (LKM), tes hasil belajar, serta instrument penilaian aktivitas dosen, mahasiswa dan karakter mahasiswa. Dari hasil penerapan instrument dalam pembelajaran telah ditunjukkan bahwa implementasi perangkat ini dapat meningkatkan aktifitas mahasiswa dan hasil belajar mahasiswa.

Kata Kunci: Perangkat, Pembelajaran, PAKEM, Karakter

A. Pendahuluan

Implementasi model-model pembelajaran pada proses pembelajaran bertujuan untuk meningkatkan mutu pembelajaran (perkuliahan), serta meningkatkan aktivitas dan hasil belajar mahasiswa. Disamping itu, sebagai jurusan yang mencetak guru-guru sekolah dasar, tugas dosen bukan hanya menransfer ilmu dan pengetahuan pada mahasiswa, akan tetapi lebih dari itu bagaimana membekali mahasiswa dengan keterampilan yang nantinya dapat diaplikasikan kelak pada saat menjadi guru.

Masalah yang dihadapi sekarang ini, secara umum dosen menyajikan materi perkuliahan melalui metode ceramah, termasuk untuk mata kuliah-mata kuliah yang berhubungan dengan pembelajaran, sehingga yang terjadi adalah mahasiswa mengetahui banyak teori-teori belajar, mengetahui banyak model-model pembelajaran, akan tetapi bagaimana menerapkan semua teori ini pada proses pembelajaran, mahasiswa mengalami kesulitan. Ini terlihat pada mata kuliah PPL 1 ataupun PPL 2, mahasiswa mengalami kesulitan mulai dari penyusunan perangkat hingga

pelaksanaan proses pembelajaran, karena selama perkuliahan model ideal bagaimana seharusnya guru mengajar tidak pernah ditemukan oleh mahasiswa.

Begitupun halnya dengan penerapan pembelajaran PAKEM. Mahasiswa cenderung hanya dibekali dengan teori-teori model pembelajaran dengan sedikit contoh dalam hal pengaplikasiannya. Disamping itu, pendidikan bangsa dewasa ini lebih diarahkan pada pendidikan karakter anak bangsa. Oleh karena itu, penerapan PAKEM yang berintegrasi dengan pendidikan berbasis karakter dapat menjadi salah satu alternatif dalam menghasilkan pembelajaran yang efektif.

Mata kuliah Pembelajaran Sains SD merupakan salah satu mata kuliah di Jurusan PGSD yang berkaitan dengan penerapan pembelajaran PAKEM di SD. Mahasiswa diharapkan dapat mendesain pembelajaran Sains yang menarik, dan menggunakan media pembelajaran yang efektif serta memanfaatkan segala sumber daya yang ada di lingkungannya sebagai sumber belajar. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan perangkat pembelajaran pada mata kuliah Pembelajaran Sains SD melalui pendekatan PAKEM berintegrasi pendidikan karakter.

B. Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan (PAKEM) Berintegrasi Pendidikan Karakter

Pembelajaran merupakan perpaduan antara pengertian kegiatan pengajaran oleh guru dan kegiatan belajar oleh mahasiswa. Dalam pembelajaran terjadi interaksi antara guru dengan siswa dan siswa dengan siswa. Dengan terjadinya interaksi

tersebut diharapkan materi yang disampaikan oleh guru dapat dipahami oleh siswa dengan mudah. Untuk mengkondisikan agar dalam pembelajaran terjadi interaksi yang efektif maka digunakan berbagai pendekatan dalam pembelajaran. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan adalah Pembelajaran yang Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan (PAKEM), yang merupakan suatu pembelajaran yang melibatkan guru dan siswa secara aktif. Pelaksanaan PAKEM bertujuan untuk menciptakan suatu lingkungan belajar yang mengkondisikan siswa untuk menguasai keterampilan-keterampilan, pengetahuan dan sikap yang baik, untuk mempersiapkan diri siswa dalam kehidupannya kelak, baik dalam kehidupan bermasyarakat maupun dalam melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi (Indrawati, 2009: 3)

Dalam pembelajaran hendaknya keempat komponen PAKEM dapat dilaksanakan secara sinergis untuk mewujudkan tercapainya tujuan pembelajaran. Secara garis besar dalam PAKEM menggambarkan kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Peserta didik terlibat dalam berbagai kegiatan (aktifitas) yang mengembangkan keterampilan, kemampuan dan pemahamannya dengan menekankan pada belajar dengan berbuat (*learning by doing*).
- b. Guru/dosen menggunakan berbagai stimulus/motivasi dan alat peraga, termasuk lingkungan sebagai sumber belajar agar pengajaran lebih menarik, menyenangkan dan relevan bagi peserta didik.

- c. Guru/dosen mengatur kelas untuk memajang buku-buku dan materi-materi yang menarik, hasil karya peserta didik, dan membuat “pojok baca”.
- d. Guru/dosen menggunakan cara belajar yang lebih kooperatif dan interaktif, termasuk belajar kelompok.
- e. Guru/dosen mendorong peserta didik untuk menemukan caranya sendiri dalam menyelesaikan masalah, mengungkapkan gagasannya, dan melibatkan peserta didik dalam menciptakan lingkungan belajar pada sekolahnya sendiri (Indrawati, 2009)

Sebagai suatu konsep akademis, *character* atau kita terjemahkan karakter memiliki makna substantif dan proses psikologis yang sangat mendasar. Lickona (2007) merujuk pada konsep *goodcharacter* yang dikemukakan oleh Aristoteles sebagai “...*the life of right conduct—right conduct in relation to other persons and in relation to oneself*”. Dengan kata lain karakter dapat kita maknai sebagai kehidupan berperilaku baik/penuh kebajikan, yakni berperilaku baik terhadap pihak lain (Tuhan Yang Maha Esa, manusia, dan alam semesta) dan terhadap diri sendiri. Dalam dunia modern ini, lebih lanjut dijelaskan bahwa kita cenderung melupakan the *virtuouslife* atau kehidupan yang penuh kebajikan, termasuk di dalamnya *self-orientedvirtuous* atau kebajikan terhadap diri sendiri, seperti *self control and moderation* atau pengendalian diri dan kesabaran; dan *other-oriented virtuous* atau kebajikan terhadap orang lain, seperti *generosity and compassion* atau

kesediaan berbagi dan merasakan kebaikan (Zuchdi, 2010:3).

Secara imperatif pendidikan karakter bukanlah hal baru dalam sistem pendidikan nasional kita karena tujuan pendidikan nasional dalam semua undang-undang yang pernah berlaku (UU 4/1950; 12/1954; 2/89 dengan rumusannya yang berbeda secara substantif memuat pendidikan karakter. Dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional komitmen tentang pendidikan karakter tertuang dalam Pasal 3 yang menyatakan bahwa “Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab.” Jika dicermati semua elemen dari tujuan tersebut terkait erat dengan karakter (Winataputra, 2010:6).

Integrasi pendidikan karakter di dalam proses pembelajaran dilaksanakan mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran pada semua mata pelajaran. Di antara prinsip-prinsip yang dapat diadopsi dalam membuat perencanaan pembelajaran (merancang kegiatan pembelajaran dan penilaian dalam silabus, SAP, dan bahan ajar), melaksanakan proses pembelajaran, dan evaluasi adalah prinsip-prinsip pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning*) (Wuryanto, 2011:211)

Dalam menerapkan pendekatan PAKEM berintegrasi pendidikan karakter dalam perkuliahan perlu dilakukan perencanaan yang baik. Ada tiga pertanyaan tentang perancangan pembelajarannya, yaitu: (1) Bagaimana kebiasaan Anda dalam merancang pembelajaran? Apa alasan Anda melakukan demikian? (2) Apakah Anda puas dengan hasil yang Anda capai? (3) Seberapa jauh tingkat keberhasilan peserta didik melalui pembelajaran yang Anda lakukan berdasarkan rancangan tersebut? Ketiga pertanyaan tersebut menunjukkan bahwa perencanaan itu merupakan keharusan bagi guru maupun dosen sebelum mengajar. Dengan mempertimbangkan keberhasilan peserta didik setelah pembelajaran, Anda dapat selalu mengubah perencanaan itu sesuai dengan kebutuhan. Begitupun halnya dalam pengimplementasian pendidikan karakter dalam pembelajaran.

Begitupun halnya dengan bahan pembelajaran, Dalam konteks pembelajaran, bahan pembelajaran merupakan komponen yang harus ada dalam proses pembelajaran, karena bahan pembelajaran merupakan suatu komponen yang akan/harus dikaji, dicermati, dipelajari dan dijadikan materi yang akan dikuasai oleh siswa dan sekaligus dapat memberikan pedoman untuk mempelajarinya. Tanpa bahan pembelajaran maka pembelajaran tidak akan menghasilkan apa-apa.

Fungsi perencanaan pembelajaran berkaitan dengan komponen-komponen berikut yang mengarah pada tujuan pembelajaran. Apakah bentuk, model, pola, konstruksi pembelajaran sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan? Apakah komponen materi yang di rencanakan tersebut sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan? Apakah fasilitas

yang digunakan dalam pembelajaran sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan? Apakah guru atau dosen sebagai perancang pembelajaran dapat/mampu melaksanakan dan berfungsi untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan? Perencanaan pembelajaran hendaknya dipandang sebagai suatu alat yang dapat membantu para guru/dosen dalam melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai pengajar, serta mencapai tujuan pembelajaran secara lebih efektif dan efisien. Dengan perencanaan yang matang seorang guru akan lebih sistematis dan lebih mudah dalam memantau dan mengontrol pelaksanaan proses pembelajaran dan pencapaian tujuan. Guru maupun dosen yang mengajar tanpa perencanaan pembelajaran yang matang maka sudah dapat dipastikan hasilnya tidak akan memuaskan dan tidak akan dapat mencapai tujuan secara efektif dan efisien. Oleh karena itu, perencanaan pembelajaran merupakan langkah pertama yang harus dilakukan oleh guru/dosen dalam melaksanakan tugas dan fungsinya sebagai pengelola pembelajaran.

Dalam pengembangan perangkat pembelajaran khususnya bagi mata kuliah pembelajaran sains SD telah dicoba dengan menggunakan model 4-D yang dikemukakan Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974) yang terdiri dari empat tahap. Keempat tahap tersebut adalah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*).

1. Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Pengembangan perangkat pembelajaran meliputi beberapa tahapan yaitu (1) penyusunan perangkat pembelajaran, (2) validasi perangkat pembelajaran, (3) uji coba atau implementasi

perangkat pembelajaran di kelas, dan (4) evaluasi keterlaksanaan proses pembelajaran berbasis karakter. Perangkat pembelajaran yang disusun meliputi silabus, satuan acara perkuliahan, bahan ajar, lembar kegiatan mahasiswa, tes hasil belajar, instrumen penilaian karakter mahasiswa, lembar pengamatan aktivitas mahasiswa, dan lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran.

2. Implementasi Perangkat

Pembelajaran di Kelas

Pengamatan dilakukan selama proses pembelajaran berlangsung meliputi pengamatan aktivitas dosen, aktivitas mahasiswa, hasil belajar mahasiswa. Kegiatan atau aktivitas dosen dan mahasiswa selama kegiatan belajar mengajar berlangsung diamati dan dinilai dengan menggunakan lembar pengamatan yang telah disusun.

Aktivitas mahasiswa yang diamati meliputi aktivitas membaca, menulis, memecahkan masalah, mengerjakan lembar kerja, bertanya, menjawab pertanyaan, mempresentasikan hasil diskusi, menyimpulkan hasil diskusi. Pengamatan dan penilaian dilakukan terhadap aspek-aspek memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian dan mengacu pada SAP telah dikembangkan.

Hasil belajar mahasiswa diperoleh dari hasil evaluasi pembelajaran yang dilaksanakan selama 3 kali pertemuan dengan menerapkan pendekatan PAKEM melalui perangkat yang telah dikembangkan. Data hasil belajar diperoleh bahwa secara klasikal mahasiswa yang tuntas (memperoleh nilai di atas 80) yaitu sebesar 90%. Berdasarkan

hasil ini dapat disimpulkan bahwa hasil belajar mahasiswa setelah diterapkan pendekatan PAKEM pada pembelajaran sains hasil belajar mahasiswa adalah baik.

3. Keterlaksanaan Proses

Pembelajaran Berbasis Karakter

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah lembar observasi karakter mahasiswa. Instrumen ini memuat karakter-karakter siswa yang diharapkan muncul pada proses pembelajaran materi bunyi, karakter-karakter tersebut adalah:

1. Kereligiusan; adalah sikap, perkataan, tindakan dan perilaku yang patuh dalam melaksanakan ajaran agama yang dianutnya.
2. Kreatif; adalah berpikir dan melakukan sesuatu untuk menghasilkan cara atau hasil dari sesuatu yang telah dimiliki.
3. Tanggung jawab; adalah sikap dan perilaku seseorang untuk melaksanakan tugas dan kewajibannya, yang seharusnya dia lakukan, terhadap diri sendiri, masyarakat, lingkungan (alam, sosial dan budaya), negara dan Tuhan Yang Maha Esa.
4. Kejujuran; adalah perilaku yang didasarkan pada upaya menjadikan dirinya sebagai orang yang selalu dapat dipercaya dalam perkataan, tindakan, dan pekerjaan.
5. Komunikatif; adalah tindakan yang memperlihatkan tindakan rasa senang berbicara, bergaul, dan bekerja sama dengan orang lain.

6. Toleransi; adalah sikap dan perbuatan menghargai pendapat orang lain atau kelompok.
7. Menghargai keragaman; adalah sikap memberikan hormat terhadap berbagai macam hal baik yang berbentuk fisik, sifat, adat, budaya, suku, dan agama
8. Percaya diri; adalah sikap yakin akan kemampuan diri sendiri terhadap pemenuhan tercapainya setiap keinginan dan harapannya.
9. Kesantunan; adalah sifat yang halus dan baik dari sudut pandang tata bahasa maupun tata perilakunya kesemua orang.
10. Ingin tahu; adalah sikap dan tindakan yang selalu berupaya untuk mengetahui lebih mendalam dan meluas dari apa yang dipelajarinya, dilihat, dan didengar.
11. Disiplin; adalah tindakan yang menunjukkan perilaku tertib dan patuh pada berbagai ketentuan dan peraturan.

Penelitian ini menggunakan kriteria pengamatan yang dinyatakan dalam pernyataan kualitatif sebagai berikut :

- BT : Belum Terlihat (apabila mahasiswa belum memperlihatkan tanda-tanda awal perilaku yang dinyatakan dalam indikator)
- MT : Mulai Terlihat (apabila mahasiswa sudah memperlihatkan adanya tanda- tanda awal perilaku yang dinyatakan dalam

indikator tetapi belum konsisten)

MB : Mulai Berkembang (apabila mahasiswa sudah memperlihatkan berbagai tanda perilaku yang dinyatakan dalam indikator dan mulai konsisten)

MK : Membudaya (apabila mahasiswa terus menerus memperlihatkan perilaku yang dinyatakan dalam indikator secara konsisten) (Kemendiknas, 2010:23).

Untuk mengetahui karakter-karakter apa saja yang muncul pada saat pembelajaran sains, digunakan lembar pengamatan kemudian pengamatan dilakukan dengan pengamatan langsung di kelas.

Pengembangan perangkat pembelajaran yang telah dilakukan telah mampu menghasilkan penerapan model pembelajaran pendekatan PAKEM pada pembelajaran Sains. Aktivitas dosen dan mahasiswa dapat lebih ditingkatkan, begitupun halnya dengan hasil belajar. Hal ini dapat dilihat dari analisis aktivitas mahasiswa dalam proses pembelajaran yang terus meningkat pada setiap pertemuan. Demikian juga dengan hasil belajar mahasiswa yang nampak pada pertemuan ketiga setelah proses pembelajaran. Oleh karena itu, teruji bahwa model pembelajaran pendekatan PAKEM dapat meningkatkan aktivitas dan hasil belajar mahasiswa.

Berdasarkan hasil penelitian juga tampak bahwa gambaran karakter mahasiswa

dalam pembelajaran sains sudah nampak, hal ini terlihat dari indicator yang telah sesuai. Karakter religius, komunikatif, dan menghargai keragaman adalah karakter paling terlihat pada diri mahasiswa sedangkan karakter kejujuran adalah karakter yang masih sedikit dimiliki mahasiswa karena masih banyak peserta didik yang belum memperlihatkan perilaku dari karakter tersebut sehingga masih memerlukan banyak bimbingan dari semua pihak, termasuk orang tua.

C. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data menunjukkan bahwa, perangkat pembelajaran dengan menggunakan model pembelajaran pendekatan Pakem dapat meningkatkan aktivitas belajar mahasiswa di pada pembelajaran sains di Jurusan PGSD
2. Perangkat yang telah dikembangkan dapat menghasilkan pembelajaran yang efektif dan menyenangkan serta mampu menilai karakter mahasiswa di Jurusan PGSD.

D. Saran

Pelaksanaan pembelajaran yang efektif memerlukan perencanaan yang baik, termasuk di dalamnya adalah pengembangan perangkat pembelajaran. Begitupun halnya dengan penerapan pendidikan karakter, perlu dilakukan

perencanaan, proses penerapan dan mekanisme evaluasi yang baik.

E. Daftar Pustaka

- Indrawati dan Wawan Setiawan. 2009. *Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan*. Jakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Thiagarajan, S., Semmel, D.S. & Sammel, M. J. Sivasailam. (1974). *Instructional Development for Training Teacher of Exceptional Children a Sourcebook*. Minneapolis. Indiana University.
- Winataputra, Udin Saripudin. 2010. *Implementasi Kebijakan Nasional Pembangunan Karakter Bangsa Melalui Pendidikan Karakter (Konsep, Kebijakan, dan Kerangka Programatik)*. Makalah. Jakarta: Universitas Terbuka
- Wuryanto, Agus. 2011. *Pembinaan Pendidikan Karakter di Sekolah Menengah Pertama*. (<http://aguswuryanto.wordpress.com/2011/03/11/pendidikan-karakter-di-smp/>), diakses tanggal 19 Januari 2012
- Zuchdi, Darmiyati, dkk. 2010. *Pendidikan Karakter dengan Pendekatan Komprehensif: Terintegrasi dalam Perkuliahan dan Pengembangan Kultur Universitas*. Yogyakarta: UNY Press.

PENGEMBANGAN PERANGKAT PEMBELAJARAN SAINS MELALUI PENDEKATAN PAKEM BERINTEGRASI PENDIDIKAN KARAKTER DI SMP SE-PROVINSI GORONTALO

Nova Elysia Ntobuo¹⁾, Supartin²⁾,Gamar Abdullah³⁾

^{1,2)} Dosen Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

³⁾ Dosen Jurusan PGSD, Fakultas Ilmu Pendidikan, Universitas Negeri Gorontalo

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan perangkat pembelajaran dengan menerapkan pendekatan PAKEM berintegrasi Pendidikan Karakter pada materi Bunyi di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Se-Provinsi Gorontalo. Perangkat pembelajaran tersebut terdiri dari Silabus, Rencana Pelaksanaan pembelajaran (RPP), Lembar Kegiatan Siswa (LKS), Bahan Ajar, Tes Hasil Belajar (THB), Instrumen Penilaian Karakter Siswa, Lembar Pengamatan Aktivitas. Siswa dan Lembar Pengamatan Keterlaksanaan RPP. Proses pengembangan perangkat ini menggunakan model pengembangan perangkat 4D (Define, Design, Develop and Disseminate) yaitu Pendefinisian, Perancangan, Pengembangan dan Penyebaran. Hasil penelitian diperoleh dengan menggunakan lembar validasi perangkat pembelajaran. Perangkat pembelajaran ini telah divalidasi oleh validator yang menyatakan bahwa pengembangan perangkat pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti dengan menggunakan pendekatan PAKEM berintegrasi Pendidikan. Karakter memiliki kualitas baik dan layak digunakan pada proses belajar mengajar di sekolah. Berdasarkan ujicoba terbatas dan ujicoba meluas diperoleh bahwa melalui implementasi perangkat pembelajaran yang dikembangkan ini, maka hasil belajar dan aktivitas siswa meningkat.

Kata Kunci: Pengembangan Perangkat pembelajaran, Pendekatan PAKEM, Pendidikan Karakter

1. PENDAHULUAN

Dari hasil observasi awal, terungkap bahwa pada pembelajaran Sains di SMP guru belum menerapkan model pembelajaran dengan pendekatan PAKEM, tetapi untuk penerapan karakter sudah mulai dicantumkan di RPP, akan tetapi belum muncul dalam proses pembelajaran di kelas. Hal ini dikarenakan model yang digunakan kebanyakan model pembelajaran langsung dengan metode ceramah, sehingga aktivitas siswa yang muncul hanyalah mendengar dan mencatat. LKS dan Bahan ajar yang digunakan juga belum bisa menarik perhatian siswa, karena tidak terdapat gambar-gambar yang menarik, sehingga Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif dan menyenangkan (PAKEM) tidak muncul dalam pembelajaran di kelas. Untuk itu, jika guru dapat menerapkan model pembelajaran PAKEM, tentulah aktivitas siswa lebih bervariasi, sehingga karakter yang diharapkan dalam pembelajaran akan teramati.

Dan juga membuat siswa semangat dengan LKS dan bahan ajar yang tampilannya menarik.

Mengembangkan model pembelajaran Sains melalui pendekatan PAKEM yang berintegrasi dengan pendidikan karakter meliputi: (1) Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), (2) Lembar Kegiatan Siswa (LKS), (3) Instrumen Penilaian (IP), (4) Buku Siswa (BS), (5) Buku Petunjuk Guru (BPG), dan (6) Buku Petunjuk Siswa (BPS)

2. Tinjauan Pustaka

Pembelajaran merupakan perpaduan antara pengertian kegiatan pengajaran oleh guru dan kegiatan belajar oleh siswa. Dalam pembelajaran terjadi interaksi antara guru dengan siswa dan siswa dengan siswa. Dengan terjadinya interaksi tersebut diharapkan materi yang disampaikan oleh guru dapat dipahami oleh siswa dengan mudah. Untuk mengkondisikan agar dalam

pembelajaran terjadi interaksi yang efektif maka digunakan berbagai pendekatan dalam pembelajaran. Salah satu pendekatan pembelajaran yang dapat digunakan adalah Pembelajaran yang Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan (PAKEM), yang merupakan suatu pembelajaran yang melibatkan guru dan siswa secara aktif. Pelaksanaan PAKEM bertujuan untuk menciptakan suatu lingkungan belajar yang mengkondisikan siswa untuk menguasai keterampilan-keterampilan, pengetahuan dan sikap yang baik, untuk mempersiapkan diri siswa dalam kehidupannya kelak, baik dalam kehidupan bermasyarakat maupun dalam melanjutkan studi ke jenjang yang lebih tinggi (Indrawati dan Wawan, 2009:3)

Dalam pembelajaran hendaknya keempat komponen PAKEM dapat dilaksanakan secara sinergis untuk mewujudkan tercapainya tujuan pembelajaran. Secara garis besar dalam PAKEM menggambarkan kondisi-kondisi sebagai berikut:

- a. Peserta didik terlibat dalam berbagai kegiatan (aktifitas) yang mengembangkan keterampilan, kemampuan pemahamannya dengan menekankan pada belajar dengan berbuat (*learning by doing*).
- b. Guru menggunakan berbagai stimulus/motivasi dan alat peraga, termasuk lingkungan sebagai sumber belajar agar pengajaran lebih menarik, menyenangkan dan relevan bagi peserta didik.
- c. Guru mengatur kelas untuk memajang buku-buku dan materi-materi yang menarik, hasil karya siswa, dan membuat "pojokbaca".
- d. Guru menggunakan cara belajar yang lebih kooperatif dan interaktif, termasuk belajar kelompok.
- e. Guru mendorong peserta didik untuk menemukan caranya sendiri dalam menyelesaikan masalah, mengungkapkan gagasannya, dan melibatkan peserta didik

dalam menciptakan lingkungan belajar pada sekolahnya sendiri (Indrawati, 2009)

Sebagai suatu konsep akademis, *character* atau kita terjemahkan karakter memiliki makna substantif dan proses psikologis yang sangat mendasar. Lickona (2007) merujuk pada konsep *goodcharacter* yang dikemukakan oleh Aristoteles sebagai "...the life of right conduct—right conduct in relation to other persons and in relation to oneself". Dengan kata lain karakter dapat kita maknai sebagai kehidupan berperilaku baik/penuh kebajikan, yakni berperilaku baik terhadap pihak lain (Tuhan Yang Maha Esa, manusia, dan alam semesta) dan terhadap diri sendiri. Dalam dunia modern ini, lebih lanjut dijelaskan bahwa kita cenderung melupakan the *virtuouslife* atau kehidupan yang penuh kebajikan, termasuk di dalamnya *self-orientedvirtuous* atau kebajikan terhadap diri sendiri, seperti *self control and moderation* atau pengendalian diri dan kesabaran; dan *other-oriented virtuous* atau kebajikan terhadap orang lain, seperti *generosity and compassion* atau kesediaan berbagi dan merasakan kebaikan (Zuchdi, 2010:3).

Secara imperatif pendidikan karakter bukanlah hal baru dalam sistem pendidikan nasional kita karena tujuan pendidikan nasional dalam semua undang-undang yang pernah berlaku (UU 4/1950; 12/1954; 2/89 dengan rumusannya yang berbeda secara substantif memuat pendidikan karakter. Dalam Undang-undang Nomor 20 Tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional komitmen tentang pendidikan karakter tertuang dalam Pasal 3 yang menyatakan bahwa "Pendidikan nasional berfungsi mengembangkan kemampuan dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa, bertujuan untuk berkembangnya potensi peserta didik agar menjadi manusia yang beriman dan bertakwa kepada Tuhan Yang Maha Esa, berakhlak mulia, sehat, berilmu, cakap, kreatif, mandiri, dan menjadi warga negara yang demokratis serta bertanggung jawab."

Jika dicermati semua elemen dari tujuan tersebut terkait erat dengan karakter (Winataputra, 2010:6).

Pendidikan karakter dapat diintegrasikan dalam pembelajaran pada setiap mata pelajaran. Materi pembelajaran yang berkaitan dengan norma atau nilai-nilai pada setiap mata pelajaran perlu dikembangkan, dieksplisitkan, dikaitkan dengan konteks kehidupan sehari-hari. Dengan demikian, pembelajaran nilai-nilai karakter tidak hanya pada tataran kognitif, tetapi menyentuh pada internalisasi, dan pengamalan nyata dalam kehidupan peserta didik sehari-hari di masyarakat.

Kegiatan ekstra kurikuler yang selama ini diselenggarakan sekolah merupakan salah satu media yang potensial untuk pembinaan karakter dan peningkatan mutu akademik peserta didik. Kegiatan Ekstra Kurikuler merupakan kegiatan pendidikan di luar mata pelajaran untuk membantu pengembangan peserta didik sesuai dengan kebutuhan, potensi, bakat, dan minat mereka melalui kegiatan yang secara khusus diselenggarakan oleh pendidik dan atau tenaga kependidikan yang berkemampuan dan berkewenangan di sekolah. Melalui kegiatan ekstra kurikuler diharapkan dapat mengembangkan kemampuan dan rasa tanggung jawab sosial, serta potensi dan prestasi peserta didik (Wuryanto, 2011:3)

Pendidikan karakter secara terpadu di dalam pembelajaran adalah pengenalan nilai-nilai, fasilitasi diperolehnya kesadaran akan pentingnya nilai-nilai, dan penginternalisasian nilai-nilai ke dalam tingkah laku peserta didik sehari-hari melalui proses pembelajaran, baik yang berlangsung di dalam maupun di luar kelas pada semua mata pelajaran. Pada dasarnya kegiatan pembelajaran, selain untuk menjadikan peserta didik menguasai kompetensi (materi) yang ditargetkan, juga dirancang untuk menjadikan peserta didik mengenal, menyadari/peduli, dan menginternalisasi nilai-nilai dan menjadikannya perilaku.

Integrasi pendidikan karakter di dalam proses pembelajaran dilaksanakan mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran pada semua mata pelajaran. Di antara prinsip-prinsip yang dapat diadopsi dalam membuat perencanaan pembelajaran (merancang kegiatan pembelajaran dan penilaian dalam silabus, RPP, dan bahan ajar), melaksanakan proses pembelajaran, dan evaluasi adalah prinsip-prinsip pembelajaran kontekstual (*Contextual Teaching and Learning*) (Wuryanto, 2011:21)

Sains diperlukan dalam kehidupan sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan manusia melalui pemecahan masalah-masalah yang dapat diidentifikasi. Penerapan IPA perlu dilakukan secara bijaksana untuk menjaga dan memelihara kelestarian lingkungan. Di tingkat SMP/MTs diharapkan ada penekanan pembelajaran Salingtemas (Sains, lingkungan, teknologi, dan masyarakat) secara terpadu yang diarahkan pada pengalaman belajar untuk merancang dan membuat suatu karya melalui penerapan konsep Sains dan kompetensi bekerja ilmiah secara bijaksana. Pembelajaran Sains sebaiknya dilaksanakan secara inkuiri ilmiah (*scientific inquiry*) untuk menumbuhkan kemampuan berpikir, bekerja dan bersikap ilmiah serta mengkomunikasikannya sebagai aspek penting kecakapan hidup. Oleh karena itu pembelajaran Sains di SMP/MTs menekankan pada pemberian pengalaman belajar secara langsung melalui penggunaan dan pengembangan keterampilan proses dan sikap ilmiah.

Adapun tujuan Mata pelajaran IPA di SMP/MTs adalah agar peserta didik memiliki kemampuan sebagai berikut.

1. Meningkatkan keyakinan terhadap kebesaran Tuhan Yang Maha Esa berdasarkan keberadaan, keindahan dan keteraturan alam ciptaanNya
2. Mengembangkan pemahaman tentang berbagai macam gejala alam, konsep dan prinsip IPA yang bermanfaat dan dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari

- Mengembangkan rasa ingin tahu, sikap positif, dan kesadaran terhadap adanya hubungan yang saling mempengaruhi antara IPA, lingkungan, teknologi, dan masyarakat.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini tergolong dalam jenis penelitian pengembangan (R & D) yaitu *Research and Development*. Dalam penelitian ini dikembangkan perangkat pembelajaran dengan mengacu pada model 4-D yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*) melalui pendekatan PAKEM yang berintegrasi pendidikan karakter. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan mencakup Silabus, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Bahan Ajar, Lembar Kegiatan Siswa (LKS), Tes Hasil Belajar dan Instrumen Penilaian Karakter.

Model pengembangan pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model 4-D yang dikemukakan Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974) yang terdiri dari empat tahap. Keempat tahap

tersebut adalah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*). Tetapi dalam penelitian ini, peneliti hanya menggunakan 3 (tiga) tahap dari 4 (empat) tahap model pengembangan 4-D, yaitu tahap (*define*), (*design*), dan (*development*). Untuk tahap (*disseminate*) tidak digunakan, karena peneliti hanya sampai pada langkah merevisi perangkat pembelajaran yang telah divalidasi oleh para ahli.

4. Hasil dan Pembahasan

a. Pertemuan I

Hasil pengamatan yang dilakukan oleh pengamat mengenai kegiatan aktivitas guru dan aktivitas siswa selama proses pembelajaran diperoleh data sebagai berikut:

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Untuk 6 aspek yang harus dilaksanakan siswa mengacu pada RPP sebagaimana yang terdapat pada lampiran. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut diperoleh data yang diuraikan sebagai berikut.

Tabel 1. Aktivitas Siswa Secara Klasikal Pertemuan di SMP 1 Paguyaman

AKTIVITAS SISWA	RATA-RATA				JUMLAH
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	28	58	22	0	100
Menulis	6	84	10	0	100
Bertanya	12	32	52	4	100
Menjawab pertanyaan	8	58	34	0	100
Mempresentasikan hasil diskusi	10	90	0	0	100
Menyimpulkan	0	100	0	0	100

Berdasarkan hasil pengamatan aktivitas siswa yang ditunjukkan pada tabel 1 di atas, dideskripsikan berdasarkan 6 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas membaca (28%) sangat baik, (58%) baik, (22%) cukup dan (0) kurang. Untuk

aktivitas menulis (6%) sangat baik, (84%) baik, (10%) cukup dan (0) kurang. Untuk aktivitas bertanya (12%) sangat baik, (32%) baik, (52%) cukup dan (4%) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (8%) sangat baik, (58%) baik, (34%) cukup, dan (0)

kurang. Untuk aktivitas mempresentasikan hasil diskusi (10%) sangat baik, (90) baik, (0) cukup, dan (0) kurang. Sedangkan untuk aktivitas menyimpulkan yaitu (0%) sangat baik, (100%) baik, (0) cukup, dan (0) kurang.

b. Pertemuan II

Pengambilan data pada proses pembelajaran menggunakan perangkat yang telah dikembangkan melalui pendekatan PAKEM pada pertemuan II dilakukan oleh peneliti sebagai guru dan dibantu oleh 2 orang rekan peneliti (mahasiswa). Kegiatan guru maupun kegiatan siswa selama proses pembelajaran akan diamati dan dinilai dengan menggunakan lembar pengamatan aktivitas belajar siswa sebagaimana terdapat pada lampiran. Hasil pengamatan yang dilakukan oleh pengamat mengenai kegiatan aktivitas

guru dan aktivitas siswa selama proses pembelajaran diperoleh data sebagai berikut.

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Aktivitas siswa yang diamati pada pertemuan II sama seperti pengamatan yang telah dijelaskan pada pengamatan aktivitas guru, dimana pengamatan dilakukan oleh 2 orang pengamat rekan peneliti (mahasiswa). Kegiatan atau aktivitas siswa selama kegiatan belajar mengajar berlangsung diamati dan dinilai dengan menggunakan lembar pengamatan yang telah disusun oleh peneliti. Pada pengamatan ini, jumlah aspek yang diamati sebanyak 5 aspek dan masing-masing aspek tersebut memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian, untuk 5 aspek yang harus dilaksanakan siswa mengacu pada RPP sebagaimana yang terdapat pada lampiran. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut diperoleh data yang diuraikan sebagai berikut.

Tabel 2. Aktivitas Siswa Secara Klasikal Pertemuan II di SMP 1 Paguyaman

AKTIVITAS SISWA	RATA-RATA				JMLH
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Menjawab pertanyaan	10	32	46	12	100
Merangkai alat	42	36	20	2	100
Mencatat	22	50	26	2	100
Memecahkan masalah melalui LKS	12	52	34	2	100
Mempresentasikan hasil diskusi	22	78	0	0	100

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 2 di atas dideskripsikan berdasarkan 5 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas menjawab pertanyaan (10%) sangat baik, (32%) baik, (46%) cukup dan (12%) kurang. Untuk aktivitas merangkai alat (42%) sangat baik, (36%) baik, (20%) cukup dan (2%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (22%) sangat baik, (50%) baik, (26%) dan (2%) kurang. Untuk aktivitas memecahkan masalah melalui LKS (12%) sangat baik, (52%) baik,

(34%) cukup, dan (2%) kurang. Dan untuk aktivitas mempresentasikan hasil diskusi (22%) sangat baik, (78) baik, (0) cukup dan (0) kurang.

c. Pertemuan III

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Aktivitas siswa yang diamati pada pertemuan III sama seperti pengamatan yang telah dijelaskan pada pengamatan aktivitas guru, dimana pengamatan dilakukan oleh 2

orang pengamat rekan peneliti (mahasiswa). Kegiatan atau aktivitas siswa selama kegiatan belajar mengajar berlangsung diamati dan dinilai dengan menggunakan lembar pengamatan yang telah disusun oleh peneliti. Pada pengamatan ini, jumlah aspek yang diamati sebanyak 5 aspek dan masing-masing

aspek tersebut memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian, untuk 5 aspek yang harus dilaksanakan siswa mengacu pada RPP sebagaimana yang terdapat pada lampiran. Berdasarkan hasil pengamatan tersebut diperoleh data yang diuraikan sebagai berikut.

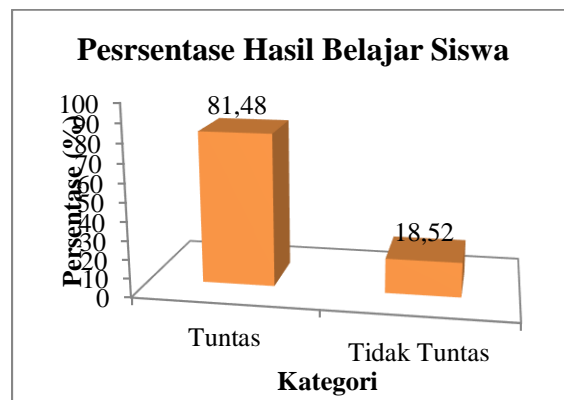
Tabel 3. Aktivitas Siswa Secara Klasikal Pertemuan III di SMP 1 Paguyaman

AKTIVITAS SISWA	RATA-RATA				JUMLAH
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	46.15	50	3.85	0	0
Mencatat	46.15	53.85	0	0	100
Memecahkan masalah melalui LKS	36.54	44.14	19.23	0	100
Menjawab pertanyaan	32.69	61.54	5.77	0	100
Menyimpulkan	5.77	94.23	0	0	100

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 3 di atas dideskripsikan berdasarkan 5 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas membaca (46.15%) sangat baik, (50%) baik, (3.85%) cukup dan (0) kurang. Untuk aktivitas mencatat (46.15%) sangat baik, (53.85%) baik, (0 cukup dan (0%) kurang. Untuk aktivitas memecahkan masalah melalui LKS (36.54%) sangat baik, (44.14%) baik, (19.23%) dan (0) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (32.69%) sangat baik,

(61.54%) baik, (5.77%) cukup, dan (0%) kurang. Dan untuk aktivitas menyimpulkan (5.77%) sangat baik, (94.23%) baik, (0 cukup dan (0) kurang.

Dari hasil penelitian ketuntasan klasikal untuk hasil belajar pada pembelajaran Sains materi bunyi di SMP Negeri 1 Paguyaman, siswa yang tuntas yaitu sebesar 81.48% dari 27 siswa sedangkan siswa yang tidak tuntas yaitu 18.52%. capaian persentase siswa hasil belajar siswa yang tuntas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 1. Persentasi Hasil Belajar Siswa di SMP 1 Paguyaman

Berdasarkan grafik yang ditunjukkan pada gambar 1. di atas maka dapat disimpulkan bahwa hasil belajar siswa setelah diterapkan pendekatan PAKEM pada pembelajaran Sains materi bunyi pada siswa kelas VIII-5 SMP Negrei 1 Paguyaman hasil belajar mengalami peningkatan. Hal ini ditunjukkan melalui grafik di atas dimana siswa yang tuntas yaitu 81.48% dan jumlah persentase ini dikategorikan sangat baik, sedangkan siswa yang tidak tuntas yaitu 18.52%. Siswa yang tidak tuntas ini dikarenakan pada saat proses pembelajaran berlangsung, siswa tersebut tidak

memperhatikan dengan baik sehingga berdampak pada hasil belajar. Namun secara umum persentase capaian hasil belajar dalam penelitian ini sudah sangat baik.

Hasil Penelitian di SMPN 1 Sumalata

Pertemuan I

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Berdasarkan hasil pengamatan kegiatan siswa dalam menerapkan pendekatan PAKEM dengan perangkat yang telah dikembangkan dalam proses pembelajaran diperoleh data yang diuraikan di bawah ini.

Tabel 4. Aktivitas Siswa Pertemuan pertama di SMPN 1 Sumalata

Aktivitas Siswa	Rata-Rata				Jumlah
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	36	47.62	16.67	0	100
Mencatat	52.38	40.47	7	0	100
Bertanya	26.19	35.71	14.29	23.8	100
Menjawab Pertanyaan	19.047	35.71	11.907	33.3	100
Mempresentasikan hasil diskusi	19.05	35.71	11.907	33.3	100
Menyimpulkan	21.43	38.1	16.67	23.8	100

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 4 diatas dideskripsikan berdasarkan 6 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas membaca (36%) sangat baik, (47.62%) baik, (16,67%) cukup dan (0%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (52,38%) sangat baik,(40,47%) baik,(7%) cukup dan (0%) kurang. Untuk aktivitas bertanya (26,19%) sangat baik, (35,71%) baik, (14,29%) cukup dan (23,8%) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (19,05%) sangat baik, (35,71%) baik, (11,907%) cukup dan (33,3). Untuk mempresentasikan hasil diskusi (19,05%) sangat baik, (35,71%) baik,

(11,907%) cukup dan (33,3%) kurang. Untuk menyimpulkan (21,43%) sangat baik, (38,1%) baik, (16,67%) cukup dan (23,8) kurang.

Pertemuan II

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Pengamatan dan penilaian dilakukan terhadap 6 aspek aktivitas siswa yang diamati secara individu. Untuk 6 aspek yang harus dilaksanakan siswa berdasarkan RPP. Berdasarkan hasil pengamatan kegiatan siswa dalam menerapkan pendekatan PAKEM dengan perangkat yang telah dikembangkan dalam proses pembelajaran diperoleh data yang diuraikan di bawah ini:

Tabel 5. Aktivitas siswa Pertemuan II di SMPN 1 Sumalata

Aktivitas Siswa	Rata-Rata				Jml
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Menjawab Pertanyaan	31	33.3	11.9	23.8	100
Bertanya	23.8	30.9	14	30.9	100
Merangkai Alat	47.6	28.5	11.9	11.9	100
Mencatat	40.5	40.4	19.0	0	100
Memecahkan masalah dengan mengerjakan soal LKS	42.9	33.4	11.9	11.9	100
Mempresentasikan hasil diskusi	16.7	42.9	19.1	21.4	100

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 5 diatas dideskripsikan berdasarkan 6 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas menjawab pertanyaan (31%) sangat baik, (33,335%) baik, (11,907%) cukup dan (23,81%) kurang. Untuk aktivitas bertanya (23.8095%) sangat baik, (30,955%) baik, (14%) cukup dan (%) kurang. Untuk aktivitas merangkai alat (47,619%) sangat baik, (28,57%) baik, (11,907%) cukup dan (11,906%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (40,476%) sangat baik, (40,475%) baik, (19,05%) cukup dan (0) kurang. Untuk Memecahkan masalah dengan mengerjakan soal LKS (42,857%) sangat baik, (33,335%) baik, (11,907%) cukup dan (11,907%) kurang. Untuk mempresentasikan hasil diskusi (16,667%) sangat baik, (42,86%) baik, (19,05%) cukup dan (21,43) kurang.

Pertemuan III

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Pengamatan aktivitas siswa pada pertemuan II sama seperti pengamatan yang telah dijelaskan pada aktivitas siswa, dimana penelitian ini diamati oleh 2 orang pengamat yaitu peneliti dan rekan peneliti (mahasiswa). Pengamatan dan penilaian dilakukan terhadap 6 aspek aktivitas siswa yang diamati secara individu. Untuk 6 aspek yang harus dilaksanakan siswa berdasarkan RPP. Berdasarkan hasil pengamatan kegiatan siswa dalam menerapkan pendekatan PAKEM dengan perangkat yang telah dikembangkan dalam proses pembelajaran diperoleh data yang diuraikan di bawah ini.

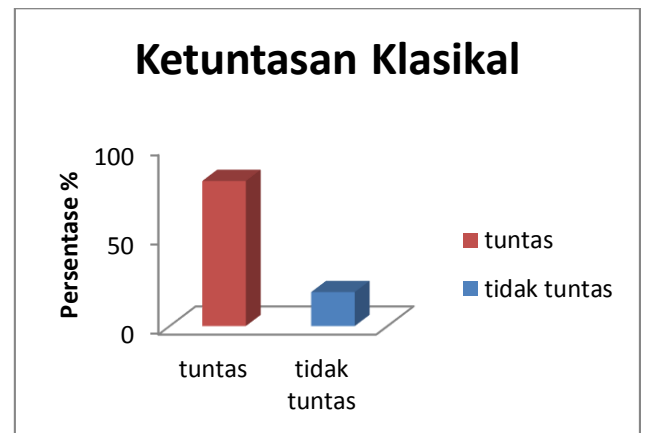
Tabel 6. Aktivitas siswa Pertemuan III di SMPN 1 Sumalata

Aktivitas Siswa	Rata-Rata				Jmlh
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	50	35.7	14.3	0	100
Mencatat	38.1	52.4	10	0	100
Bertanya	23.8	45.2	11.9	19.0	100
Menjawab pertanyaan	40.5	21.4	14.3	23.8	100
Mempresentasikan hasil kerja	23.8	54.7	11.9	9.5	100
Menyimpulkan	21.4	45.2	9.5	23.8	100

Berdasarkan hasil pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 6 diatas dideskripsikan berdasarkan 6 aspek aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian maka untuk aktivitas membaca (50%) sangat baik, (35.715%) baik, (14.287%) cukup dan (0%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (38.095%) sangat baik,(52.38%) baik,(10%) cukup dan (0%) kurang. Untuk aktivitas bertanya (23,81%) sangat baik, (45,24%) baik, (11,907%) cukup dan (19,05%) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (40,476%) sangat baik, (21,43%) baik, (14,287%) cukup dan (23,81%) kurang. Untuk mempresentasikan hasil kerja (23.8095%) sangat baik, (54.76%) baik, (11.907%) cukup dan (9.524%) kurang. Untuk menyimpulkan (21.429%) sangat baik, (45.24%) baik, (9.525%) cukup dan (23.81%) kurang.

Hasil Belajar

Ketuntasan Klasikal



Gambar 2. Hasil Belajar siswa di SMPN 1 Sumalata

Dari hasil penelitian ketuntasan klasikal untuk hasil belajar pada pembelajaran sains materi bunyi SMP Negeri 1 sumalata, siswa yang tuntas yaitu sebanyak 17 siswa dari 21 yaitu 80.95% sedangkan siswa yang tidak tuntas yaitu sebanyak 4 siswa dari 21 yaitu 19.05%. Siswa yang tidak tuntas ini disebabkan karena pada saat proses pembelajaran berlangsung siswa tersebut tidak memperhatikan dengan baik sehingga berdampak pada hasil belajar namun secara umum persentase capaian hasil belajar dalam penelitian ini sudah sangat baik.

Berdasarkan grafik di atas dapat disimpulkan bahwa setelah diterapkan

pendekatan PAKEM pada pembelajaran sains khususnya materi bunyi di SMP Negeri 1 Sumalata dengan Perangkat yang telah dikembangkan, hasil belajar siswa meningkat hal ini ditunjukkan oleh hasil belajar yang dicapai oleh setiap sebagian siswa besar di atas skor yang ditentukan yaitu 75, nilai yang diperoleh siswa rata-rata diatas 75.

Hasil penelitian di SMPN 2 Suwawa

Pertemuan I

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Sama seperti pengamatan aktivitas guru, aktivitas siswa diamati oleh 2 orang pengamat yaitu rekan peneliti (mahasiswa) selama proses pembelajaran berlangsung. Aktivitas siswa diamati dan dinilai melalui lembar pengamatan aktivitas siswa. Pada pengamatan ini jumlah aktivitas siswa yang diamati dan dinilai adalah sebanyak 6 aktivitas yang mengacu pada RPP yang terdapat pada lampiran, dan masing-masing aktivitas memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 7. Aktivitas Siswa Pertemuan 1 di SMPN 2 Suwawa

Aktivitas Siswa	Rata-rata				Jumlah
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	46,7	43,3	10	0	100
Menulis	30	66,7	3,4	0	100
Bertanya	20	40	36,7	3,4	100
Menjawab Pertanyaan	23,3	43,4	33,4	0	100
Mempresentasikan Hasil Diskusi	16,7	60	20	3,4	100
Menyimpulkan	23,4	60	16,7	0	100

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel 7 diatas, dapat dideskripsikan menurut 6 aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian. Maka untuk aktivitas membaca (46,7%) sangat baik, (43,3%) baik, (10%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas menulis (30%) sangat baik, (66,7%) baik, (3,4%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas bertanya (20%) sangat baik, (40%) baik, (36,7%) cukup, dan (3,4%) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (23,3%) sangat baik, (43,4%) baik, (33,4%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas mempresentasikan hasil diskusi (16,7%) sangat baik, (60%) baik, (20%) cukup, dan (3,4%) kurang. Dan untuk aktivitas

menyimpulkan (23,4%) sangat baik, (60%) baik, (16,7%) cukup, dan (0%) kurang.

Pertemuan II

Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Aktivitas siswa diamati dan dinilai melalui lembar pengamatan aktivitas siswa. Pada pengamatan ini jumlah aktivitas siswa yang diamati dan dinilai adalah sebanyak 5 aktivitas yang mengacu pada RPP yang terdapat pada lampiran, dan masing-masing aktivitas memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh data sebagai berikut.

Tabel 8. Aktivitas Siswa Pertemuan II di SMPN 2 Suwawa

Aktivitas Siswa	Rata-rata				Jmlh
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Menjawab Pertanyaan	26,5	41,2	23,5	8,9	100
Merangkai Alat	44,1	41,2	14,7	0	100
Mencatat	47,1	35,3	14,7	2,9	100
Memecahkan Masalah dengan Mengerjakan Soal yang ada di LKS	55,9	29,4	11,8	2,9	100
Mempresentasikan Hasil Diskusi	26,5	52,9	14,7	5,9	100

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel 8 diatas, dapat dideskripsikan menurut 5 aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian. Maka untuk aktivitas menjawab pertanyaan (2,9%) sangat baik, (38,3%) baik, (44,1%) cukup, dan (14,7%) kurang. Untuk aktivitas merangkai alat (41,2%) sangat baik, (41,2%) baik, (14,7%) cukup, dan (2,9%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (44,1%) sangat baik, (26,5%) baik, (17,7%) cukup, dan (11,8%) kurang. Untuk aktivitas memecahkan masalah dengan mengerjakan soal yang ada di LKS (52,9%) sangat baik, (32,4%) baik, (5,9%) cukup, dan (8,9%) kurang. Dan untuk aktivitas mempresentasikan hasil diskusi (5,9%) sangat baik, (44,1%) baik, (44,1%) cukup, dan (5,9%) kurang.

Tabel 9. Aktivitas Siswa Pertemuan III di SMPN 2 Suwawa

Aktivitas Siswa	Rata-rata				Jmlh
	SB (%)	B (%)	C (%)	K (%)	
Membaca	38,3	47,1	14,7	0	100
Mencatat	50	38,2	11,8	0	100
Memecahkan Masalah melalui LKS	61,8	23,6	14,7	0	100
Menjawab Pertanyaan	38,3	50	11,8	0	100
Menyimpulkan	44,1	44,1	11,8	0	100

Pertemuan III Hasil Pengamatan Aktivitas Siswa

Sama seperti pengamatan aktivitas guru, aktivitas siswa pada pertemuan III diamati oleh 2 orang pengamat yaitu rekan peneliti (mahasiswa) selama proses pembelajaran berlangsung. Aktivitas siswa diamati dan dinilai melalui lembar pengamatan aktivitas siswa. Pada pengamatan ini jumlah aktivitas siswa yang diamati dan dinilai adalah sebanyak 5 aktivitas yang mengacu pada RPP yang terdapat pada lampiran, dan masing-masing aktivitas memiliki indikator yang menjadi acuan penilaian. Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan, diperoleh data sebagai berikut.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada tabel 9 diatas, dapat dideskripsikan menurut 5 aktivitas siswa sesuai kriteria penilaian. Maka untuk aktivitas membaca (14,7%) sangat baik, (55,9%) baik, (29,4%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas mencatat (50%) sangat baik, (35,3%) baik, (14,7%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas memecahkan masalah melalui LKS (61,8%) sangat baik, (17,7%) baik, (20,5%) cukup, dan (0%) kurang. Untuk aktivitas menjawab pertanyaan (20,6%) sangat baik, (47,1%) baik, (32,3%) cukup, dan (0%) kurang. Dan untuk aktivitas menyimpulkan (44,2%) sangat baik, (17,7%) baik, (38,2%) cukup, dan (0%) kurang.

Hasil Belajar

Menurut hasil penelitian, ketuntasan klasikal hasil belajar siswa pada pembelajaran sains materi bunyi di SMP Negeri 2 Suwawa adalah 82,35% untuk siswa yang tuntas dan 17,65% tidak tuntas dari 17 siswa. Persentase siswa yang tuntas dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4. Persentase Hasil Belajar Siswa di SMPN 2 Suwawa

Berdasarkan diagram yang ditunjukkan pada gambar 4 diatas, dapat disimpulkan bahwa hasil belajar siswa di kelas VIII-2 SMP Negeri 2 Suwawa mengalami peningkatan setelah diterapkan pendekatan PAKEM pada pembelajaran sains materi bunyi. Dimana persentase siswa yang tuntas adalah 82,35% dan termasuk kategori sangat baik, sedangkan persentase siswa yang tidak tuntas adalah 17,65%. Ketidaktuntasan siswa disebabkan karena pada proses pembelajaran siswa tersebut tidak memperhatikan dengan baik sehingga hasil belajar yang diperoleh rendah, namun secara keseluruhan persentase pencapaian hasil belajar siswa dalam penelitian ini sangat baik.

Simpulan dan saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa pengembangan perangkat pembelajaran Sains SMP menggunakan pendekatan PAKEM berintegrasi Pendidikan Karakter pada materi

Bunyi yang terdiri dari perangkat Silabus, RPP, Bahan Ajar, LKS, Tes Hasil Belajar, Instrumen Penilaian Karakter Siswa, yang telah divalidasi oleh para validator memperoleh penilaian kualitas baik/valid dengan revisi kecil dan layak digunakan pada proses belajar mengajar di sekolah.

Dari pembahasan serta kesimpulan di atas menunjukkan bahwa pengembangan perangkat pembelajaran menggunakan pendekatan PAKEM berintegrasi pendidikan karakter sangat baik digunakan pada pembelajaran, untuk itu peneliti mengajukan saran agar pengembangan perangkat pembelajaran dengan menggunakan pendekatan PAKEM berintegrasi pendidikan karakter menjadi suatu pedoman bagi para guru atau pendidik untuk dapat mengembangkan perangkat sebelum proses belajar mengajar agar memperoleh hasil belajar siswa yang berkualitas baik dan mengacu pada kurikulum 2013 yang menciptakan pembelajaran yang menyenangkan dan berbasis karakter budaya bangsa

Daftar Rujukan

- Indrawati dan Wawan Setiawan. 2009. *Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan*. Jakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Lickona, Tom, Eric Schaps, and Catherine Lewis. 2007. *Eleven Principles of Effective Character Education*. Washington: Character Education Partnership. (www.character.org, diakses tanggal 1 Maret 2012)
- Pusat Kurikulum Balitbang Kemendiknas. 2010. *Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa*.
- Umar, Masri Kudrat dkk. 2011. *Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset di Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas*

- Negeri Gorontalo*. Laporan Hasil Penelitian. Gorontalo: Lembaga Penelitian
- Winataputra, Udin Saripudin. 2010. *Implementasi Kebijakan Nasional Pembangunan Karakter Bangsa Melalui Pendidikan Karakter (Konsep, Kebijakan, dan Kerangka Programatik)*. Makalah. Jakarta: Universitas Terbuka
- Wuryanto, Agus. 2011. *Pembinaan Pendidikan Karakter di Sekolah Menengah Pertama*. (<http://aguswuryanto.wordpress.com/2011/03/11/pendidikan-karakter-di-smp/>, diakses tanggal 19 Januari 2012)
- Zuchdi, Darmiyati, dkk. 2010. *Pendidikan Karakter dengan Pendekatan Komprehensif: Terintegrasi dalam Perkuliahan dan Pengembangan Kultur Universitas*. Yogyakarta: UNY press

AKTIFITAS ANTIFEEDANT DARI EKSTRAK RIMPANG OLUMONGO (*Acorus calamus*) TERHADAP LARVA *Epilachna sparsa* L

Nurhayati Bialangi^{1*)}; Wenny J.A.Musa¹⁾ dan Chairunisah Lamangantjo²⁾

¹*Jurusan Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Gorontalo*

²*Jurusan Biologi, Universitas Negeri Gorontalo*

*) Email: nurhayatibialangi@yahoo.co.id

ABSTRAK

Acorus calamus merupakan tumbuhan yang termasuk dalam suku Araceae, secara tradisional telah dimanfaatkan sebagai obat penenang dan pengusir serangga. Tumbuhan ini hidup subur di sekitar tempat berair/berawa. Indikasi di lapangan *A. calamus* tidak mendapatkan gangguan serangga atau hama penyakit, sangat mudah tumbuh, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber senyawa biopestisida. Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki aktivitas antifeedant dari ekstrak rimpang *Acorus calamus*. Masyarakat Gorontalo mengenal tumbuhan ini dengan nama Olumongo. Bioindikator untuk uji aktivitas antifeedant adalah larva *Epilachna sparsa* yang dilakukan terhadap ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya (yaitu ekstrak n-heksana, etilasetat, dan air) yang diperoleh dari rimpang *A. calamus*. Semua ekstrak fraksi menunjukkan aktivitas antifeedant dengan fraksi n-heksan menunjukkan aktivitas antifeedant tertinggi pada konsentrasi 1 dan 5%. Ekstrak metanol, ekstrak n-heksan, ekstrak etilasetat menunjukkan adanya aktivitas antifeedant yang bervariasi. Namun secara umum ekstrak metanol, ekstrak n-heksana dan ekstrak etilasetat masih menunjukkan aktivitas yang baik sekali hingga taraf konsentrasi 1%. Dari hasil penelitian juga terlihat bahwa pada umumnya dengan semakin meningkatnya taraf konsentrasi ekstrak yang diuji maka semakin meningkat pula aktivitas antifeedant ekstrak tersebut.

Kata Kunci: Antifeedant, Acorus calamus, Olumongo

PENDAHULUAN

Setiap zat kimia, agen biologis (seperti virus dan bakteri) disinfektan antimikroba atau perangkat yang digunakan untuk melawan hama apapun seperti serangga, patogen tanaman, gulma, moluska, burung,

mamalia, ikan, nematoda dan mikroba dikenal sebagai pestisida (Keppler, 2009). Berbagai pestisida konvensional banyak tersedia di pasaran, namun pestisida nabati banyak digunakan karena lebih aman bagi manusia dan lingkungan, meskipun reaksinya lambat dalam memproteksi tanaman

(Adeyemi, 2010). Penggunaan pestisida sintesis sering merugikan terhadap lingkungan, pencemaran air, bahan pangan dan dapat menimbulkan gangguan kesehatan pada manusia seperti kanker, gangguan saraf dan reproduksi dan keracunan pada umumnya (Kusnaedi, 1997). Untuk menanggulangi dampak negatif ini perlu dilakukan teknik pengendalian yang aman bagi manusia dan lingkungan serta tepat terhadap jasad sasaran, dengan cara mengembangkan penggunaan pestisida nabati atau senyawa bioaktif alamiah yang berasal dari tumbuhan. Riset pencarian senyawa pestisida baru dalam pengendalian organisme pengganggu tanaman secara arif dan bijaksana, merupakan suatu hal yang penting, karena adanya kecenderungan tidak efisiennya obat-obat antihama yang tersedia. Pestisida nabati mengandung senyawa bioaktif seperti alkaloid, terpenoid, fenolik dan zat-zat kimia sekunder lainnya yang dapat berpengaruh terhadap sistem saraf atau otot, keseimbangan hormon, reproduksi, dan perilaku seperti penolak, penarik, antimakan (*antifeedant*) dan sistem pernafasan (Soeharjan, 1993). Senyawa *antifeedant* merupakan suatu zat yang apabila diujikan terhadap serangga akan menghentikan aktivitas makan secara sementara atau permanen tergantung potensi zat tersebut (Miles *et al.*, 1985., Mayanti dkk., 2007).

Penggunaan atau pemanfaatan secara etnobotani/tradisional bagian-bagian tumbuhan tertentu untuk tujuan pengobatan, pengendalian hama dan sebagainya dapat digunakan untuk mengeksplorasi pestisida nabati.

Pestisida nabati bersifat membunuh, menarik (*attractant*), menolak (*repellant*), antimakan (*antifeedant*), racun (*toxicant*), dan menghambat pertumbuhan (Santi, 2011).

Acorus calamus (Vach) adalah tumbuhan, yang secara luas tersebar di seluruh wilayah Asia, Amerika Utara dan Eropa, hidup subur di sekitar tempat berair/berawa (Schmidt dan Streloke, 1994). Indikasi di lapangan *A. calamus* tidak mendapatkan gangguan serangga atau hama penyakit, sangat mudah tumbuh, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber senyawa biopestisida. Masyarakat Gorontalo mengenal tumbuhan ini dengan nama "Olumongo". Mereka menanamnya di daerah yang tergenang air, atau saluran air yang kotor.

Peneliti sebelumnya melaporkan bahwa ekstrak *A. calamus* 0,5% (b/b) dicampur dengan jagung dapat menekan populasi *Rhyzopertha dominica* lebih dari 80% (Tiwari, 1994) dan 0,5% (b/b) dicampur dengan gandum dapat mengakibatkan kematian 95% dari *Sitophilus oryzae* setelah periode paparan 14 hari (Tiwari, 1993). Ekstrak *A. calamus* 1% (b/b) cukup untuk melestarikan berbagai tanaman seperti, sorgum, gandum, kacang hijau. Selain itu, *A. calamus* menunjukkan 100% menyebabkan kematian *Corcyra cephalonica* dari gandum setelah dua bulan penyimpanan dan 0,2% (b/b) ekstrak diterapkan untuk beras giling disimpan selama enam bulan menyebabkan kematian 71% dari *Sitophilus oryzae* dalam waktu 14 hari (Chander dan Ahmed 1983, Chander dan Ahmed 1986, Chander *et al.*, 1990.).

Ekstrak eter rimpang *A. calamus* menunjukkan aktivitas insektisida ($LC_{50} = 1,1\%$) terhadap *Corcyra cephalonica* dewasa (Chauhan dkk., 1987) dan ekstrak dari rimpang *A. calamus* menunjukkan efek toksik terhadap larva *Heliothis* dengan mortalitas 72,2% (Gilani dan Saxena, 1990). Daun *A. calamus* juga bersifat antimikroba yaitu sebagai antibakteri dan antijamur (Devi, 2009 dalam Sukmawati, 2012).

Penelitian pendahuluan berupa penelusuran pustaka terhadap tumbuhan Olumongo (*A. calamus* L) secara tradisional digunakan sebagai bahan obat penenang dan pengusir serangga. Beberapa penelitian menyebutkan bahwa daun *A. calamus* juga berpotensi sebagai antimikroba yaitu sebagai antibakteri dan anti jamur (Devi, 2009 dalam Sukmawati, 2012). *A. calamus* (Vach) adalah tumbuhan, yang secara luas tersebar di seluruh wilayah Asia, Amerika Utara dan Eropa, hidup subur di sekitar tempat berair/berawa (Schmidt dan Streloke, 1994).

A. calamus, termasuk famili Acoraceae. Daunnya berwarna hijau, batangnya membentuk rimpang, yang dapat tumbuh hingga 2 meter, memiliki akar merayap panjang yang tersebar di bawah permukaan tanah. Bunganya 3-8 cm panjang, berbentuk silinder, buah kecil berwarna coklat kehijauan, mengandung beberapa biji. *A. calamus* memiliki aroma kuat dan menyenangkan tapi rasa pahit. *Acorus calamus* memiliki aktivitas sebagai insektisida dan antimikroba (Kaul, *et al*, 1977).

BAHAN DAN METODE

Bahan tumbuhan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rimpang tumbuhan Olumongo (*Acorus calamus*) yang diperoleh dari daerah Batudaa Pantai dan Popayato. Pengambilan sampel dilakukan pada bulan Januari 2014. Determinasi dilakukan di Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Gorontalo.

Serangga uji adalah larva *Epilachna sparsa*. Media uji hayati menggunakan daun leunca (*Solanum nigrum*).

Bahan kimia yang digunakan untuk ekstraksi meliputi berbagai pelarut organik teknis redestilasi. Disamping itu digunakan juga bahan kimia pendukung lainnya meliputi silika gel GF254 untuk kromatografi lapis tipis. Metode penelitian meliputi tahap-tahap:

a. Ekstraksi dan Partisi

Rimpang tumbuhan *A. calamus* segar dibersihkan lalu dikering anginkan pada suhu kamar selama beberapa hari (kadar air <10%), diblender dan diayak dengan ukuran 60 mesh. Serbuk sampel yang telah dihaluskan diekstraksi tuntas dengan cara maserasi menggunakan pelarut metanol. Maserat dikumpulkan dan diuapkan hingga diperoleh ekstrak kental metanol. Terhadap ekstrak kental metanol

dilakukan uji aktivitas *antifeedant* dan uji fitokimia. Ekstrak kental metanol selanjutnya dilarutkan dalam campuran air:metanol (8:2) lalu dipartisi berturut-turut dengan *n*-heksana dan etilasetat, masing-masing fraksi diuapkan dan diuji aktivitas *antifeedant*.

b. Uji Aktivitas *Antifeedant* dengan Metode Uji Pilihan (Schwinger, 1984)

Ekstrak uji dioleskan dibagian kiri daun leunca (*Solanum*

nigrum) sedangkan di bagian kanan dioles dengan metanol sebagai kontrol. Selanjutnya daun diletakkan dalam cawan petri dan dimasukkan dua ekor larva *Epilachna sparsa* yang telah dipuasakan selama dua jam. Pengamatan dilakukan setelah 24 jam dan keaktifan dihitung dengan cara mengukur luas daun yang dikonsumsi larva menggunakan lingkaran yang dibagi dalam 32 sektor. Persentase keaktifan diukur dengan rumus:

$$\% \text{ keaktifan} = \frac{\text{Luas daun yang dikonsumsi (kontrol - perlakuan)}}{\text{Luas daun yang dikonsumsi (kontrol + perlakuan)}} \times 100\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Preparasi Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah rimpang Olumongo (*Acorus calamus*) segar sebanyak 3077,7g yang telah dicuci dan dipotong kecil-kecil. Kemudian dilakukan proses pengeringan tanpa paparan sinar matahari langsung selama ±2 minggu sehingga diperoleh sampel kering sebanyak 2484,84g, selanjutnya digiling sampai halus.

Hasil Ekstraksi

Hasil ekstraksi dengan cara maserasi menggunakan metanol terhadap 2484,84g serbuk kering rimpang Olumongo, diperoleh ekstrak

kasar sebanyak 325,83g yang berwarna merah kecoklatan, diperoleh rendemen sebesar 13,1%.

Hasil Fraksinasi

Selanjutnya sebanyak 50 gram ekstrak kental metanol dilarutkan dalam campuran metanol:air (2:8) lalu dipartisi secara berturut-turut dengan *n*-heksan dan etilasetat. Fraksi *n*-heksan diperoleh sebanyak 29,7 g (aktivitas 94%), etil asetat 2,8 g (aktivitas 100%) dan metanol-air 17,56 g (aktivitas 2%).

Hasil Uji Fitokimia

Terhadap ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya dilakukan uji fitokimia. Hasil uji fitokimia ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya dipaparkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Hasil uji fitokimia ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya

Ekstrak Kental	Uji Fitokimia	Pereaksi	Perubahan dengan pereaksi	Hasil Uji
Metanol	Flavonoid	H ₂ SO ₄	Merah bata	(+) Flvonoid
		Mg-HCl	Orange muda	
		NaOH	Orange muda	
	Alkaloid	Hager	-	(+) Alkaloid
		Mayer	Endapan putih	
		Wagner	Endapan coklat	
		Dragendorff	Endapan merah bata	
	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Merah kecoklatan	(+) Terpenoid
	Steroid	Lieberman-Burchard	-	(-) steroid
Saponin	Aquadest	Terbentuk busa	(+) Saponin	
<i>n</i> -Heksan	Flavonoid	H ₂ SO ₄	-	(+) Flavonoid
		Mg-HCl	Orange kecoklatan	
		NaOH	Merah muda	
	Alkaloid	Hager	Endapan kuning	(+) Alkaloid
		Dragendroff	-	
		Mayer	-	
		Wagner	-	
	Steroid	Lieberman-Burchard	-	(-) Steroid
	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Merah kecoklatan	
Saponin	Aquadest	-	(-) Saponin	
Etil Asetat	Flavonoid	H ₂ SO ₄	Orange kecoklatan	(+) Flavonoid
		Mg-HCl	Orange muda	
		NaOH	-	
	Alkaloid	Hager	-	(+) Alkaloid
		Mayer	-	
		Wagner	-	
		Dragendroff	Endapan coklat	
	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Merah kecoklatan	(+) Triterpenoid
	Steroid	Lieberman-Burchard	-	(-) Steroid
Saponin	Aquadest	-	(-) saponin	
Air	Flavonoid	H ₂ SO ₄	Orange kecoklatan	(+) Flavonoid
		Mg-HCl	-	

		NaOH	Merah muda	
	Alkaloid	Mayer	-	(-) Alkaloid
		Hager	-	
		Wagner	-	
		Dragendroff	-	
	Terpenoid	Lieberman-Burchard	Merah kecoklatan	(-) Triterpenoid
	Steroid	Lieberman-Burchard	-	(-) steroid
	Saponin	Aquadest	Terbentuk Busa	(+) Saponin

Pada Tabel 5.1 terlihat bahwa hasil uji fitokimia ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya menunjukkan bahwa ekstrak metanol positif terhadap uji flavonoid, alkaloid, terpenoid dan saponin, serta negatif terhadap steroid. Fraksi n-heksan positif flavonoid, terpenoid dan alkaloid serta negatif terhadap uji saponin dan steroid. Fraksi etil asetat positif flavonoid, terpenoid dan alkaloid, serta negatif terhadap uji saponin dan steroid. Fraksi air positif flavonoid, terpenoid dan saponin, serta negatif terhadap uji alkaloid dan steroid.

Hasil Uji Aktivitas *Antifeedant* (Antimakan) Ekstrak Metanol

Rimpang *A. calamus* dan Fraksi-fraksinya terhadap Larva *Epilachna Sparsa*

Hasil pengujian aktivitas *antifeedant* (antimakan) ekstrak metanol rimpang *A. calamus* dan fraksi-fraksinya terhadap Larva *Epilachna Sparsa* ditunjukkan pada Tabel 5.3. Efek *antifeedant* ini ditunjukkan oleh jumlah sektor daun yang dikonsumsi sebagai respon yang ditimbulkan oleh aktivitas antimakan dari zat uji. Adanya penurunan jumlah sector daun yang dikonsumsi yang disebabkan oleh zat uji menandakan terjadinya efek antimakan terhadap larva *E.sparsa* dari zat uji tersebut.

Tabel 5.3 Data jumlah sektor daun yang dimakan pada kontrol dan perlakuan, serta persen Aktivitas Antimakan Ekstrak Metanol Rimpang *A. calamus* dan Fraksi-fraksinya pada Konsentrasi Larutan Uji 0,1 %; 0,5%; 1,0%; 5%; dan 10% (b/v) Terhadap *E. sparsa*.

Ekstrak	Konsentrasi	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
		Sektor Kanan (Kontrol)	Sektor Kiri (Perlakuan)	Sektor Kanan (Kontrol)	Sektor Kiri (Perlakuan)	Sektor Kanan (Kontrol)	Sektor Kiri (Perlakuan)
Metanol	0,1	7	4	4	2	7	4
	0,5	8	3	1	1	7	2
	1	4	1	1	1	2	0
	5	1	0	2	1	2	0
	10	1	0	4	1	2	0
n-Heksan	0,1	4	2	2	2	8	3
	0,5	7	2	2	1	7	1
	1	1	0	2	1	3	1
	5	1	0	1	0	3	0
	10	1	0	1	0	1	0
Etilasetat	0,1	13	1	2	1	1	1
	0,5	2	1	3	1	1	0
	1	1	0	3	0	4	1
	5	1	0	1	0	1	0
	10	4	0	1	0	2	0
Air	0,1	4	3	5	3	5	4
	0,5	2	1	3	2	3	2
	1	5	2	7	3	1	1
	5	2	1	4	1	3	2
	10	2	0	2	1	1	1

Hasil pengujian aktivitas antimakan ekstrak kental metanol dan fraksi-fraksinya terhadap larva *Epilachna sparsa* dengan media uji daun *Solanum nigrum* yang segar menunjukkan bahwa daun yang diolesi

ekstrak metanol, n-Heksan, etilasetat dan ekstrak air dengan beberapa konsentrasi hasilnya berbeda efek antimakannya. Hasilnya dipaparkan dalam Tabel 5.4 dibawah ini.

Tabel 5.4 Data Persen Aktivitas Antimakan Ekstrak Metanol Rimpang *A. calamus* pada Konsentrasi Larutan Uji 0,1 %; 0,5%; 1,0%; 5%; dan 10% (b/v) Terhadap *E. sparsa*

Ekstrak	Konsentrasi (%)	Aktivitas Antimakan (%)				SD
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata	
Metanol	0,1	27,3	33,3	27,3	29,3	0,0350
	0,5	45,5	0,0	55,6	33,7	0,2959
	1	60,0	0,0	100,0	53,3	0,5033
	5	100,0	33,3	100,0	77,8	0,3849
	10	100,0	60,0	100,0	86,7	0,2309
<i>n</i> -heksan	0,1	33,3	0,0	45,5	26,3	0,2354
	0,5	55,6	33,3	75,0	54,6	0,2085
	1	100,0	33,3	50,0	61,1	0,3469
	5	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0000
	10	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0000
Etil asetat	0,1	85,7	33,3	0,0	39,7	0,4321
	0,5	33,3	50,0	100,0	61,1	0,3469
	1	100,0	100,0	60,0	86,7	0,2309
	5	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0000
	10	100,0	100,0	100,0	100,0	0,0000
Air	0,1	14,3	25,0	11,1	16,8	0,0728
	0,5	33,3	20,0	20,0	24,4	0,0770
	1	42,9	40,0	0,0	27,6	0,2396
	5	33,3	60,0	20,0	37,8	0,2037
	10	100,0	33,3	0,0	44,4	0,5092

Berdasarkan Tabel 5.4 di atas dapat dilihat bahwa hasil perlakuan dengan ekstrak metanol pada konsentrasi rendah 0,1% ekstrak kental metanol memiliki efek antimakan sebesar 29,3%, pada konsentrasi 0,5% ekstrak kental metanol memiliki efek antimakan sebesar 33,7%, konsentrasi 1% memiliki efek antimakan sebesar 53,3%, konsentrasi 5% memiliki efek antimakan sebesar 77,8%. Sedangkan

pada konsentrasi tinggi 10% memiliki efek antimakan sebesar 86,7%. Data tersebut menunjukkan bahwa pada konsentrasi 10% ekstrak kental metanol memiliki efek antimakan yang cukup tinggi.

Hasil perlakuan dengan fraksi *n*-heksan pada konsentrasi 0,1% memiliki efek antimakan sebesar 26,3%, konsentrasi 0,5% efek antimakan sebesar 54,6%, konsentrasi 1%

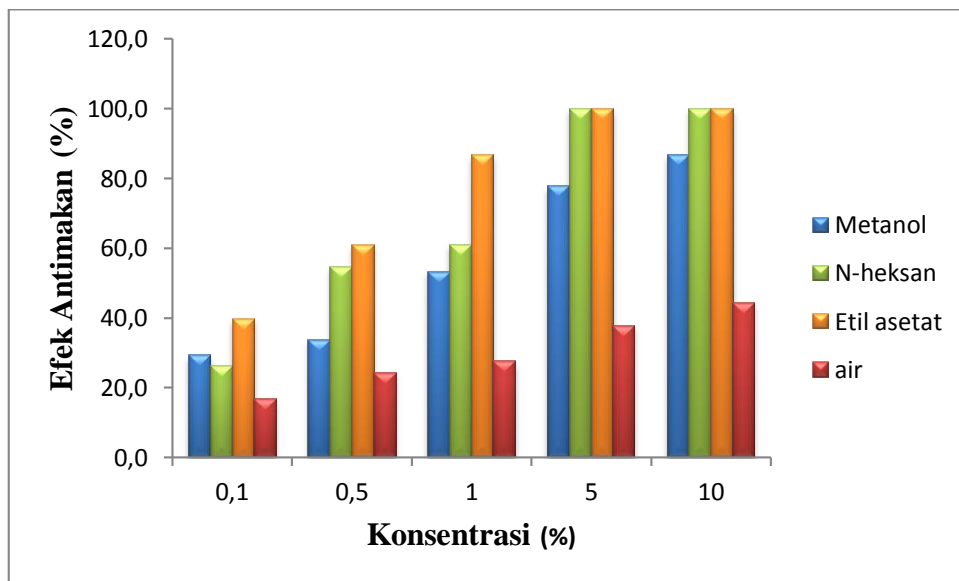
memiliki efek antimakan sebesar 61,1% sedangkan pada konsentrasi yang besar yaitu 5% dan 100% fraksi *n*-heksan memiliki efek antimakan terhadap serangga uji yang sangat tinggi yaitu mencapai 100%. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi yang tinggi fraksi *n*-heksan memiliki efek antimakan yang tinggi pula.

Hasil perlakuan dengan fraksi etil asetat pada konsentrasi 0,1% efek antimakan sebesar 39,7 %, pada konsentrasi 0,5% dan 1% memiliki efek antimakan sebesar 61,1% dan 86,7%, dan pada konsentrasi 5% dan 10% memiliki efek antimakan sebesar 100% dan 100%. Persen keaktifan tersebut menunjukkan bahwa dengan perlakuan fraksi etil asetat pada konsentasi 5%

dan 10% memiliki efek antimakan yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan konsentrasi yang lainnya.

Hasil perlakuan dengan fraksi air pada beberapa konsentrasi memiliki efek antimakan yang sangat rendah, dimana pada konsentrasi 0,1%, 0,5%, 1%, 5%, dan 10% memiliki efek antimakan berturut-turut sebesar 16,8%, 24,4%, 27,6%, 37,8%, dan 44,4%. Persen keaktifan tersebut konsentrasi yang memiliki efek antimakan yang lebih tinggi adalah pada konsentrasi 10%.

Grafik hasil uji efek antimakan dari ekstrak metanol, *n*-heksan, etil asetat dan air dapat di lihat pada Gambar 5.11 dibawah ini.



Gambar 5.1. Hasil uji aktivitas antimakan dari masing-masing ekstrak

5.1 Pembahasan

5.2.1 Preparasi sampel

Untuk mempercepat proses pengeringan sampel rimpang

Olumongo dipotong kecil dan tipis. Setelah kering digiling menjadi serbuk untuk mempermudah dan memaksimalkan proses ekstraksi. Proses ekstraksi akan semakin efektif,

apabila ukuran partikel semakin kecil maka semakin besar luas permukaannya menyebabkan kontak antara zat dan cairan penyari akan semakin besar. Proses pengeringan sampel dilakukan dengan cara dikering anginkan diudara terbuka tanpa paparan sinar matahari. Hal ini dilakukan agar senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam sampel tidak mengalami kerusakan.

5.2.1 Ekstraksi

Metode ekstraksi dengan cara maserasi yang digunakan dalam penelitian ini, merupakan metode yang menggunakan alat yang sederhana yaitu cukup dengan merendam sampel dengan pelarut tertentu. Pelarut yang digunakan adalah metanol (CH_3OH), mudah untuk menarik semua komponen-komponen senyawa metabolit sekunder yang terdapat dalam sampel. Pemilihan pelarut yang sesuai merupakan faktor penting dalam proses ekstraksi. Pelarut yang digunakan adalah pelarut yang dapat menyari sebagian besar metaboli sekunder yang diinginkan dalam suatu sampel (Depkes RI, 2008 dalam Astarina 2013). Penggunaan metanol sebagai pelarut awal karena metanol memiliki molekul yang kecil sehingga mampu menembus semua jaringan tumbuhan untuk menarik senyawa aktif keluar. Metanol bersifat universal yang memiliki gugus polar ($-\text{OH}$) dan gugus non polar ($-\text{CH}_3$) sehingga dapat melarutkan analit yang bersifat polar dan non polar (Astarina 2013). Dengan digunakan pelarut metanol maka senyawa aktif pada daun jeringau yang bersifat polar dan non polar akan larut dalam pelarut ini.

Untuk memperoleh ekstrak kasar metanol, hasil maserasi dari sampel dievaporasi dengan menggunakan bantuan alat pompa vakum pada suhu $30-40^\circ\text{C}$ sampai semua pelarut metanol menguap. Evaporasi dilakukan pada suhu tersebut untuk menghindari kerusakan pada senyawa metabolit sekunder akibat pemanasan yang tinggi. Evaporasi dengan menggunakan bantuan vakum bertujuan untuk menurunkan titik didih pelarut sehingga pelarut yang digunakan akan menguap dibawah titik didih normalnya.

5.2.2 Fraksinasi

Fraksinasi dilakukan pada ekstrak metanol pada dasarnya adalah untuk menyederhanakan senyawa metabolit sekunder yang terekstraksi berdasarkan tingkat kepolaran. Pelaksanaan fraksinasi ini digunakan pelarut yang memiliki tingkat kepolaran yang berbeda. Untuk menarik senyawa kimia yang bersifat non polar menggunakan pelarut *n*-heksan, dan untuk menarik senyawa kimia yang bersifat semi polar yaitu menggunakan pelarut etil asetat. Partisi dengan pelarut *n*-heksan akan terbentuk dua lapisan, lapisan atas adalah pelarut *n*-heksan dan lapisan bawah adalah air. Hal ini terjadi karena kedua pelarut tersebut memiliki perbedaan massa jenis. Massa jenis air lebih besar dari massa jenis *n*-heksan sehingga lapisan air berada di bagian bawah dan *n*-heksan berada di bagian atas. Hal yang sama juga terjadi pada saat fraksi air dipartisi dengan pelarut etil asetat. Oleh karena air memiliki massa jenis yang lebih besar jika dibandingkan dengan etil asetat, maka air berada pada lapisan

bawah dan etil asetat berada pada lapisan atas. Fraksinasi dilakukan secara berulang-ulang dengan tujuan agar semua komponen senyawa yang ada dalam sampel benar-benar terpisah. Setiap fraksi dievaporasi untuk menguapkan pelarut dan memperoleh ekstrak kentalnya yaitu ekstrak yang benar-benar mengandung senyawa metabolit sekunder dan tidak tercampur dengan pelarutnya lagi. Kemudian menghitung rendemen dari masing-masing ekstrak. Rendemen adalah persentasi sampel sebelum dan sesudah perlakuan. Dari ketiga hasil fraksinasi yang diperoleh, rendemen *n*-heksan yang lebih besar jika dibandingkan dengan rendemen etil asetat dan air (Tabel 4.1). Hal ini menunjukkan bahwa senyawa metabolit sekunder yang bersifat non polar lebih banyak jika dibandingkan dengan senyawa metabolit sekunder yang bersifat polar dan semi polar.

5.2.3 Uji fitokimia

Untuk memberikan gambaran mengenai golongan senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam sampel dilakukan uji fitokimia. Uji fitokimia merupakan uji kualitatif terhadap senyawa metabolit sekunder berupa senyawa flavonoid, alkaloid, saponin, steroid, dan triterpenoid.

Hasil uji fitokimia ekstrak metanol rimpang *A. calamus* dan fraksi-fraksinya menunjukkan bahwa ekstrak metanol positif terhadap uji flavonoid, alkaloid dan saponin, serta negatif terhadap steroid dan terpenoid. Ekstrak fraksi *n*-heksan dan Etil asetat positif flavonoid, terpenoid dan alkaloid serta negatif terhadap uji saponin dan steroid.

Pelarut *n*-heksan mampu menarik senyawa-senyawa metabolit sekunder yang bersifat non polar. Pelarut etil asetat cenderung menarik senyawa-senyawa yang bersifat semi polar yang tidak dapat tertarik dalam metanol dan *n*-heksan. Fraksi air positif alkaloid dan saponin, serta negatif terhadap uji flavonoid, terpenoid dan steroid. Air lebih cenderung melarutkan senyawa-senyawa metabolit sekunder yang bersifat polar.

5.2.4 Uji Aktivitas Antimakan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan ekstrak metanol, maupun fraksi *n*-heksan, etil asetat dan air memiliki efek antimakan terhadap serangga *Epilachna sparsa* pada konsentrasi tertentu.

Pada Tabel 5.4 terlihat bahwa ekstrak *n*-heksan dan etil asetat rimpang *A. calamus* memberikan efek penurunan jumlah sektor daun yang dikonsumsi. Jumlah sektor kiri daun yang dikonsumsi menurun bila dibandingkan dengan jumlah sektor kanan (kontrol). Efek tersebut menunjukkan peningkatan yang berarti ketika dosis ditingkatkan. Pada konsentrasi 5% dan 10% ekstrak metanol dan *n*-heksan serta etilasetat rimpang *A. calamus* memberikan efek *antifeedant* 100% terhadap *E. sparsa*.

Pada Tabel 5.1 terlihat bahwa ekstrak metanol rimpang *A. calamus* dan fraksi-fraksinya memberikan efek penurunan jumlah sektor daun yang dikonsumsi.

Ekstrak metanol, Fraksi *n*-Heksan, dan Etilasetat pada konsentrasi 10% b/v memberikan efek yang lebih besar dari efek pada konsentrasi 1%,

sedangkan ekstrak air memberikan efek yang lebih kecil pada kedua konsentrasi.

Efek antimakan dari ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya kemungkinan berhubungan dengan hasil uji fitokimia dari semua ekstrak mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid. Ekstrak metanol, *n*-heksan dan etil asetat mengandung flavonoid dan terpenoid, namun tidak terdapat pada ekstrak air.

Mekanisme penghambatan makan terhadap larva *E.sparsa* ini disebabkan oleh aktivitas senyawa metabolit sekunder. Karena berdasarkan hasil uji fitokimia yang dilakukan dalam penelitian ini ekstrak metanol, fraksi *n*-heksan, etil asetat dan air positif mengandung senyawa metabolit sekunder. Maka dengan adanya kandungan senyawa metabolit sekunder tersebut yang mencerminkan bahwa dalam ekstrak dan fraksi-fraksi tersebut memiliki sifat antimakan. Ekstrak *n*-heksan menunjukkan hasil yang paling tinggi diantara semua ekstrak. Dugaan sementara pada ekstrak *n*-heksan mengandung senyawa metabolit sekunder yang bersifat non polar yang berfungsi sebagai senyawa antimakan. menurut Budianto dan Tukiran (2012) dalam Septian, (2013) bahwa senyawa yang bersifat antimakan sebagian besar ditemukan pada golongan metabolit sekunder alkaloid, terpenoid dan fenolik.

Pada konsentrasi 1% ekstrak *n*-heksan, etil asetat menghasilkan persen keaktifan makan yang lebih tinggi dari 0,1%, 0,5%. Walaupun pada konsentrasi rendah dalam pengujian ini memberikan hasil yang berbeda, akan

tetapi pada konsentrasi tinggi 1%, 5% dan 10% pada ekstrak kental metanol, *n*-heksan, dan etil asetat rimpang Olumongo memberikan hasil yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pada konsentrasi tersebut, kandungan senyawa metabolit sekunder dalam ekstrak lebih banyak sehingga diduga ekstrak pada konsentrasi tersebut mempunyai sifat antimakan yang tinggi dan aktivitas makan larva semakin menurun.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak metanol, maupun fraksi *n*-heksan, etil asetat dan air memiliki efek antimakan terhadap serangga *Epilachna sparsa* pada konsentrasi tertentu. Berdasarkan hasil uji diatas menunjukkan bahwa aplikasi ekstrak metanol dan fraksi-fraksinya sangat memiliki aktivitas antimakan terhadap serangga uji larva *Epilachna sparsa*. Berdasarkan hasil penelitian ini maka dapat dikatakan bahwa tumbuhan ini sangat cocok untuk digunakan sebagai alternative pestisida alami yang ramah lingkungan, karena berasal dari alam.

KESIMPULAN DAN SARAN

Ekstrak metanol rimpang *A.calamus* dan fraksi-fraksinya memberikan efek penurunan jumlah sektor daun yang dikonsumsi. Jumlah sektor kiri daun yang dikonsumsi menurun bila dibandingkan dengan jumlah sektor kanan (kontrol). Efek tersebut menunjukkan peningkatan yang berarti ketika dosis ditingkatkan.

Fraksi n-Heksan, dan etilasetat pada konsentrasi 5% dan 10% b/v memberikan efek yang lebih besar dan sama dari efek pada konsentrasi 0,1% dan 0,5%, serta 1%, sedangkan ekstrak metanol, dan air memberikan efek yang lebih kecil pada kedua konsentrasi.

Fraksi n-Heksan dari ekstrak rimpang *Acorus calamus* memiliki aktifitas *antifeedant* tertinggi terhadap larva *E.sparsa*. Selain fraksi heksana, aktifitas *antifeedant* masing-masing fraksi dari ekstrak rimpang *A.calamus* secara umum mengalami penurunan seiring dengan kenaikan konsentrasi larutan uji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak DP2MDIKTI atas dukungan dana penelitian yang telah diberikan sebagai dana Hibah Bersaing.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, M.M.H., (2010). *The potential of secondary metabolites in plant material as deterrents against insect pests: A Review*. African Journal of Pure and Applied Chemistry, 4(11), 243-246.
- Balandrin, M.A., J.A. Klocke, E.S. Wurrele & W.H. Boolinger *Science.*, 1985, 228, 1154.
- Chander, C., Ahmed, S.M., (1983). *Potential of some new plant products as grain protectants against insect infestation*. Bulletin of Grain Technology, 21(3), 179-188.
- Chander, C., Ahmed, S.M., (1986). *Effect of some plant materials on the development of rice moth Corcyra cephalonica (Stainton)*. Entomon, 11(4), 273-276.
- Chander, H., Kulkarni, S.G., Berry, S.K., (1990). *Acorus calamus rhizomes as a protectant of milled rice against Sitophilus oryzae and Tribolium castaneum*. J. Food Science Technology, (3), 171-174.
- Chauhan, S.P., Kumar, A., Singh, C.L., Pandey, U.K., (1987). *Toxicity of some plant extracts against rice moth Corcyra cephalonica (Stainton.) (Lepidoptera)*. Indian J. Entomology, 49 (4), 532-534.
- Gilani, G., Saxena, R.C., (1990). *Repellent and feeding deterrent effect of Turmeric oil, Sweetflag oil, neem oil and neem based insecticides against lesser grain borer (Coleoptera: Bostrychidae)*. J. Econ. Entomol., 83, 629-634.
- Kaul, P., K. Tikuk & B.P. Saxena., (1977)., *Current Science.*, 46, 724.)
- Kusnaedi. 1997. *Pengendalian Hama Tanpa Pestisida*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Kustiati, Usman,T., Widiyantoro, A., (2006)., *Elusidasi Struktur Senyawa Antifeedant dan Repellent dari Tumbuhan Famili Simaroubaceae.*, Laporan Hasil Penelitian Program Insentif Riset Dasar 2007, Deputy Bidang Pengembangan Sipteknas Tahun 2007.
- Miles, D. H., B.L Hankinson and S.A Randle. 1985. *Insect antifeedant*

- from the peruvian plant Alchornea triplinerva*, dalam Paul Hedin (Editor): *Bioregulator for pest control*. Washington DC: American Chemical Society.
- Santi, S.R., (2011). *Senyawa Antimakan Triterpenoid Aldehid dalam Biji Sirsak (Annona muricata Linn)*,. Kelompok Studi Bahan Alam Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Bukit Jimbaran. *Jurnal Kimia* 5 (2), ISSN 1907-9850., Juli 2011 : 163-168
- Schmidt, G.H., Strelake, M., (1994). *Effect of Acorus calamus (L.) (Araceae) Oil and its main compound β -Asarone on Prosthephanus truncatus (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae)*. *J. Stored Product Research*, 30(3), 227-235.
- Subarnas, A., Tumangger, H. B., Yuni, A.I., Ahmad M., dan Supriana (1999). *Efek antidepresi dan Penapisan Fitokimia Ekstraks Metanol Tumbuhan Pakan Primata*, Prosiding Seminar Nasional Kimia Bahan Alam 16-17 November 1999, pp. 455-457
- Sukmawati, Nila Ambar. 2012. *Isolasi, identifikasi dan uji aktivitas antibakteri minyak atsiri daun jeringau (Acorus calamus Linn)*. Skripsi. Surakarta : Universitas Sebelas Maret. (<http://digilib.uns.ac.id>. diakses 19 maret 2013)
- Soeharjan, 1993,. *Penggunaan, permasalahan serta prospek pestisida nabati dalam PHT*. Prosiding seminar hasil penelitian dalam rangka pemanfaatan pestisida nabati. Bogor 1-2 Desember 1993 Badan pengembangan pertanian. Balai penelitian Rempah dan Obat, Jakarta p. 6-7, 8-9
- Tiwari, P.K., Mohan, D.R., Archana, J., (1995). *Developmental study of thermo tolerance and heat shock reponse in Lucilia cuprina (Weidemann)*. *J. Biosci.*, 20, 341-354.
- Tiwari, S.N., (1994). *Efficacy of some plant products as grain protectants against Rhizopertha dominica (F) (Coleoptera:Bostrichidae)*. *International J.Pest Management*, 40(1), 94-97.
- Tiwari, S.N., (1993). *Efficacy of some plant products as grain protectants against S. oryzae (L.)*. *Journal of Insect Science*, 6, 158-160.

TANAMAN GENJER (*Lamncharis flava*) SEBAGAI AGEN FITOREMIDIASI LOGAM Pb DAN Cu

Ishak Isa

Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan IPA
Universitas Negeri Gorontalo
Email: isi@ung.ac.id

Abstrak

Fitoremediasi merupakan salah satu metode pemulihan kualitas lingkungan yang tercemar dengan cara dekontaminasi lingkungan dengan menggunakan tanaman. Tujuan jangka panjang yang ingin dicapai dalam penelitian adalah dapat dimanfaatkannya tanaman genjer (*Lamncharis flava*) sebagai agen Fitoremediasi dalam membersihkan lingkungan air yang tercemar logam berat. Tujuan khusus adalah mempelajari tanaman genjer sebagai agen Fitoremediasi terhadap logam Pb dan Cu, serta mengetahui daya serap tanaman genjer terhadap logam Pb dan Cu yang dipanen pada umur 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Penelitian ini dilakukan dengan menumbuhkan tanaman genjer dalam polybag yang berisi media tumbuh dan disiram dengan larutan logam berat Pb dan Cu dengan kadar 15 ppm. Kadar logam Pb dan Cu yang diserap oleh tanaman genjer pada waktu panen 10, 15, 20, 25, dan 30 hari. Diukur dengan menggunakan Atomic Absorption Spectroscopy (AAS). Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu meremediasi logam Pb dan Cu. Daya serap tanaman genjer terhadap Pb berkisar 24,67%-30,0%, penyerapan tertinggi pada waktu tanam 10 hari dan terendah 30 hari. Untuk daya serap tanaman genjer terhadap Cu berkisar 30,28% -55,78% daya serap tertinggi pada waktu tanam 10 hari. Daya serap tanaman genjer terhadap campuran logam Pb dan Cu berkisar 19,19%-38,78% dengan serapan tertinggi pada 15 hari dan teendah 30 hari.

Kata Kunci: Fitoremediasi, genjer (*Lamncharis flava*), Plumbum, Cuprum

PENDAHULUAN

Dekontaminasi air dari unsur-unsur logam berat dapat dilakukan dengan teknik fitoremediasi, yaitu dengan menggunakan tanaman yang mempunyai kemampuan lebih untuk menyerap unsur-unsur logam tersebut. Secara lengkap istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air, untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik di lingkungan. Kemampuan tanaman untuk mengakumulasi bahan-bahan kimia tertentu dapat dimanfaatkan untuk kajian indikator biologis dan fitoremediasi dalam kasus pencemaran bahan logam-logam berat di lingkungan.

Logam berat didefinisikan suatu satu kesatuan jenis logam yang mempunyai bobot molekul lebih besar dengan densitas lebih dari 5 g/cm³ (Palar, 1995). Menurut

Darmono (1995) dalam panjaitan 2009 faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*non degradable*) dan mudah diabsorpsi.

Keberadaan logam berat dalam suatu lingkungan bisa berkurang atau bertambah, hal ini tidak terlepas dari aktivitas manusia yang dapat mencemari lingkungan dan akhirnya merugikan manusia itu sendiri. Secara alamiah, unsur logam berat terdapat dalam perairan, namun dalam jumlah yang sangat rendah. Kadar ini akan meningkat bila limbah yang banyak mengandung unsur logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan sehingga akan terjadi racun bagi organisme perairan. Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan sebagai berikut merkuri (Hg),

kadmium (Cd), seng (Zn), timah (Pb), krom (Cr), nikel (Ni), dan kobalt (Co).

Menurut kementerian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu: (a) bersifat toksik tinggi yang terdiri dari unsur-unsur Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn, (b) bersifat toksik sedang terdiri dari unsur-unsur Cr, Ni, dan Co, dan (c) bersifat toksik rendah terdiri atas unsur Mn dan Fe.

Adanya logam berat di perairan dapat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme, maupun efek secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yaitu, sulit didegradasi, sehingga mudah terakumulasi dalam lingkungan perairan dan keberadaan secara alami sulit terurai (dihilangkan). Dapat terakumulasi dalam organisme termasuk kerang dan ikan, dan akan membahayakan kesehatan manusia yang mengkonsumsi organisme tersebut. Mudah terakumulasi di sedimen, sehingga konsentrasinya selalu lebih tinggi dari konsentrasi logam dalam air.

Beberapa jenis tumbuhan ditemukan mempunyai kemampuan untuk hidup pada lingkungan yang memiliki akumulasi logam cukup tinggi. Pada lingkungan yang mempunyai kandungan logam cukup tinggi diperlukan jenis tanaman yang mampu menurunkan (*detoksifikasi*) atau akumulasi logam sehingga kualitas lingkungan meningkat. Penurunan konsentrasi polutan dengan menggunakan aktivitas tanaman dikenal dengan istilah fitoremediasi (Widyati, 2011). Beberapa tanaman akuatik (air) dan semiaquatic seperti eceng gondok, *Hydrocotyle umbellata*, *lemna minor*, *Azolla pinnata*, genjer, dan *Mikania cordata* mampu menyerap logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), besi (Fe) dan merkuri (Hg) dari lingkungan tercemar. Kemampuan ini sekarang digunakan dalam beberapa kontruksi lahan basah dan mungkin menjadi efektif dalam

METODE PENELITIAN

Persiapan Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*).

Tanaman penyerap logam berat (akumulator) yang digunakan dalam proses fitoremediasi adalah tanaman genjer

menghilangkan beberapa logam berat dari air.

Salah satu tanaman yang berpotensi penyerap (akumulator) logam pencemar adalah tanaman genjer (*Limnocharis flava*). Tanaman ini dapat tumbuh dengan subur pada daerah rawa baik yang tercemar maupun tidak, disamping itu perkembangbiakannya yang sangat cepat sering menjadi gulma di persawahan. Kemampuannya yang dapat tumbuh pada lingkungan tercemar, dengan pola adaptasi khusus sehingga mampu bertahan pada lingkungan yang mengandung unsur-unsur toksik atau logam-logam berat (Kurniawan, 2008). Hasil penelitian Priyanti dan Yunita (2013) menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu menyerap logam Fe 2,24 – 9,72 ppm (20,32%-63,99%) dan logam Mn 0,31-1,66 ppm (20,45%-63,21%). Disisi lain tanaman genjer (umbi) sering dikonsumsi oleh petani karena secara alami tanaman ini mudah tumbuh dan ditanam di daerah persawahan atau daerah rawa.

Limnocharis flava merupakan tumbuhan yang secara teroris dapat menyerap air dan logam yang terdapat didalamnya sehingga dapat digunakan sebagai akumulator maupun remediator dalam penyerapan logam. Dengan memperhatikan kemampuan *Limnocharis flava* menyerap berbagai logam berat khususnya Timbal dan Tembaga perlu untuk dikaji dan dipelajari.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan dapat dirumuskan 1) Apakah tanaman Genjer (*Limnocharis flava*) dapat berperan sebagai agen Fitoremediasi terhadap logam Pb dan Cu. 2) Berapakah daya serap tanaman (*Limnocharis flava*) terhadap logam Pb dan Cu. Tujuannya adalah 1) Untuk mengetahui kemampuan tanaman genjer (*Limnocharis flava*) sebagai agen Fitoremediasi terhadap limbah logam berat Pb dan Cu. 2) Untuk mengetahui daya serap tanaman genjer (*Limnocharis flava*) terhadap logam Pb dan Cu.

(*Limnocharis flava*) diambil di daerah persawahan di daerah Gorontalo. Tanaman ini diambil seluruh organ tubuhnya meliputi akar, batang dan daun dengan tinggi 10-15 cm sebanyak 75 pohon.

Aklimatisasi Tanaman Genjer (*Limnocharisflava*).

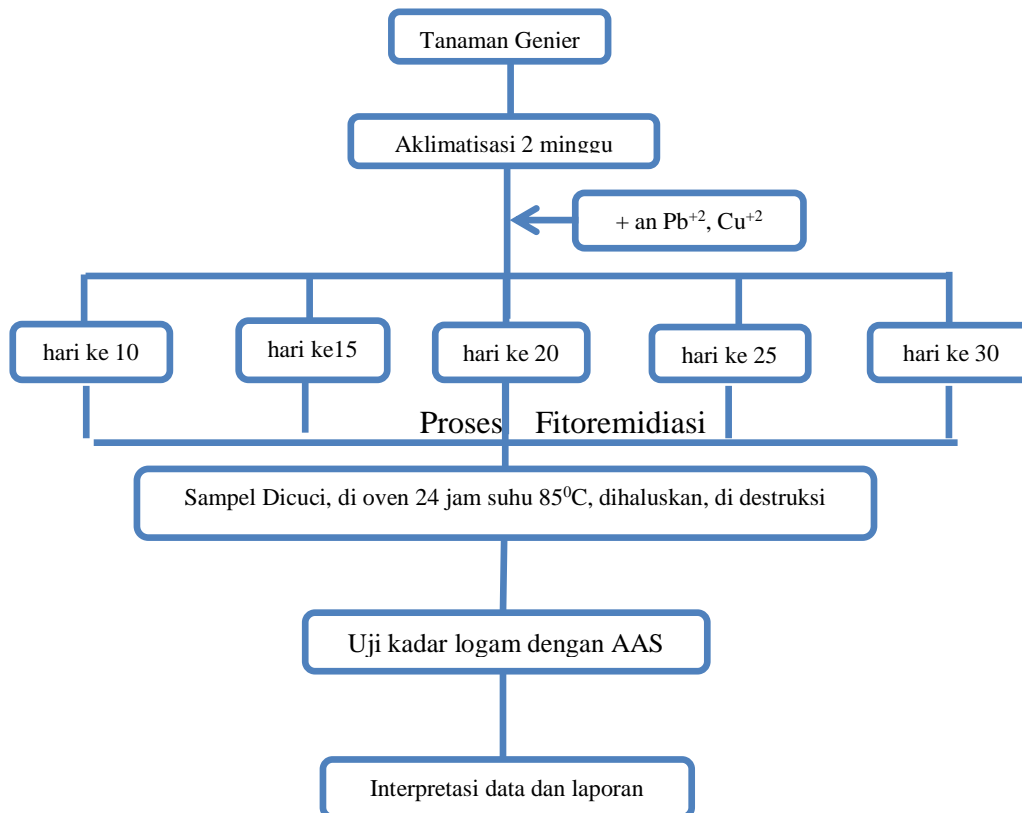
Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) yang telah terseleksi kemudian dibersihkan dari kotoran yang menempel untuk selanjutnya diaklimatisasi sebelum penelitian. Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan mengadaptasikan tanaman pada media tanah dalam polybag selama 2 minggu dan dijaga kelembabannya dengan menggunakan air hingga tanaman tumbuh dengan baik/sumbur. Aklimatisasi dimaksudkan agar tanaman genjer (*Limnocharis flava*) dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan tumbuhnya yang baru.

Uji Fitoremediasi Tanaman Genjer (*Limnocharis flava*)

Tanaman Genjer (*Limnocharisflava*) yang telah diaklimatisasi ditambahkan larutan $Pb(NO_3)_2$ dan $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 15 ppm ke dalam masing2 polybag pada hari yang

sama yaitu pada umur tanam 13 hari. Untuk menjaga kelembaban tanaman dua hari sekali tanaman disiram dengan aquades. Guna keperluan uji daya serap tanaman genjer terhadap logam Pb dan Cu, maka setiap umur 10, 15, 20, 25, dan 30 hari sejak penambahan larutan logam berat tanaman genjer dipanen. Biomasa dari tanaman ini dibersihkan dari kotoran (tanah) kemudian di keringkan dalam oven pada suhu $85^{\circ}C$ selama 24 jam kemudian dibuat menjadi tepung. Selanjutnya didestruksi dengan asam Nitrat dan dilarutkan dalam akuades hingga larutan siap untuk diuji.

Analisis logam Pb dan Cu dilakukan dengan metode AAS dan merupakan besarnya kadar Pb dan Cu yang diserap oleh tanaman genjer dalam proses fitoremediasi tanaman genjer. Proses penelitian diringkas pada Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

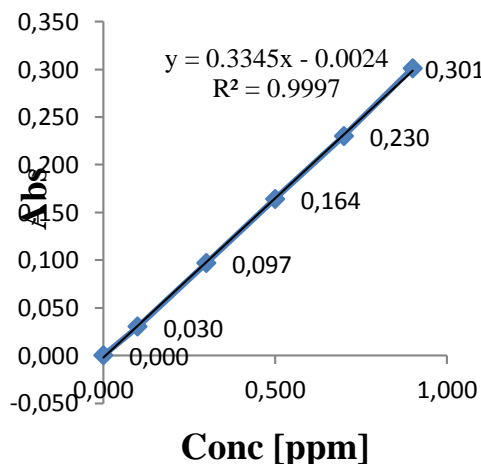
Pengukuran dan Pembuatan Kurva Kalibrasi

Pembuatan kurva kalibrasi logam Pb digunakan larutan standar dengan variasi konsentrasi 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; dan 0,9 ppm. Kemudian diukur serapannya dengan panjang gelombang (λ) 217,3 nm. Sedangkan pada logam Cu digunakan variasi konsentrasi 1,0; 3,0; 5,0; 7,0; dan 9,0 ppm. Dan diukur serapannya dengan panjang gelombang (λ) 324,7 nm. Penggunaan larutan standar bertujuan untuk mengukur ketelitian data. Data pengukuran absorbansi Pb dan Cu ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Serapan Larutan Standar Pb dan Cu

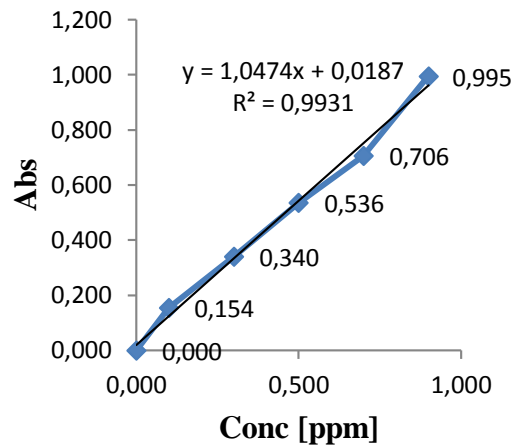
NO	Pb		Cu	
	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi	Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
1	0,000	0,000	0,000	0,000
2	0,100	0,030	1,000	0,154
3	0,300	0,097	3,000	0,340
4	0,500	0,164	5,000	0,536
5	0,700	0,230	7,000	0,706
6	0,900	0,301	9,000	0,995

Berdasarkan data Tabel 1, maka diperoleh kurva kalibrasi dengan persamaan regresi linier untuk Pb adalah $y = 0,3345x - 0,0024$, dimana $y =$ absorbansi dan $x =$ konsentrasi dengan $r = 0,9997$. Dan untuk Cu adalah $y = 1,0474x + 0,0187$ dengan $r = 0,9931$. Kurva kalibrasi dapat dilihat pada gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

Gambar 2. Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu



Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer

Berdasarkan hasil analisis menggunakan spektrofotometer serapan atom, rata-rata konsentrasi logam Pb dan Cu pada tanaman genjer sebelum dan sesudah diberi perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2. dan 3.

Tabel 2. Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer Sebelum Perlakuan

Sampel	Pb	Cu
Tanaman Genjer	0,037	1,369

Tabel 3. Data Konsentrasi Logam Pb dan Cu Pada Tanaman Genjer Setelah Perlakuan

	Pb		Cu	
	Abs	Conc [ppm]	Abs	Conc [ppm]
	0,018	0,061	0,525	4,836
	0,017	0,058	0,521	4,794
	0,016	0,056	0,396	3,604
	0,016	0,056	0,313	2,811
	0,016	0,055	0,304	2,725

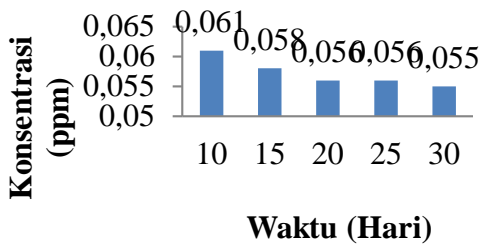
PEMBAHASAN

Kemampuan Tanaman Genjer Dalam Mengakumulasi Logam Pb dan Cu dalam Tanah

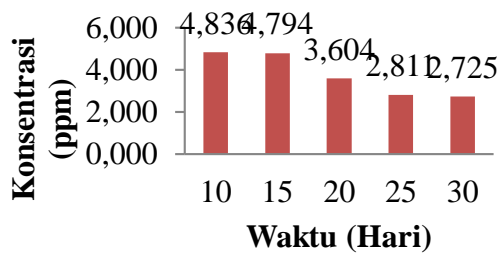
Menurut Youngman dalam Santriyana, dkk (2012) untuk menentukan tanaman yang dapat digunakan dalam fitoremediasi dipilih tanaman yang memiliki sifat cepat tumbuh, mampu mengkonsumsi air dalam jumlah yang banyak pada waktu yang singkat, dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan. Tanaman genjer merupakan salah satu tanaman yang cepat tumbuh dan mampu meremediasi lebih dari satu polutan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menyerap logam Pb dan Cu. Hal ini dapat dilihat pada gambar 3 dan 4.

Darigambar3dapat dilihat bahwa tanaman genjer mampu menyerap logam Pb sebesar 0,055 – 0,061 ppm atau sekitar 0,37% – 0,41%. Dari gambar 5.4 tanaman genjer mampumenyerap logam Cu sebesar 2,725 – 4,836 ppm atau sekitar 18,17 – 32,24% dari konsentrasi 15 ppm untuk masing-masing logam. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanaman genjer mampu beradaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang terpapar logam berat dan memiliki daya untuk menyerap logam.



Gambar 3. Presentase Kandungan Logam Pb Pada Sampel Tanaman Genjer



(b)

Gambar 4. Presentase Kandungan Logam Cu Pada Sampel Tanaman Genjer

Menurut Priyanto & Prayitno (2006) bahwa, penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses yang berkesinambungan, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut. Penyerapan oleh akar dilakukan dengan membawa logam ke dalam larutan di sekitar akar (rizosfer) dengan beberapa cara bergantung pada spesies tumbuhannya. Setelah logam dibawa masuk

ke dalam sel akar, selanjutnya logam harus ditranslokasi di dalam tubuh tumbuhan melalui jaringan pengangkut, yaitu *xilem* dan *floem*, ke bagian tumbuhan lain. Untuk meningkatkan efisiensi pengangkutan, logamdiikat oleh molekul khelat.

Sedangkan menurut Darmono (dalam Widaningrum, 2007:22) “Logam berat yang ada di lingkungan tanah, air dan udara dengan suatu mekanisme tertentu masuk ke dalam tubuh makhluk hidup. Tumbuhan yang menjadi mediator penyebaran logam berat pada makhluk hidup, menyerap logam berat melalui akar dan daun (stomata). Logam berat terserap ke dalam jaringan tumbuhan melalui akar, yang selanjutnya akan masuk ke dalam siklus rantai makanan”.

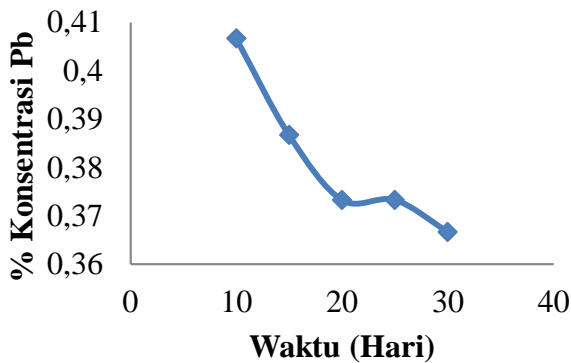
Logam berat diserap oleh akar tumbuhan dalam bentuk ionionyang larut dalam air seperti unsur hara yang ikut masuk bersama aliran air. Lingkungan yang banyak mengandung logam berat Pb dan Cu, membuat protein regulator dalam tumbuhan tersebut membentuk senyawa pengikat yang disebut fitokhelatin. Fitokhelatin merupakan peptida yang mengandung 2-8 asam amino sistein di pusat molekul serta suatu asam glutamat dan sebuah glisin pada ujung yang berlawanan. Fitokhelatin dibentuk di dalam nukleus yang kemudian melewati retikulum endoplasma (RE), apparatus golgi, vasikula sekretori untuk sampai ke permukaan sel. Bila bertemu dengan Pb dan Cu serta logam berat lainnya fitokhelatin akan membentuk ikatan sulfida di ujung belerang pada sistein dan membentuk senyawa kompleks sehingga Pb dan Cu dan logam berat lainnya akan terbawa menuju jaringan tumbuhan. Logam Pb dan Cu dapat masuk dalam sel dan berikatan dengan enzim sebagai katalisator, sehingga reaksi kimia di sel tanaman akan terganggu. Gangguan dapat terjadi pada jaringan epidermis, sponsa dan palisade. Kerusakan tersebut dapat ditandai dengan nekrosis dan klorosis pada tanaman (Haryati, dkk. 2012)

Pengaruh Waktu Pemaparan Terhadap Penyerapan Logam Pb dan Cu

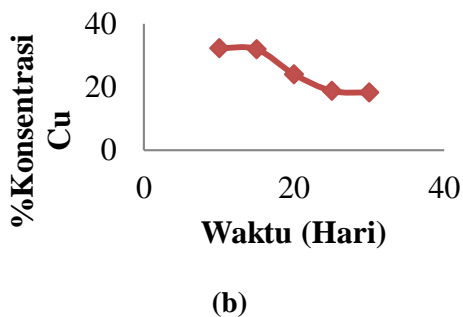
Lamanya waktu tinggal juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi proses penyerapan logam seperti yang diungkapkan oleh Salisbury dan Ross, 1995 (dalam Mohamad, 2011) bahwa faktor eksternal atau lingkungan ideal yang sangat berpengaruh terhadap penyerapan

logam oleh tumbuhan seperti iklim, kesuburan tanah, kesehatan tanaman, dan lamanya waktu perlakuan.

Pengaruh waktu terhadap penyerapan logam oleh tanaman genjer dapat dilihat pada gambar 4 dan 5. Berdasarkan gambar 5.5 dan 5.6 dapat dilihat bahwa semakin lama waktu pemaparan semakin rendah konsentrasi yang diserap oleh tanaman genjer. Ini menjelaskan bahwa waktu pemaparan berpengaruh terhadap penyerapan logam Pb dan Cu. Menurut Chutsiah (2006) dan Kristanto (2002), kenaikan temperatur dapat menaikkan kecepatan difusi ion keakar tanaman genjer termasuk ion logam Pb dan Cu. Suhu pada media tanam mempengaruhi kecepatan reaksi kimia baik pada media luar (lingkungan) maupun media tanam. Semakin tinggi temperatur maka kecepatan reaksi kimia akan meningkat demikian juga sebaliknya. Reaksi kimia yang menurun, maka kadar gas-gas akan menurunkan kelarutan oksigen (Haryati, dkk., 2012).



Gambar 5 Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Pb Oleh Tanaman Genjer



Gambar 6 Pengaruh Waktu Terhadap Penyerapan Logam Cu Oleh Tanaman Genjer

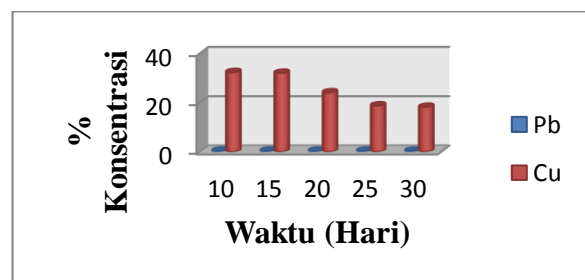
Selain itu juga, menurut Chereminisof (1987) dan Khopkar (1990) (dalam Widaningrum, 2007) bahwa: “Waktu kontak antara ion logam dengan absorben sangat mempengaruhi daya serap. Semakin lama waktu kontak maka penyerapan juga akan meningkat sampai pada waktu tertentu akan mencapai maksimum dan setelah itu akan turun kembali”. Berdasarkan hasil analisa bahwa waktu kontak optimum diperoleh pada hari ke-10 setelah itu pada hari ke-15, 20, 25, dan 30 efisiensi adsorpsi logam Pb dan Cu oleh tumbuhan mengalami penurunan diduga karena terjadi proses desorpsi. Hal ini merupakan salah satu fenomena dalam adsorpsi fisika yang menyatakan bahwa proses adsorpsi bersifat reversibel (Sukardjo, 1987 dalam Lelifajri, 2010:127).

Tanaman tidak dapat menyerap ion-ion logam dikarenakan terjadi proses penguapan. Ini seperti yang diungkapkan oleh Prasetyono, 2011 (dalam Haryati, 2012) bahwa ion-ion tidak terserap semua oleh tanaman genjer, karena ion dapat berpindah dari media tanam (tanah) melalui proses penguapan. Proses tersebut terjadi karena suhu yang tinggi.

Hilangnya kandungan Pb dan Cu dalam media tanam tidak seluruhnya diserap oleh tanaman ini disebabkan logam yang sudah masuk ke dalam tubuh tanaman akan dieksresi dengan cara menggugurkan daunnya yang sudah tua sehingga nantinya dapat mengurangi kadar logam (Priyanto, 2008). Selain itu menurut Darmono, 1995 (dalam Haryati, dkk., 2012), logam tidak seluruhnya masuk ke dalam tanaman disebabkan karena pengendapan logam yang berupa molekul garam dalam air.

Akumulasi Penyerapan Logam Pb dan Cu Oleh Tanaman Genjer

Akumulasi penyerapan logam Pb dan Cu oleh tanaman genjer dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 Perbandingan Penyerapan Logam Pb dan Cu Oleh Tanaman Genjer

Dari gambar 7, dapat dilihat bahwa penyerapan Pb dan Cu oleh tanaman genjerterdapat perbedaan yang sangat signifikan. Berdasarkan data tersebut logam Cu lebih banyak diserap oleh tanaman genjer dibandingkan logam Pb. Ini disebabkan karena logam Cu lebih dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman itu sendiri. Seperti yang jelaskan oleh Mengel & Kirkby, 1987 (dalam Notohadiprawiro, T., 2006) bahwa logam berat Fe, Cu, dan Zn merupakan unsur hara mikro yang diperlukan tumbuhan, namun dalam jumlah banyak beracun untuk tumbuhan. Akan tetapi peran Pb sebagai hara tumbuhan juga belum diketahui. Unsur ini merupakan pencemar kimiawi utama terhadap lingkungan, dan sangat beracun bagi tumbuhan, hewan, dan manusia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa

1. Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) mampu menyerap logam Pb sebesar 0.055 – 0.061 ppm, sedangkan logam Cu sebesar 2.725 – 4.835 ppm
2. Tanaman genjer (*Limnocharis flava*) lebih banyak menyerap logam Cu dibandingkan dengan logam Pb.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian selanjutnya untuk pengujian daya adsorpsi tumbuhan genjer dengan logam yang sama akan tetapi berbeda konsentrasi agar dapat dilihat akumulasi logam oleh tanaman genjer. Dan dapat juga dilakukan pengujian untuk beberapa jenis tanaman yang mampu menyerap logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2009. *Fitoremediasi Upaya Mengolah Air Limbah Dengan Media Tanaman*.
- Anonim, 2011. *Uraian Tanaman Dan Taksonomi tumbuhan Kangkung*. Universitas Sumatra Utara.
- Chen, S.Y and Lin, J.G, 2000, Influence of Solid Content on Bioleaching of Heavy Metal From Contaminated Sediment by *Thiobacillus spp*, J. of Chemical Tecknology and Biotecknology. Vol.75, p. 649-656.
- Hardyanti, 2009. *Fitoremediasi Phospat Dengan Pemanfaatan Enceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) (Studi Kasus Pada Limbah Cair Industri Kecil Laundry)*. (diakses pada tanggal 8-03-2012 jam 22:28 WITA)<http://eprints.undip.ac.id>
- Panjaitan Yanti Grace. 2009. *Akumulasi Logam Berat Tembaga (Cu) dan Timbal (Pb) pada pohon *Avecennia marinadi* Hutan mangrov*.
- Stokinger, H.E, 1981, The Metal, in Clayton G.D., Clayton E.F (Eds), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Third Revised Edition, A Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons New York
- Suryanti Tuti Priyanto Budhi, 2003, Eliminasi Logam Berat Kadmium Dalam Air Limbah Menggunakan Tanaman Air, Jurnal Teknik Lingkungan P3TL BPPT Jakarta.
- WidyatiEnny, 2011, PotensiTumbuhan Bawah Sebagai Akumulator Logam Berat Untuk Membantu Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang, Jurnal Mitra Hutan Tanaman, Vol.6 No.2, Agustus 2011, 46 - 56

PENGARUH MODEL PENEMUAN TERBIMBING TERHADAP KEMAMPUAN KOMUNIKASI MATEMATIKA SISWA SMP

Evi Hulukati¹⁾, Syamsu Qamar Badu²⁾, Novianita Achmad²⁾

¹Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email: eviemega@yahoo.com

²Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email: syamsu@yahoo.com

³Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email: usmanita2000@yahoo.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing dengan yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung pada sub pokok materi kubus dan balok. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen semu dengan desain penelitian pretest post test control group design. Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh siswa kelas VIII SMP. Dari populasi ini diambil 2 kelas secara acak. Kemudian, dipilih lagi secara acak untuk menentukan kelas yang akan diberikan perlakuan. Instrumen yang digunakan untuk pengumpulan data yaitu dengan menggunakan test kemampuan komunikasi matematika dan analisis data yang digunakan adalah analisis Deskriptif dan analisis inferensial. Berdasarkan hasil analisis data deskriptif diperoleh bahwa nilai rata-rata siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung. Berdasarkan analisis inferensial (ANAKOVA) diperoleh bahwa kedua model regresi dari kelas eksperimen dan kelas kontrol sama dan sejajar, sehingga menunjukkan terdapat perbedaan kemampuan komunikasi matematika siswa kelas eksperimen dan kelas kontrol. Dan karena konstanta dari model regresi linier kelas eksperimen lebih besar dibandingkan dengan konstanta model regresi linier kelas kontrol, sehingga dapat disimpulkan bahwa kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung.

Kata Kunci : Kemampuan Komunikasi Matematika, Model Penemuan Terbimbing dan Model Pembelajaran langsung

I. PENDAHULUAN

Silver dan Smith (Umar, 2012 : 1) mengutarakan bahwa tugas guru adalah: (1) melibatkan siswa dalam setiap tugas matematika; (2) mengatur aktivitas intelektual siswa dalam kelas seperti diskusi dan komunikasi; (3) membantu siswa memahami ide matematika dan memonitor pemahaman mereka.

Berdasarkan pandangan dari Silver dan Smith ternyata kemampuan komunikasi matematika ini harus ada dan dikembangkan dalam setiap diri peserta didik. Komunikasi Matematika termasuk pada salah satu ketarampilan berpikir tingkat tinggi dalam matematika atau sering disebut sebagai *doing math*. *National Council of Teacher Mathematic* (NCTM) (yuniawatika, 2011 : 116) menetapkan bahwa terdapat 5 keterampilan proses yang perlu dimiliki siswa melalui pembelajaran matematika yang tercakup dalam standar proses, yaitu: (1) Pemecahan masalah (*problem solving*); (2) penalaran dan pembuktian (*reasoning and proof*); (3) Komunikasi (*Communication*); (4) Koneksi (*connection*); (5) Representasi (*representation*).

Baroody (Umar, 2012 : 2) menyatakan bahwa sedikitnya ada 2 alasan penting yang menjadikan komunikasi dalam pembelajaran matematika perlu menjadi fokus perhatian yaitu (1) *mathematics as language*; matematika tidak hanya sekedar alat bantu berpikir (*a tool to aid thinking*), alat untuk menemukan pola, atau menyelesaikan masalah namun matematika juga “*an invaluable tool for communicating a variety of ideas clearly, precisely, and succinctly*,” (sebuah alat yang tak terhingga nilainya untuk mengkomunikasikan sebuah variasi dari ide yang jelas, tepat dan singkat) dan (2) *mathematics learning as social activity*; sebagai aktivitas sosial, dalam pembelajaran matematika, interaksi antar siswa, seperti juga komunikasi guru siswa merupakan bagian penting untuk “*nurturing children’s mathematical potential*”. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan komunikasi matematika ini menjadi salah satu hal penting bagi siswa yang harus ditumbuh kembangkan pada diri setiap peserta didik dalam proses pembelajarannya.

Namun kenyataannya setelah wawancara yang peneliti lakukan dengan guru mata pelajaran matematika di SMP N 1 Talaga jaya, guru matematikanya sedikit mengeluh

dengan kondisi siswa yang kurang mampu untuk berkomunikasi matematika. Ketika guru memberikan suatu masalah, siswa kurang mampu untuk menyatakan secara tertulis informasi apa saja yang mereka bisa peroleh dari permasalahan yang diberikan apalagi untuk menjawab permasalahan dengan menghubungkan gambar ke dalam ide-ide matematika. Sehingga guru yang akan menyelesaikan masalahnya dan siswa hanya menerima saja apa yang diberikan oleh guru. Hal seperti ini membuat konsep-konsep atau aturan-aturan dalam matematika tidak tertanam dalam ingatan siswa dan siswa akan cepat lupa.

Untuk itu dibutuhkan model pembelajaran yang lebih menitik beratkan pada siswa. Di mana siswa bukan hanya sebagai penerima informasi, tapi guru memberikan kesempatan kepada siswa bisa berfikir sendiri sehingga dapat menemukan prinsip umum yang diinginkan dengan bantuan dan bimbingan dari guru. Model pembelajaran yang cocok dengan kondisi tersebut adalah model pembelajaran penemuan terbimbing. Dimana siswa berfikir sendiri melalui proses dan latihan sederhana bersama rekan-rekannya untuk menemukan suatu aturan atau prinsip umum dari materi yang dibelajarkan dengan bimbingan dan arahan dari guru, maka akan terjadi interaksi dua arah yakni dari guru ke siswa dan siswa ke siswa lainnya.

Sehingga dengan model pembelajaran penemuan terbimbing ini, dapat memberikan kesempatan untuk mengembangkan kemampuan komunikasi matematika siswa, ketika siswa dihadapkan dengan permasalahan, maka siswa mampu menghubungkan benda nyata, gambar atau diagram ke dalam ide matematika, menyatakan peristiwa sehari-hari dalam bahasa atau simbol matematika dan siswa mampu menggunakan istilah, notasi dan strukturnya, untuk menyajikan ide-ide, menggambarkan hubungan-hubungan dan model situasi.

Dari uraian diatas, maka materi kubus dan balok merupakan salah satu materi yang dapat dapat dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing. Karena materi kubus dan balok merupakan materi geometri yang ditempuh siswa sejak sekolah dasar, maka pengetahuan sebelumnya ini sangat berguna untuk menemukan konsep, pola aturan baru. Kubus dan balok juga merupakan materi yang bisa digunakan untuk membuat eksperimen

atau latihan sederhana yang memudahkan siswa untuk menemukan konsep yang dapat membuat siswa lebih aktif dalam proses pembelajaran. Dengan demikian, materi kubus dan balok dapat digunakan dalam pembelajaran model penemuan terbimbing untuk mengukur kemampuan komunikasi matematika siswa.

Penelitian ini mengacu pada rumusan masalah yaitu “Apakah terdapat perbedaan antara kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing dengan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung ?”

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan antara kemampuan komunikasi matematika pada siswa yang dibelajarkan dengan model Penemuan Terbimbing dan siswa yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung.

II. KAJIAN TEORITIS

Kemampuan Komunikasi Matematika

Komunikasi adalah suatu proses penyampaian pesan/informasi dari satu pihak kepada pihak lain agar terjadi saling mempengaruhi di antara keduanya. Pada umumnya, komunikasi dilakukan dengan menggunakan kata-kata (lisan) yang dapat dimengerti oleh kedua belah pihak, yang disebut bahasa verbal. Apabila tidak ada komunikasi masih dapat dilakukan dengan menggunakan gerak-gerik badan, menunjukkan sikap tertentu, isalnya tersenyum, menggelengkan kepala, mengangkat bahu. Cara seperti ini disebut komunikasi dengan nonverbal atau bahasa isyarat (Sutikno, 2009 : 63).

Machmud (2013: 30) juga menyatakan bahwa komunikasi merupakan hal penting untuk senantiasa diperhatikan dan dikembangkan dalam pembelajaran matematika karena jika tidak maka hal ini akan menjadi hambatan bagi berkembangnya kegiatan bermatematika (*doing math*) dan dapat menjadi sumber kegagalan dan ketidaksenangan siswa dalam belajar matematika.

Kemampuan siswa dalam komunikasi matematik ada indikatornya. NCTM (Sugandi dan Sumarmo, 2010 : 1) menyatakan bahwa kemampuan komunikasi siswa dalam

pembelajaran matematika dapat dilihat dari (1) Kemampuan mengekspresikan ide-ide matematika melalui lisan, tertulis, dan mendemonstrasikannya serta menggambarkannya secara visual; (2) Kemampuan memahami, menginterpretasikan, dan mengevaluasi ide-ide matematika baik secara lisan, tulisan, maupun dalam bentuk visual lainnya; (3) Kemampuan dalam menggunakan istilah-istilah, notasi-notasi matematika dan strukturstrukturnya, untuk menyajikan ide-ide, menggambarkan hubungan-hubungan dan model-model situasi.

Selanjutnya Sumarmo (Sugandi, 2011 : 41) kemampuan Komunikasi matematika meliputi kemampuan siswa dalam : (1) menghubungkan benda nyata, gambar dan diagram kedalam ide matematika (2) menjelaskan ide, situasi dan relasi matematik, secara lisan dan tulisan dengan benda nyata, gambar, grafik dan aljabar (3) menyatakan peristiwa sehari-hari dalam bahasa atau simbol matematik (4) mendengarkan, berdiskusi dan menulis tentang matematika (5) membaca dengan pemahaman suatu presentasi matematika tertulis (6) membuat konjektur, menyusun argumen, merumuskan definisi dan generalisasi (7) menjelaskan dan membuat pertanyaan tentang matematika yang dipelajari.

Ramdani (2012 : 47) menyatakan bahwa Komunikasi matematis adalah kemampuan untuk berkomunikasi yang meliputi kegiatan penggunaan keahlian menulis, menyimak, menelaah, menginterpretasikan, dan mengevaluasi ide, simbol, istilah, serta informasi matematika yang diamati melalui proses mendengar, mempresentasi, dan diskusi. Selanjutnya ditegaskan oleh Sudrajat (Ramdani, 2012 : 48) bahwa ketika seorang siswa memperoleh informasi berupa konsep matematika yang diberikan guru maupun yang diperolehnya dari bacaan, maka saat itu terjadi transformasi informasi matematika dari sumber kepada siswa tersebut. Siswa memberikan respon berdasarkan interpretasinya terhadap informasi itu, sehingga terjadi proses komunikasi matematis.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa kemampuan komunikasi matematika adalah kemampuan untuk dapat menyimak, menelaah, dan memahami informasi yang diperoleh melalui bacaan atau apa yang didengar yang

kemudian di interperstikan informasi tersebut kedalam ide-ide matemtika melalui tulisan. Indikator kemampuan komunikasi dalam penelitian ini adalah : (a) Kemampuan menghubungkan benda nyata, gambar atau diagram kedalam ide matematika (b) Menyatakan peristiwa sehari-hari dalam bahasa atau simbol matematika (c) Kemampuan dalam menggunakan istilah, notasi dan strukturnya, untuk menyajikan ide-ide, menggambarkan hubungan-hubungan dan model situasi

Model Penemuan Terbimbing

Menurut Teori Brunner (Rusefendi, 2006 : 155) dalam belajar matematika siswa harus menemukan sendiri. Menemukan disini terutama adalah menemukan lagi (*discovery*), bukan menemukan yang sama sekali baru (*invention*) karena itu materi yang disajikan kepada siswa itu bentuk akhirnya atau cara mencrinya itu tidak diberi tahu berlaku, tetapi siswa diminta untuk mencoba-cobanya, kemudian diharapkan siswa dapat menemukan keberlakuan sifat itu.

Markaban (2006 : 15) mengemukakan bahwa metode penemuan yang dipandu oleh guru dikembangkan dalam suatu model pembelajaran yang disebut dengan model pembelajaran dengan penemuan terbimbing.

Menurut Markaban (2006 : 15) pembelajaran dengan model ini dapat diselenggarakan secara individu atau kelompok. Model ini sangat bermanfaat untuk mata pelajaran matematika sesuai dengan karakteristik matematika tersebut. Guru membimbing siswa jika diperlukan dan siswa didorong untuk berpikir sendiri sehingga dapat menemukan prinsip umum berdasarkan bahan yang disediakan oleh guru dan sampai seberapa jauh siswa dibimbing tergantung pada kemampuannya dan materi yang sedang dipelajari.

Berdasarkan definisi diatas maka dapat disimpulkan model penemuan terbimbing adalah model pembelajaran penemuan dalam hal ini siswa diberikan kesempatan untuk menemukan sendiri suatu aturan, konsep-konsep atau prinsip umum dengan bimbingan dan arahan dari guru berupa pertanyaan yang mengarahkan.

Model Pembelajaran langsung

Menurut Arends (Uno dan Mohammad, 2013) model pembelajaran langsung adalah salah satu pendekatan mengajar yang dirancang khusus untuk menunjang proses belajar siswa yang berkaitan dengan pengetahuan deklaratif dari pengetahuan prosedural yang terstruktur dengan baik, yang dapat diajarkan dengan pola kegiatan yang bertahap, selangkah demi selangkah.

Sedangkan menurut Nur (2008 : 17) Model Pengajaran langsung merupakan sebuah model yang berpusat pada guru. Robman dan Amri (2013) juga mengemukakan bahwa pembelajaran langsung merupakan pembelajaran yang banyak diarahkan oleh guru. Kelebihan pembelajaran ini adalah mudah untuk direncanakan dan digunakan, sedangkan kelemahannya utamanya dalam mengembangkan kemampuan-kemampuan, proses-proses, dan sikap yang diperlukan untuk pemikiran kritis dan hubungan interpersonal serta belajar kelompok

Sehingga dapat disimpulkan model pembelajaran langsung ini paling banyak digunakan oleh guru dalam setiap pembeajaran disekolah, berdasarkan teori-teori yang diajelaskan diatas, dapat disimpulkan bahwa model pembelajaran langsung adalah pembelajaran yang lebih banyak diarahkan oleh guru, sehingga dalam prosesnya guru lebih mendominasi kelas sehingga kurang dapat mengemabangkan kemampuan berpikir dan berkomunikasi siswa. Kegiatan belajar megajarnya secara klasikal yang didalamnya aktivitas guru mendominasi kelas dan siswa lebih sebagai penerima informasi sehingga membuat siswa lebih pasif.

III. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di SMP Negeri 1 Kota Gorontalo, Provinsi Gorontalo, yang dilaksanakan pada semester genap tahun ajaran 2013/2014. dalam waktu \pm selama 4 bulan yang dimulai dari penyusunan instrumen, pengumpulan data, sampai pada analisis data.

Desain penelitian yang digunakan adalah *Pretest Posttest Control Group Design* (Arikunto, 2002 :79). Dalam desain penelitian ini terdapat dua kelas yang dipilih secara random, kemudian diberikan pretest untuk mengetahui sejauh mana kesiapan siswa dalam menerima pembelajaran yang kemudian

diberikan perlakuan model penemuan terbimbing pada kelas eksperimen dan model pembelajaran langsung pada kelas kontrol. Dan kemudian diberikan post test untuk mengetahui kemampuan akhir siswa.

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh kelas VIII SMP Negeri 1 Kota Gorontalo yang terdiri dari 3 kelas, diantaranya kelas VIII A berjumlah 25 siswa, kelas VIII B berjumlah 25 siswa, dan kelas VIII C berjumlah 24 siswa. Dengan menggunakan teknik simple random sampling, diperoleh kelas VIII B yang dibelajarkan penemuan terbimbing dan kelas VIII C yang dibelajarkan dengan penemuan terbimbing.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data kemampuan awal (pretest) dan data kemampuan komunikasi matematika (post test) pada materi kubus dan balok. Data kemampuan komunikasi matematika diperoleh dengan menggunakan instrument test essay. Sebelum digunakan instrument tersebut divalidasi konstruk dan empirik. Sedangkan teknik analisis data yang digunakan adalah analisis data *deskriptif* dan *inferensial*.

Untuk menguji hipotesis digunakan analisis inferensial ANAKOVA, disebabkan karena dalam penelitian ini menggunakan variabel penyerta sebagai variabel bebas yang sulit dikontrol tetapi dapat diukur bersamaan dengan variabel terikat. Menurut Netter dalam Abbas (2012:119), analisis kovarians memiliki prinsip yang hampir sama dengan analisis varians yaitu melihat efek sebarang perlakuan terhadap variabel dependen pada masing-masing kelompok dan jika kita ingin mengetahui perlakuan mana yang lebih efektif kita harus memodifikasi kerja analisis varians dengan meninjau perbedaan jarak antara garis regresi untuk tiap-tiap kelompok. Abbas (2012: 119) analisis kovarians adalah modifikasi dari analisis varians yang menggunakan sebuah variabel bebas yang dapat dipandang sebagai kovariabel (variabel penyerta) dengan meninjau perbedaan jarak antara garis regresi untuk tiap-tiap kelompok. Jadi uji Anakova merupakan penggabungan antara uji komparatif dan regresi. Rancangan analisis data ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 1 Rancangan Analisis Data

Kelompok eksperimen		Kelompok Kontrol	
Pretest	Posttest	Pretest	Posttest

(O ₁)	(O ₂)	(O ₁)	(O ₂)
X ₁₁	Y ₁₁	X ₁₂	Y ₁₂
X ₂₁	Y ₂₁	X ₂₂	Y ₂₂
X ₃₁	Y ₃₁	X ₃₂	Y ₃₂
.....
.....
X _{n1.1}	Y _{n1.1}	X _{n2.2}	Y _{n2.2}

Keterangan :

- X₁ : Skor kemampuan awal siswa sebagai variabel penyerta pada kelompok eksperimen
- X₂ : Skor kemampuan awal siswa sebagai variabel penyerta pada kelompok kontrol
- Y₁ : Skor kemampuan komunikasi matematika pada kelompok eksperimen
- Y₂ : Skor kemampuan komunikasi matematika pada kelompok kontrol
- N₁ : Banyaknya sampel pada kelompok eksperimen
- N₂ : Banyaknya sampel pada kelompok kontrol

Menurut Biswal (Gultom, 2013) jika menggunakan anakova dalam uji statistik untuk mengambil suatu keputusan, maka asumsi-asumsi yang terdapat dalam syarat penggunaan anakova harus terpenuhi. Asumsi-asumsi yang harus dipenuhi : (1) data yang terdapat dalam setiap grup harus berdistribusi normal, (2) varians data kelompok homogen, (3) pengaruh dari setiap perlakuan harus konstan, (4) sampel diambil secara acak dari populasi, (5) hubungan yang linier antara X dan Y dan (6) Garis regresi harus sejajar dan homogen pada setiap grup penelitian

IV. HASIL PENELITIAN

Berdasarkan hasil analisis deskriptif, diperoleh pada kelompok eksperimen data *pretest* diperoleh dari 21 siswa dengan skor maksimum 68 dan skor minimum 28. Dengan demikian, data memiliki rentang (R) sebesar 40 dan data dikelompokkan dalam 5 kelas interval (k) dan (p) panjang kelas 8. Skor rata-rata (\bar{x}) dari data ini adalah 53,428 dengan modus (M_o) 59,83 dan median (Me) 57,5. Sedangkan untuk simbbangan baku (s) dan varians (s^2) berturut-turut adalah 10,998 dan 120,957. Pada kelompok kontrol data *pretest* diperoleh dari 19 siswa dengan skor maksimum 64 dan skor minimum 28. Dengan demikian, data memiliki rentang (R) sebesar

36 dan data dikelompokkan dalam 5 kelas interval (k) dan (p) panjang kelas 7. Skor rata-rata (\bar{x}) dari data ini adalah 43,895 dengan modus (M_o) 46,17 dan median (Me) 46,875. Sedangkan untuk simpangan baku (s) dan varians (s^2) berturut-turut adalah 12,158 dan 147,81. Pada kelompok eksperimen data *post test* diperoleh dari 21 siswa dengan skor maksimum 94 dan skor minimum 53. Dengan demikian, data memiliki rentang (R) sebesar 41 dan data dikelompokkan dalam 5 kelas interval (k) dan (p) panjang kelas 8. Skor rata-rata (\bar{x}) dari data ini adalah 81,43 dengan modus (M_o) 91,7 dan median (Me) 81,5. Sedangkan untuk simpangan baku (s) dan varians (s^2) berturut-turut adalah 12,123 dan 146,197. Pada kelompok kontrol data *post test* diperoleh dari 19 siswa dengan skor maksimum 89 dan skor minimum 47. Dengan demikian, data memiliki rentang (R) sebesar 42 dan data dikelompokkan dalam 5 kelas interval (k) dan (p) panjang kelas 8. Skor rata-rata (\bar{x}) dari data ini adalah 66,47 dengan modus (M_o) 58,7 dan median (Me) 56,42. Sedangkan untuk simpangan baku (s) dan varians (s^2) berturut-turut adalah 13,264 dan 175,9298.

Selanjutnya untuk menguji hipotesis digunakan analisis inferensial Anakova, diperoleh model regresi linier untuk kelas eksperimen adalah $Y_E = 44,12 + 0,68X_E$. Dan untuk model regresi linier pada kelas kontrol adalah $Y_K = 25,15 + 0,89X_K$. Selanjutnya dilakukan Uji Independensi X terhadap Y/ Uji Keberartian koefisien X dalam model regresi diperoleh hasil seperti pada tabel 1 berikut :

Tabel 2 Analisis varians untuk uji Independensi kelas Eksperimen

Source of varians	SS	Df	MS	F*
Regression	1244,7	1	1244,7	
Error	1475,5	19	77,7	16
Total	2720,3	20		

Dengan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95, 1, 19) = 4,38$ dan berdasarkan tabel 4,7 diatas diperoleh $F^* = 16,0$. Karena $F^* > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak atau koefisien model regresi tidak sama dengan no. Sehingga dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi berarti, artinya bahwa kemampuan awal siswa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan komunikasi matematika.

Tabel 3 Analisis varians untuk uji Independensi kelas Kontrol

Source of varians	SS	Df	MS	F*
Regression	1989,4	1	1989,4	
Error	1772,4	17	104,3	19,1
Total	3761,8	18		

Dengan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95, 1, 17) = 4,45$ dan berdasarkan tabel 4,7 diatas diperoleh $F^* = 19,1$. Karena $F^* > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak atau koefisien model regresi tidak sama dengan nol. Sehingga dapat disimpulkan bahwa koefisien regresi berarti, artinya bahwa kemampuan awal siswa mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan komunikasi matematika.

Selanjutnya Uji linieritas regresi yang bertujuan untuk menguji apakah kemampuan awal (*pretest*) dan kemampuan komunikasi matematika (*posttest*) berhubungan secara linier.

Tabel 4 Analisis varians untuk uji Linieritas kelas Eksperimen

Source of varians	SS	Df	MS	F*
Error	1475,5	19		
Lack of Fit	339,3	7	48,5	0,5
Pure Error	1136,3	12	94,7	

Dengan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95, 7, 12) = 2,92$ dan berdasarkan tabel 4.9 diatas diperoleh $F^* = 0,5$. Karena $F^* < F_{tabel}$ maka H_0 diterima atau model regresi kelas eksperimen linier. Artinya, pada kelas eksperimen kemampuan awal (*pretest*) dan kemampuan komunikasi matematika (*posttest*) berhubungan secara linier.

Tabel 5 Analisis varians untuk uji Linieritas kelas Kontrol

Source of varians	SS	Df	MS	F*
Error	1772,4	17		
Lack of Fit	692,1	6	115,3	1,2
Pure Error	1079,9	11	98,2	

Dengan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95, 6, 11) = 3,09$ dan berdasarkan tabel 4.10 diatas diperoleh $F^* = 1,2$. Karena $F^* < F_{tabel}$ maka H_0 diterima atau model regresi kelas kontrol linier. Artinya, pada kelas kontrol kemampuan awal (*pretest*) dan kemampuan komunikasi matematika (*posttest*) berhubungan secara linier.

Berdasarkan hasil perhitungan uji kesamaan dua model regresi pada kelas

eksperimen dan kelas kontrol diperoleh model regresi linier data gabungan sebagai: $Y = 30,78 + 0,86X$ dan $F^* = 15,9574$. Dengan menggunakan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95,2,36) = 3,26$, berarti $F^* > F_{tabel}$ maka H_0 ditolak. Artinya, model regresi linier kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak sama. Karena pada pengujian kesamaan dua model regresi diatas H_0 ditolak artinya bahwa kedua model regresi tidak sama. Untuk itu dilanjutkan dengan menguji kesejajaran model regresi kelas eksperimen dan kelas kontrol.

Tabel. 5 Analisis Varians untuk Uji Homogenitas Model Regresi

Group	Sum of Squares		Sum of product XY	Adjusted sum of square for X
	X	Y		
Eksperi men	2660,6	2720,3	1819,8	1475,5
Kontrol	2490,9	3761,8	2226,1	1772,4
Total	5151,5	6482,1	4045,9	324,9

Berdasarkan perhitungan diperoleh $F^* = 0,627$ dan dengan menggunakan taraf signifikan $\alpha = 5\%$ diperoleh $F_{tabel}(0,95, 1, 36) = 4,11$. Karena $F^* < F_{tabel}$, ini berarti H_0 diterima yang artinya bahwa koefisien model regresi kelas eksperimen dan kelas kontrol sejajar. Karena kedua model regresi linier untuk kelas eksperimen dan kelas kontrol tidak sama dan sejajar. Maka dapat disimpulkan bahwa ada perbedaan kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing dengan siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran langsung.

Pada perhitungan model regresi yang telah dilakukan sebelumnya diperoleh model regresi untuk kelas eksperimen : $Y_E = 44,12 + 0,68X_E$ dan model regresi untuk kelas kontrol : $Y_K = 25,15 + 0,89X_K$. Dari kedua model regresi ini menunjukkan bahwa konstanta garis regresi kelas eksperimen lebih besar dibandingkan konstanta garis regresi kelas kontrol, sehingga hal ini mengindikasikan terdapat perbedaan yang signifikan. Secara geometris garis regresi untuk kelas eksperimen diatas garis regresi kelas kontrol, berarti kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing lebih tinggi dibandingkan kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran langsung.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis inferensial untuk menguji hipotesis diperoleh bahwa kemampuan awal siswa berpengaruh signifikan terhadap kemampuan komunikasi matematika siswa. Dan dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing dan yang dibelajarkan dengan model pembelajaran langsung. Karena konstanta model regresi linier pada kelas eksperimen lebih tinggi dibandingkan kelas kontrol, ini menunjukkan bahwa, kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan model penemuan terbimbing lebih tinggi dibandingkan dengan kemampuan komunikasi matematika siswa yang dibelajarkan dengan pembelajaran langsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Umar, Wahid (2012). Membangun Komunikasi Matematis dalam Pembelajaran Matematika. *Jurnal Ilmiah Program Studi Matematika STKIP Siliwangi Bandung*. Vol 1 (1) 2012
- Yuniawatika, 2011. Penerapan Pembelajaran Matematika dengan Strartegi React untuk Meningkatkan Kemampuan Koneksi dan Representasi Matematika Siswa Sekolah Dasar. *Jurnal Edisi Khusus No 2, Agustus 2011. ISSN 1412-565X*
- Sutikno, Sobri. 2009. *Belajar dan Pembelajaran*. Bandung : Prespect
- Machmud, Teddy. 2013. *Peningkatan Kemampuan Komunikasi, Pemecahan Masalah Matematik dan Self-Efficacy Siswa SMP Melalui Pendekatan Problem-Cented Learning dengan Strategi Scaffolding*. Diseratasi sekolah Pascasarjana UPI : Bandung, tidak diterbitkan.
- Sugandi dan Sumarmo, 2010. Pengaruh Pembelajaran Berbasis Masalah dengan Setting Kooperatif Jigsaw terhadap Kemampuan Komunikasi Matematis serta Kemandirian Belajar Siswa SMA. *Makalah dipresentasikan dalam Seminar Nasional Matematika dan*

- Pendidikan Matematika UNY*, 06-02-2014
- Sugandi, Asep. 2011. Menumbuhkan Karakter Bangsa Melalui Pembelajaran Matematika yang Berorientasi pada Kemampuan Berpikir Matematis Tingkat Tinggi. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan MIPA Unila*. ISBN: 978 – 979 – 8510 – 32 - 8
- Ramdani, Yani. 2012. Pengembangan Instrument dan Bahan Ajar untuk Meningkatkan Kemampuan Komunikasi, Penalaran dan Koneksi Matematis dalam Konsep Integral. *Jurnal Penelitian Pendidikan Unisba*. Vol 13 (1) 2012
- Ruseffendi, 2006. *Pengantar Kepada Membantu Guru Mengembangkan Kompetensinya dalam Pengajaran Matematika untuk Meningkatkan CBSA*. Bandung : TARSITO
- Markaban, 2006. *Model Pembelajaran Matematika dengan Pendekatan Penemuan Terbimbing*. Yogyakarta : Departement Pendidikan Nasional dan Penataran Guru Matematika, online
- Mohamad, Uno Hamzah. 2013. *Belajar dengan Pendekatan PAILKEM*. Jakarta : PT. Bumi Askara
- Nur, Mohamad. 2008. *Model Pengajaran Langsung*. Jawa Timur : Departemen Pendidikan Nasional Universitas Negeri Surabaya Pusat Sains dan Matematika Sekolah
- Abbas, Nurhayati. 2012. *Bahan Ajar Statistika Penelitian*. Gorontalo: Program Studi Pendidikan Matematika Program Pascasarjana Universit Negeri Gorontalo
- Arikunto, Suharsimi. 2010. *Menejemen Penelitian*. Jakarta : Reineka
- Gultom, Jahinoma. 2013. Perbedaan Koneksi Matematika antara Siswa yang Diberi Pembelajaran Kooperatif Tipe Jigsaw dan Pembelajaran langsung. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains, Salatiga 15 Juni 2013*. Vol 4 (1), ISSN 2087-0922

PENGEMBANGAN MODEL PEMBELAJARAN BERBASIS RISET BERINTEGRASI PENDIDIKAN KARAKTER PADA MATA KULIAH FISIKA DASAR DI UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Asrie Arbie¹⁾, Nova Elysia Ntobuo²⁾

¹⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email : asriarbie@ung.ac.id

²⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email : novantobuo@yahoo.co.id

Abstract

The lecture has not succeeded in improving the quality of the process, learning outcomes, as well as the students' understanding of Physics concepts. The failure was caused more by the less precisely the problems and solving problems are presented. Therefore, it needs to be a reorientation efforts to repair or learning strategies.

This study aimed to develop research-based learning model integrated with the character education courses Basic Physics at the State University of Gorontalo. Through this study is expected to: (1) develop a research-based learning model integrated with character education, thus resulting Syllabus, SAP, textbooks, student activity sheets, and test results of student learning developed using the research-based learning model integrated with education character, (2) gives an overview of the implementation of learning by using research-based learning model integrated with character education. To achieve these targets will be used method of development of Thiagarajan (1974) which consists of four stages, namely: (1) define, (2) design, (3) develop, (4) disseminate, this model is often called the 4-D model (four D model). The first year of this study produced a learning device Basic Physics II is a good and decent based validation experts, while the limited testing conducted at the Department of Physics, State University of Gorontalo, namely in three classes with the results compiled learning can increase activity and student learning outcomes at the course Basic Physics II

Keywords: Research-Based Learning, education characters, Basic Physics.

I. PENDAHULUAN

Mata kuliah Fisika Dasar dengan bobot 3 sks, merupakan salah satu mata kuliah bidang studi (MKB) yang mengalami permasalahan baik dari kualitas proses perkuliahan maupun hasil belajar mahasiswa. Dari hasil wawancara peneliti melalui pendekatan klinis kepada beberapa mahasiswa yang mengikuti kuliah Fisika Dasar dan hasil pengamatan peneliti di Universitas Negeri Gorontalo terungkap beberapa hal sebagai berikut:

- (1) Hasil belajar mahasiswa pada mata kuliah Fisika Dasar relatif masih rendah. Rendahnya hasil belajar mahasiswa dalam mata kuliah ini terlihat dari 55% persentase mahasiswa memperoleh nilai C dan D. Dalam upaya memperbaiki IPK, mereka kebanyakan mengulang pada tahun berikutnya.
- (2) Tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep Fisika Dasar masih rendah. Materi Fisika Dasar sebagian besar merupakan pengulangan pelajaran Fisika SMA, seharusnya mahasiswa lebih memahami konsep setelah mengikuti perkuliahan tersebut. Namun, hal ini tidak terjadi, karena pemahaman mahasiswa sebatas ingatan menghafal fakta atau rumus-rumus. Hal ini nampak ketika mahasiswa dihadapkan pada permasalahan yang sifatnya

konseptual, mereka tidak bisa menyelesaikannya.

- (3) Permasalahan-permasalahan yang disajikan dalam proses pembelajaran fisika dasar selama ini lebih banyak masalah-masalah tertutup (*closed problem*), yaitu permasalahan yang solusinya tunggal. Sekalipun ada permasalahan yang disajikan bisa diselesaikan dengan lebih dari satu macam solusi (*open problem*), namun hanya satu solusi yang ditampilkan. Hal ini menyebabkan mahasiswa tidak memperoleh pengalaman untuk memandang suatu permasalahan dari berbagai alternatif sehingga daya nalar, kreatifitas berpikir, dan kemampuan memecahkan masalah tidak berkembang. Akibatnya, tidak memperdalam pemahaman konsep dan prinsip-prinsip Fisika Dasar yang mereka pelajari sehingga hasil belajar mahasiswa kurang memuaskan.

Kenyataan wawancara awal dan pengalaman peneliti yang telah dipaparkan di atas, menunjukkan bahwa proses perkuliahan selama ini belum berhasil dalam meningkatkan kualitas proses, hasil belajar, serta pemahaman mahasiswa terhadap konsep-konsep Fisika Dasar. Ketidakberhasilan itu lebih banyak disebabkan oleh kurang tepatnya permasalahan dan pemecahan masalah yang

disajikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu upaya perbaikan atau reorientasi strategi pembelajaran.

Salah satu model pembelajaran yang dapat dikembangkan pada proses pembelajaran Fisika Dasar adalah pembelajaran berbasis riset, dimana pembelajaran berbasis riset didasari filosofi konstruktivisme yang mencakup 4 (empat) aspek yaitu: pembelajaran yang membangun pemahaman mahasiswa, pembelajaran dengan mengembangkan *prior knowledge*, pembelajaran yang merupakan proses interaksi sosial dan pembelajaran bermakna yang dicapai melalui pengalaman nyata. Melalui penerapan model ini diharapkan hasil belajar dan aktivitas mahasiswa dapat meningkat.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pengertian Perangkat Pembelajaran dan Komponen Perangkat Pembelajaran

Perangkat adalah alat, bahan atau media yang digunakan dalam suatu proses kegiatan atau aktivitas, sedangkan pembelajaran suatu proses kegiatan belajar mengajar yang dilaksanakan oleh dosen dan mahasiswa di lingkungan sekolah atau kelas. Komponen perangkat pembelajaran yang akan dikembangkan dalam penelitian ini, yaitu Silabus, Satuan Acara Perkuliahan (SAP), Bahan ajar (Buku Mahasiswa), Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM), dan Tes Hasil Belajar.

a. Silabus

Silabus adalah rencana pembelajaran pada suatu kelompok mata pelajaran tertentu dengan tema tertentu yang didalamnya mencakup identitas universitas, kompetensi umum, kompetensi khusus, materi pokok pelajaran, kegiatan pembelajaran, indikator pencapaian kompetensi, penilaian, alokasi waktu, dan sumber belajar dan karakter Mahasiswa. (Trianto, 2010:96)

b. Satuan Acara Perkuliahan (SAP)

Menurut Chodijah dkk (2012:10) Satuan Acara Perkuliahan adalah rencana yang menggambarkan prosedur dan pengorganisasian pembelajaran untuk mencapai satu kompetensi khusus. Berdasarkan Peraturan Pemerintah No.19 Tahun 2005 Pasal 20 dinyatakan bahwa: "Satuan acara perkuliahan proses pembelajaran meliputi silabus dan rencana pelaksanaan pembelajaran yang memuat sekurang-kurangnya tujuan pembelajaran, materi ajar, metode

pengajaran, sumber belajar, dan penilaian hasil belajar".

c. Bahan Ajar (Buku Mahasiswa)

Bahan ajar adalah bahan yang digunakan mahasiswa untuk belajar baik dalam bentuk cetak atau soft disusun secara sistematis dan menarik. Bahan ajar dapat diartikan sebagai sebuah buku yang ditulis dengan tujuan agar peserta didik dapat belajar secara mandiri tanpa atau dengan bimbingan dosen. (Chodijah, 2012:13).

d. Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM)

Menurut Trianto (2010:113) LKM (Lembar Kegiatan Mahasiswa) adalah panduan mahasiswa yang digunakan untuk melakukan kegiatan penyelidikan atau pemecahan masalah. Lembar kegiatan mahasiswa biasanya berupa petunjuk, langkah-langkah untuk menyelesaikan suatu tugas. Suatu tugas yang diperintahkan dalam lembar kerja mahasiswa harus jelas Kompetensi Dasar yang akan dicapainya

e. Tes Hasil Belajar

Menurut (Majid, 2007:195). Tes adalah alat penilaian dosen yang diberikan pada mahasiswa yang harus dijawab atau dikerjakan oleh mahasiswa. Tes dapat berupa tes lisan dan tes tertulis. Tes tertulis merupakan tes dalam bentuk bahan tulisan (baik soal maupun jawabannya).

f. Instrumen Penilaian Karakter Mahasiswa

Instrumen penilaian karakter adalah suatu alat yang digunakan oleh dosen untuk melakukan penilaian karakter mahasiswa. Instrumen penilaian ini disesuaikan dengan karakter yang diterapkan pada setiap jenjang pendidikan tinggi

2. Pembelajaran Berbasis Riset

Pembelajaran berbasis riset didasari filosofi konstruktivisme yang mencakup 4 aspek yaitu: pembelajaran yang membangun pemahaman mahasiswa, pembelajaran dengan mengembangkan *prior knowledge*, pembelajaran yang merupakan proses interaksi sosial dan pembelajaran bermakna yang dicapai melalui pengalaman nyata.

Riset merupakan sarana penting untuk meningkatkan mutu pembelajaran. Komponen riset terdiri dari: latar belakang, prosedur, pelaksanaan, hasil riset dan pembahasan serta publikasi hasil riset. Kesemuanya itu memberikan makna penting yang dapat dilihat dari beberapa sudut pandang: formulasi permasalahan, penyelesaian permasalahan, dan

mengkomunikasikan manfaat hasil penelitian. Hal tersebut diyakini mampu meningkatkan mutu pembelajaran. PBR merupakan metode pembelajaran yang menggunakan *authentic learning, problem-solving, cooperative learning, contextual (hands on & minds on*, dan *inquiry discovery approach* yang dipandu oleh filosofi konstruktivisme (Mulyatiningsih:2012)

3. Model Pendidikan Karakter Berbasis Ilmu Mipa di Universitas Negeri Gorontalo

Jika ditelaah dengan cermat tujuan pendidikan nasional, esensi matematika dan IPA, perilaku kehidupan ilmuwan utama dalam matematika dan IPA, serta esensi dari PBL, dan dengan memperhatikan nilai-nilai utama dari Universitas Negeri Gorontalo dan Fakultas Matematika dan IPA, maka nilai-nilai yang dikembangkan dan dipromosikan dalam kerangka implementasi program pendidikan matematika dan IPA berorientasi karakter adalah jujur, cerdas, cakap, peduli, dan tangguh.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini tergolong dalam jenis penelitian pengembangan (R & D) yaitu *Research and Development*. Dalam penelitian ini dikembangkan perangkat pembelajaran dengan mengacu pada model 4-D yaitu pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*) melalui pendekatan PAKEM yang berintegrasi pendidikan karakter. Perangkat pembelajaran yang dikembangkan mencakup Silabus, Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), Bahan Ajar, Lembar Kegiatan Siswa (LKS), Tes Hasil Belajar dan Instrumen Penilaian Karakter.

Model pengembangan pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada model 4-D yang dikemukakan Thiagarajan, Semmel dan Semmel (1974) yang terdiri dari empat tahap. Keempat tahap tersebut adalah pendefinisian (*define*), perancangan (*design*), pengembangan (*develop*) dan tahap penyebaran (*disseminate*). Tetapi dalam penelitian ini, peneliti hanya menggunakan 3 (tiga) tahap dari 4 (empat) tahap model pengembangan 4-D, yaitu tahap (*define*), (*design*), dan (*development*). Untuk tahap (*disseminate*) tidak digunakan, karena peneliti hanya sampai pada langkah merevisi perangkat pembelajaran yang telah divalidasi oleh para ahli.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Deskripsi Hasil Pengembangan Perangkat Pembelajaran

Penyusunan Perangkat pembelajaran meliputi Silabus, Satuan Acara Perkuliahan (SAP), Bahan Ajar, Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM), Tes Hasil Belajar (THB), Instrumen Penilaian Karakter Mahasiswa, Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa, dan Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran

Validasi Perangkat Pembelajaran

Perangkat pembelajaran yang divalidasi oleh 2 validator dari dosen FMIPA UNG adalah Silabus, Satuan Acara Perkuliahan (SAP), Bahan Ajar, Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM), Tes Hasil Belajar (THB), Instrumen Penilaian Karakter Mahasiswa, Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa, dan Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran. Hasil Validasi ini telah direvisi sehingga menghasilkan perangkat pembelajaran yang siap pakai. Berikut ini adalah daftar nama validator

Tabel 1. Daftar Nama Validator

No	Nama	Jenis Perangkat
1	Muh. Yusuf, S.Pd. M.Pd	Silabus, SAP, LKM, Bahan Ajar, Tes Hasil Belajar, Instrumen Penilaian Karakter, Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran dan Lembar Aktivitas Mahasiswa
2	Tirtawaty Abdjul, M.Pd	Silabus, SAP, LKM, Bahan Ajar, Tes Hasil Belajar, Instrumen Penilaian Karakter, Lembar Keterlaksanaan Pembelajaran dan Lembar Aktivitas Mahasiswa

Pada umumnya validator menyatakan Silabus baik dan dapat digunakan dengan revisi kecil. Berikut ini adalah hasil koreksi dan

a. Silabus

masukannya dari validator, dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Hasil validasi Silabus oleh Validator

No	Aspek Penilaian	Rerata Skor Penilaian		Rerata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2		
1	Menuliskan Kompetensi Umum (KU) dan Kompetensi Khusus (KK)	4	4	4	Baik
2	Kesesuaian materi pelajaran dengan Kompetensi Umum (KU) dan Kompetensi Khusus (KK) dan Indikator	4	4	4	Baik
3	Perumusan indikator sesuai dengan KU dan KK	4	4	4	Baik
4	Penetapan materi sesuai dengan KU, KK dan Indikator.	4	4	4	Baik
5	Jenis penilaian sesuai dengan KU, KK dan indikator	4	4	4	Baik
6	Sumber belajar sesuai dengan KU, KK, Indikator dan materi pembelajaran.	4	4	4	Baik
7	Kesesuaian alokasi waktu dengan materi pembelajaran	3	4	3,5	Cukup baik
8	Menentukan karakter mahasiswa yang diharapkan dalam pembelajaran sesuai dengan materi pembelajaran	3	3	3	Cukup baik
9	Menggunakan bahasa yang baik dan benar	4	3	3,5	Cukup baik

Dari hasil validasi silabus oleh dua orang validator yang terdapat pada Tabel 2 terlihat bahwa pada aspek penilaian 1 yaitu menuliskan Kompetensi Umum (KU) dan Kompetensi Khusus (KK), aspek penilaian 2, kesesuaian materi pelajaran dengan Kompetensi Umum (KU), Kompetensi Khusus (KD), dan Indikator, aspek penilaian 3, perumusan indikator sesuai dengan KU, KK dan Indikator, aspek penilaian 4 penetapan materi sesuai dengan KU, KK dan Indikator dan aspek penilaian 5 jenis penilaian sesuai dengan KU, KK dan indikator pada aspek penilaian 6 sumber belajar sesuai dengan KU, KK, indikator dan materi pembelajaran, mendapatkan nilai rata-rata 4 (baik) karena baik, mudah dipahami, sesuai dengan konteks penjelasan. Sedangkan aspek penilaian 7 kesesuaian waktu dengan materi pembelajaran

mendapatkan nilai rata-rata 3,5 (baik) karena perlu diperbaiki, Aspek penilaian 8 menentukan karakter siswa yang diharapkan dalam pembelajaran sesuai dengan materi pembelajaran mendapat nilai rata-rata 3 (baik) karena perlu direvisi dan aspek 9 menggunakan bahasa yang baik dan benar mendapatkan nilai rata-rata 3,5 (baik).

b. Satuan Acara Perkuliahan (SAP)

Satuan Acara Perkuliahan (SAP) yang divalidasi ada 2 SAP yang masing-masing model pembelajaran berbeda dengan pendekatan Pembelajaran Berbasis Riset dalam Pendidikan Berintegrasi. Hasil penilaian Satuan Acara Perkuliahan (SAP) oleh validator menyatakan SPP baik dan dapat digunakan dengan revisi kecil. Berikut ini hasil validasi

perangkat oleh dua orang validator disajikan dalam Tabel 3, dan Tabel 4 berikut ini

Tabel 3. Hasil validasi RPP Pertemuan 1 oleh validator

No	Aspek Penilaian	Rerata Skor Penilaian		Rerata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2		
A	SAP memuat identitas Universitas, Kompetensi Umum, Kompetensi Khusus, Tujuan Pembelajaran, Materi Ajar, Alokasi Waktu, Model Pembelajaran, Kegiatan/Langkah-langkah Pembelajaran, Sumber Belajar, dan Penilaian Hasil belajar.	3	3	3	Baik
B	Perencanaan Pengelolaan Kegiatan Pembelajaran				
1	Perumusan tujuan pembelajaran sesuai indikator	4	4	4	Baik
2	Model dan metode pembelajaran sesuai tujuan pembelajaran	4	3	3,5	Baik
3	Memotivasi mahasiswa sesuai dengan materi pembelajaran	3	3	3	Baik
4	Langkah-langkah pembelajaran sesuai dengan model pembelajaran kooperatif type jigsaw dan metode tanya jawab	4	4	4	Baik
C	Perencanaan Pengelolaan Kelas				
1	Alokasi penggunaan waktu pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu yang tersedia	3	4	3,5	Baik
2	Mengorganisasikan mahasiswa untuk terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran	3	4	3,5	Baik
D	Perencanaan penggunaan standar proses dalam kegiatan pembelajaran				
1	Kegiatan eksplorasi, elaborasi dan konfirmasi dirinci secara teratur	4	3	3,5	Baik
E	Perencanaan penilaian hasil belajar mahasiswa mencakup aspek untuk kepentingan pembelajaran				
1	Penilaian hasil belajar mahasiswa mencakup aspek kognitif, afektif dan psikomotor.	3	4	3,5	Baik

Hasil validasi SAP Pertemuan 2 oleh dua orang validator disajikan dalam Tabel 4 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil validasi SAP Pertemuan 2 oleh validator

No	Aspek Penilaian	Rerata Skor Penilaian		Rerata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2		
A	SAP memuat identitas sekolah, Kompetensi Umum, Kompetensi Khusus, Tujuan Pembelajaran, Materi Ajar, Alokasi Waktu, Model Pembelajaran, Kegiatan/ Langkah-langkah Pembelajaran, Sumber Belajar, dan Penilaian Hasil belajar.	3	4	3,5	Baik

B	Perencanaan Pengelolaan Kegiatan Pembelajaran				
1	Perumusan tujuan pembelajaran sesuai indicator	4	4	4	Baik
2	Model dan metode pembelajaran sesuai tujuan pembelajaran	4	3	3,5	Baik
3	Memotivasi mahasiswa sesuai dengan materi pembelajaran	3	4	3,5	Baik
4	Langkah-langkah pembelajaran sesuai dengan model pembelajaran berbasis riset	3	4	3,5	Baik
C	Perencanaan Pengelolaan Kelas				
1	Alokasi penggunaan waktu pembelajaran sesuai dengan alokasi waktu yang tersedia	4	4	4	Baik
2	Mengorganisasikan mahasiswa untuk terlibat aktif dalam kegiatan pembelajaran	4	3	3	Baik
D	Perencanaan penggunaan standar proses dalam kegiatan pembelajaran				
1	Kegiatan eksplorasi, elaborasi dan konfirmasi dirinci secara teratur	4	4	4	Baik
E	Perencanaan penilaian hasil belajar mahasiswa mencakup aspek untuk kepentingan pembelajaran				
1	Penilaian hasil belajar mahasiswa mencakup aspek kognitif, afektif dan psikomotor.	3	4	3,5	Baik

Dari tabel 3 dan tabel 4 di atas tentang hasil validasi oleh para validator, SAP layak digunakan dengan revisi kecil. Hasil validasi Satuan Acara Perkuliahan (SAP) yang terdiri dari 2 kali pertemuan dengan model pembelajaran berbasis riset (Pertemuan 1) untuk aspek penilaian A yaitu kelengkapan komponen-komponen dalam SAP mendapatkan nilai rata-rata 3 (baik) karena masih perlu dilengkapi penilaian hasil belajar. Pada aspek penilaian B yaitu perencanaan pengelolaan kegiatan pembelajaran mendapatkan nilai rata-rata 3,63 (baik) dan perlu diperbaiki konteks kalimat yang divalidasi, pada aspek penilaian C yaitu perencanaan pengelolaan kelas, nilai rata-rata penilaian 3,5 (baik) karena perlu diperbaiki penggunaan waktu dan kegiatan pembelajaran mengorganisasikan

mahasiswa untuk terlibat aktif. Pada aspek penilaian D yaitu perencanaan penggunaan standar proses dalam kegiatan pembelajaran nilai rata-rata 3,5 (baik) dan perlu diperbaiki konteks kegiatan eksplorasi, elaborasi dan konfirmasi dalam pembelajaran.

c. Bahan Ajar

Bahan ajar disusun menjadi dua, dalam setiap pertemuan disesuaikan dengan model pembelajaran yang digunakan sehingga mahasiswa lebih memahami materi. Tampilan bahan ajar dibuat menarik agar mahasiswa lebih termotivasi untuk belajar. Dan untuk lembar validasi Bahan Ajar yang mencakup Penilaian Struktur Bahan Ajar, Organisasi Penulisan Materi, Pendukung Penyajian Materi, dan Kebahasaan, dapat disajikan dalam Tabel 5

Tabel 5. Hasil Validasi Bahan Ajar oleh validator

No	Aspek Penilaian	Rerata Skor Penilaian		Rerata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2		
I Struktur Bahan Ajar					
1	Kesesuaian Materi dengan Tujuan Pembelajaran	3	4	3,5	Baik
2	Penomoran	4	3	3,5	Baik
3	Tampilan menarik: huruf jelas, gambar terbaca dan warna menarik	4	4	4	Baik
4	Gambar memuat informasi/konsep yang jelas	4	4	4	Baik
II Organisasi Penulisan Materi					
1	Kejelasan dan urutan materi	3	4	3,5	Baik

2	Ketepatan materi dengan KU	4	4	4	Baik
3	Kebenaran Materi	4	4	4	Baik
III	Pendukung Penyajian Materi				
1	Kesesuaian/ketepatan ilustrasi dengan materi	4	4	4	Baik
2	Menyajikan contoh-contoh konkrit dari lingkungan	3	4	3,5	Baik
3	Penyajian teks, gambar disertai dengan rujukkan/sumber acuan	4	4	4	Baik
4	Identitas tabel dan gambar	4	4	4	Baik
5	Daftar pustaka	3	3	3	Baik
IV	Bahasa				
1	Bahasa sesuai dengan Ejaan Yang Disempurnakan (EYD)	3	4	3,5	Baik
2	Kesesuaian kalimat dengan tingkat perkembangan mahasiswa	3	4	3,5	Baik
3	Bahasa yang digunakan komunikatif dan mudah dipahami	3	4	3,5	Baik

Berdasarkan tabel 5 di atas, terlihat bahwa hasil validasi, bahan ajar masuk dalam kategori layak digunakan dengan revisi kecil. Hasil validasi Bahan ajar yang terdiri dari 2 bahan ajar untuk pertemuan 1 dan pertemuan 2 telah divalidasi oleh dua validator.

d. Lembar Kegiatan Mahasiswa (LKM)

Hasil penilaian Lembar penilaian validasi LKM yang mencakup penilaian kriteria umum, materi, kebahasaan, penyajian, menunjang inovasi dan mutu kegiatan dapat disajikan dalam Tabel 6

Tabel 6. Hasil validasi LKM oleh validator

No	Aspek Penilaian	Rerata Skor Penilaian		Rerata	Kriteria
		Validator 1	Validator 2		
1	Kriteria Umum				
	a. Sesuai dengan tujuan pembelajaran	4	4	4	Baik
	b. Prosedur Kerja dalam LKM jelas	4	4	4	Baik
1.1	Kebahasaan				
	a. Menggunakan bahasa Indonesia yang baik dan benar	4	4	4	Baik
	b. Kalimat yang digunakan tepat dan mudah dipahami	3	4	3,5	Baik
1.2	Penyajian				
	a. Membangkitkan minat/rasa ingin tahu	3	3	3	Baik
	b. Sesuai taraf berpikir dan kemampuan mahasiswa	3	4	3,5	Baik
	c. Mendorong mahasiswa terlibat aktif dan kreatif	4	4	4	Baik
	d. Memperhatikan mahasiswa dengan kemampuan/gaya belajar yang berbeda	4	3	3,5	Baik
	e. Menarik/menyenangkan	3	4	3,5	Baik
2	Menunjang inovasi dan mutu kegiatan belajar mengajar				
	a. Konsep yang digunakan masih dalam lingkup pemahaman mahasiswa universitas	3	4	3,5	Baik
	b. Menekankan pada penerapan dunia nyata	3	3	3	Baik
	c. Memberikan kemudahan dalam mengembangkan kemampuan berpikir mahasiswa	3	4	3,5	Baik
	d. Menunjang terlaksananya KBM yang diwarnai oleh belajar mengetahui, belajar melakukan, belajar bekerja sama	4	4	4	Baik

	e. Memberikan kemudahan dalam melaksanakan penilaian yang menyeluruh.	4	4	4	Baik
	f. Mampu mengundang keingintahuan mahasiswa lebih lanjut	3	4	3,5	Baik

Berdasarkan data hasil penelitian yang ditunjukkan pada tabel di atas terlihat bahwa secara umum keseluruhan indikator yang dinilai memperoleh nilai baik, sehingga LKM ini layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran.

e. Tes Hasil Belajar (THB)

Berikut ini akan digambarkan hasil validasi THB yang digunakan dalam penelitian ini, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel di bawah ini.

Tabel 7. Hasil validasi Tes Hasil Belajar (THB) oleh validator

No	Aspek Penilaian	Keterangan Penilaian		Kriteria
		Validator 1	Validator 2	
I	Kriteria Umum			
	a. Petunjuk mengerjakan soal jelas	Ya	Ya	Baik
	b. Rumusan butir tes sesuai indikator	Ya	Ya	Baik
	c. Kalimat mudah dimengerti	Ya	Ya	Baik
	d. Efisiensi kalimat dalam setiap butir tes	Ya	Ya	Baik
	e. Gambar/tabel/grafik disajikan dengan jelas	Ya	Ya	Baik
	f. Rumusan butir tes sesuai EYD	Ya	Ya	Baik
II	Kriteria Penilaian Konsep			
	a. Setiap butir tes mengukur satu aspek kognitif	Ya	Ya	Baik
	b. Kebenaran Konsep	Ya	Ya	Baik

Dari dari Tabel 7 rata-rata penilaian Tes Hasil Belajar adalah baik. Sehingga THB ini dapat digunakan untuk mengukur kemampuan mahasiswa setelah mengikuti perkuliahan yang dirancang pada penelitian ini.

f. Instrumen Penilaian Karakter Mahasiswa

Merujuk pada pengembangan karakter mahasiswa yang telah disusun di lembaga Universitas Negeri Gorontalo, terdapat 5 karakter yang didasarkan pada bidang keilmuan MIPA meliputi karakter jujur, cerdas, tanggap, peduli dan tangguh.

Berikut ini hasil validasi perangkat oleh validator disajikan dalam Tabel 8

Tabel 8. Hasil Validasi Instrumen Penilaian Karakter Mahasiswa oleh Validator

No	Karakter Mahasiswa	Indikator	Penilaian	Saran-saran	
				1	2
1	Jujur	Mengemukakan pendapat tanpa ragu tentang materi pokok diskusi	A (B) C		
2	Cerdas	Menyusun kalimat yang benar dan dapat di mengerti	A (B) C		
3	Cakap	Mampu mencapai tujuan melalui kegiatan individual maupun kelompok	A (B) C		
4	Peduli	Bekerja sama dalam kelompok	A (B) C		
5	Tangguh	Tidak mengganggu teman yang berbeda pendapat	A (B) C		

Keterangan Skala Penilaian:

- A : Valid tanpa revisi
- B : Valid dengan revisi
- C : Tidak Valid

Keterangan Saran-saran :

- 1. Perbaikan pada karakter mahasiswa
- 2. Perbaikan pada Indikator Karakter

g. Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa

Hasil validasi Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa dapat dilihat pada tabel 9 Dari Tabel

Hasil Validasi Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa terlihat bahwa Lembar Pengamatan layak digunakan dengan revisi kecil

Tabel 9. Hasil Validasi Lembar Pengamatan Aktivitas Mahasiswa

No	Aktivitas Mahasiswa	Indikator	Skor Penilaian		Rerata	Saran-Saran	
			Validator 1	Validator 2		1	2
1	Membaca	1. Membaca materi secara sepintas 2. Membaca materi dengan cermat 3. Membaca materi tepat waktu	3	3	3		√
2	Mencatat	1. Mencatat materi dengan jelas, teratur dan rapi 2. Mencatat tugas yang diberikan. 3. Mencatat hasil diskusi	3	3	3		√
3	Bertanya	1. Mengajukan pertanyaan tentang materi tetapi kurang jelas 2. Mengajukan pertanyaan tentang materi dengan jelas 3. Mengajukan pertanyaan dengan jelas dan santun	3	3	3		√
4	Menjawab pertanyaan	1. Menjawab pertanyaan tidak menggunakan konsep 2. Menjawab pertanyaan menggunakan konsep 3. Menjawab pertanyaan menggunakan konsep dan prinsip	3	3	3		√
5	Mempresentasikan hasil diskusi	1. Memaparkan hasil diskusi kurang jelas 2. Memaparkan hasil diskusi dengan suara yang jelas 3. Memaparkan hasil diskusi yang yang jelas dan santun	3	3	3		√
6	Menyimpulkan	1. Menyimpulkan materi tidak sesuai konsep/kurang jelas 2. Menyimpulkan materi sesuai dengan konsep 3. Menyimpulkan sesuai dengan konsep dan prinsip	3	3	3		√

Keterangan Saran-saran

1. Perbaikan pada Aktivitas Mahasiswa
2. Perbaikan pada Indikator

h. Lembar Observasi Keterlaksanaan SAP

Lembar observasi keterlaksanaan SAP merujuk pada SAP yang telah disusun sebelumnya, berdasarkan hal tersebut maka lembar observasi yang disusun layak digunakan untuk menamati keterlaksanaan SAP selama proses pembelajaran berlangsung.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa pengembangan model pembelajaran berbasis riset berintegrasi pendidikan karakter pada mata kuliah Fisika Dasar 2 di Universitas Negeri Gorontalo yang terdiri dari perangkat Silabus, SAP, Bahan

Ajar, LKM, Tes Hasil Belajar, Instrumen Penilaian Karakter mahasiswa, yang telah divalidasi memperoleh penilaian kualitas baik/valid dengan revisi kecil dan layak digunakan pada proses pembelajaran untuk mata kuliah Fisika Dasar 2.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- Indrawati dan Wawan Setiawan. 2009. *Pembelajaran Aktif, Kreatif, Efektif dan Menyenangkan*. Jakarta: Pusat Pengembangan dan Pemberdayaan Pendidik dan Tenaga Kependidikan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Lickona, Tom, Eric Schaps, and Catherine Lewis. 2007. *Eleven Principles of Effective Character Education*. Washington: Character Education Partnership. (www.character.org, diakses tanggal 1 Maret 2012)
- Pusat Kurikulum Balitbang Kemendiknas. 2010. *Pengembangan Pendidikan Budaya dan Karakter Bangsa*.
- Umar, Masri Kudrat dkk. 2011. *Pengembangan Pembelajaran Berbasis Riset di Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Gorontalo*. Laporan Hasil Penelitian. Gorontalo: Lembaga Penelitian
- Winataputra, Udin Saripudin. 2010. *Implementasi Kebijakan Nasional Pembangunan Karakter Bangsa Melalui Pendidikan Karakter (Konsep, Kebijakan, dan Kerangka Programatik)*. Makalah. Jakarta: Universitas Terbuka
- Wuryanto, Agus. 2011. *Pembinaan Pendidikan Karakter di Sekolah Menengah Pertama*. (<http://aguswuryanto.wordpress.com/2011/03/11/pendidikan-karakter-di-smp/>, diakses tanggal 19 Januari 2012)
- Zuchdi, Darmiyati, dkk. 2010. *Pendidikan Karakter dengan Pendekatan Komprehensif: Terintegrasi dalam Perkuliahan dan Pengembangan Kultur Universitas*. Yogyakarta: UNY Press.

IDENTIFIKASI KANDUNGAN UNSUR DARI TONASI BUAH KAKAO DAN PEMANFAATANNYA SEBAGAI UNSUR HARA TERSEDIA

Suherman¹ dan Tasrik²

¹Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

²Laboratorium Program Studi Pendidikan Kimia FKIP Universitas Tadulako

Abstrak

*Buah kakao merupakan komoditi ekspor non migas yang permintaannya sangat tinggi, karena itu pemerintah menetapkan kakao sebagai komoditi strategis yang perlu ditingkatkan produktivitasnya. Namun dilemma yang terjadi saat sekarang adalah buah kakao banyak diserang hama penggerek buah (*Conopomorpha cramerella*), sehingga buah kakao menjadi hitam (Tonasi). Tujuan penelitian ini adalah mengidentifikasi kandungan unsur dari buah kakao yang hitam untuk kemudian dapat dijadikan sebagai unsur hara tersedia pada tanaman kakao sendiri dalam meningkatkan produktivitasnya. Metode yang digunakan adalah pengabuan, aktivasi, dan analisis kandungan unsur dari tonasi buah kakao. Sampel tonasi di ambil dari 3 (tiga) lokasi. Hasil yang diperoleh adalah kandungan unsur yang paling tinggi adalah nitrogen 221 mg/L dilokasi Dalaga Kabupaten Parigi Moutong, 182 mg/L dilokasi Rantekala Kabupaten Sigi, dan 86 mg/L dilokasi Banawa Kabupaten Donggala. Sedang unsur mangan dan zink untuk ketiga lokasi tidak terdeteksi. Kesimpulan yang diperoleh adalah tonasi buah kakao memiliki kandungan unsur yang dapat dijadikan sebagai unsur hara tersedia pada tanaman (kakao).*

Kata Kunci : Tonasi buah kakao, Unsur hara, dan Produktivitas.

I. PENDAHULUAN

Tanaman kakao adalah salah satu tanaman perkebunan yang memberikan sumbangan ekonomi yang tinggi bagi Propinsi Sulawesi Tengah khususnya dan Negara pada umumnya serta merupakan sumber pendapatan bagi petani, karena sebagian besar perkebunan kakao merupakan perkebunan rakyat. Buah kakao merupakan komoditi ekspor non migas yang permintaannya sangat tinggi, karena itu pemerintah menetapkan kakao sebagai komoditi strategis yang perlu ditingkatkan produktivitasnya dan dikembangkan pemanfaatannya sebagai sumber pendapatan Sulawesi tengah dan Negara.

Dilemma yang dialami oleh petani kakao adalah tingkat produktivitas tanaman

kakao berkurang setelah berumur ± 10 tahun, jumlah dan ukuran buah mulai berkurang, tidak tahan terhadap serangan hama terutama hama penggerek buah (*Conopomorpha cramerella Snellen*). Banyak usaha yang telah dilakukan oleh petani dan pemerintah untuk menanggulangi serangan hama tersebut. Tujuannya adalah meningkatkan produktivitas tanaman kakao. Usaha tersebut belum banyak memberikan hasil, sehingga banyak perkebunan kakao rakyat yang terlantar, akibatnya pendapatan petani berangsur-angsur menurun (Suherman, 2014). Dibeberapa daerah sentra produksi tanaman kakao mengalami penurunan sekitar 80% akibat serangan hama penggerek buah kakao (PBK) artinya dari setiap 1 kg hasil

panen buah kakao hanya 200 gram yang dapat diambil hasilnya (Bennu Has., 2002).

Suatu penelitian yang perlu ditindak lanjuti untuk mendapatkan solusi dari masalah petani kakao adalah perbaikan teknik budidaya yang mencakup berbagai aspek antara lain pemupukan, pengendalian hama, pemangkasan dan sanitasi lingkungan kebun (pusat penelitian kopi dan kakao, 2003). Berdasarkan kebutuhan unsur hara makro dan mikro oleh setiap tanaman, yaitu unsur hara tersebut tersedia untuk diserap oleh akar, diteruskan kebatang, daun dan bungah/buah. Ketersediaan unsur hara berkaitan erat dengan pertumbuhan dan produktivitas yang optimal. Karena itu, pengendalian hama dapat dilakukan dengan memberikan pupuk yang cukup, maksudnya terpenuhinya unsure hara yang dibutuhkan tanaman akan memperlancar proses metabolisme tanaman (Bennu Hase, 2002). Lebih lanjut dikatakan bahwa, lancarnya proses tersebut akan mempercepat masaknya buah, sehingga akan mengurangi serangan PBK. Apabila unsur hara yang tersedia berkurang, maka komponen buah dari tanaman tidak cukup mendapatkan unsur hara untuk mempertahankan buah sehingga rawang terhadap serangan hama, buah menjadi kurus kecoklatan atau buah menjadi hitam (Tonasi).

Tonasi dari buah kakao mengandung mineral yang dapat diubah menjadi unsur hara (meskipun relatif rendah) yang dibutuhkan oleh tanaman kakao itu sendiri tetapi tidak mencukupi. Karena itu, diperlukan subsidi dari material lain untuk memperkaya tonasi dari buah kakao. Mineral tersebut dapat diubah menjadi unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman kakao untuk meningkatkan produksi buah. Selain itu, mineral/unsure hara tersedia yang dibutuhkan oleh tanaman kakao juga berfungsi melawang serangan hama. Unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman kakao adalah unsur hara makro dan mikro. Namun

kenyataan dilapangan adalah petani kakao umumnya hanya memberikan pemupukan yang mengandung unsur hara makro. Hal ini terjadi karena mahalnya harga pupuk (Menas Tjionger, 2002).

Keseimbangan pemberian unsur hara makro dan mikro besar pengaruhnya pada pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman. Hal ini berpengaruh pada perkembangan akar dan daun tumbuhan. Rasio perkembangan akar dan daun (pucuk) tumbuhan kakao adalah memiliki perbandingan pertumbuhan yang signifikan dan tidak ada yang mendominasi. Rasio perbandingan perkembangan akar dan pucuk tumbuhan kakao ditentukan oleh konsentrasi nitrogen di dalam tanah. Bila konsentrasi N rendah akan berpengaruh pada turunnya rasio daun dan akar. Hal ini erat kaitannya dengan jumlah N yang diserap oleh akar karena akan segera dipergunakan untuk pembentukan asam amino di dalam akar bersama-sama dengan karbohidrat yang turun dari daun membentuk protein melalui proses pembelahan dan pembesaran sel yang pada akhirnya akan dipergunakan untuk proses pembentukan akar. Rasio daun (pucuk) dan akar sangat menentukan perkembangan selanjutnya terutama dalam hal produksi. Bila pertumbuhan akar lebih cepat dari daun (pucuk) maupun sebaliknya akan berpengaruh kurang baik pada pertumbuhan dan produksi tanaman kakao. Karena itu diperlukan adanya keseimbangan antara pertumbuhan akar dan daun (Menas Tjionger, 2002)

Urgensi penelitian adalah tanaman kakao termasuk komoditi strategi dan komoditi unggulan yang banyak memberikan sumbangan ekonomi di Propinsi Sulawesi Tengah termasuk Bangsa Indonesia. Tanaman kakao merupakan perkebunan rakyat, produksinya adalah 0,87 ton/ha/tahun, sedang luas lahan perkebunan kakao adalah 162.444 ha. Jadi produk buah kakao di wilayah ini pertahun \pm 147.574 ton.

(BPS Sulteng, 2008). Produk tersebut jauh lebih rendah dibandingkan dengan potensi produk kakao yaitu 2 – 2,5 ton /ha/tahun (Raharjo, 1999 dan Suhendi, 2004). Berdasarkan potensi tersebut maka seharusnya produk buah kakao adalah 324.888 - 406.110 ton / tahun. Dengan demikian potensi produk (buah) kakao yang belum tercapai/tahun diatas 50%. Bila dinilai dari segi ekonomi, berapa besar sumbangan ekonomi yang hilang dari produk unggulan tanaman kakao untuk Propinsi Sulawesi Tengah ini bahkan untuk Negara Indonesia.

Faktor utama yang menyebabkan potensi produk kakao yang belum tercapai di atas 50% adalah hilangnya kesuburan tanah sehingga unsur hara yang dibutuhkan untuk tanaman kakao sampai ke buah sangat sedikit. Akibatnya rentang/ tidak tahan dengan serangan hama. Karena itu buah kakao menjadi kerdil, bijinya keras dan sampai menghitam (Tonasai). Di tonasi ini bukan berarti kehabisan unsur hara/kandungan mineral tetapi unsur hara yang dikandungnya tidak mampu bersaing untuk mengembangkan buah dengan menantang serangan hama.

Tonasi buah kakao, bagian kulit dan biji memiliki nilai produktif yang masih mengandung unsur hara/mineral K, N, serat, lemak dan sejumlah asam organik. Kandungan ini potensial untuk dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau bahan baku pupuk kompos/pupuk organik untuk meningkatkan kesuburan tanah (Erlan, 2010). Selanjut dijelaskan bahwa siklus pembentukan mineral di dalam tanah adalah ketersediaan/disediakan unsur hara atau mineral di dalam tanah untuk keperluan

tumbuh dan produktivitas suatu tanaman. Unsur hara diserap oleh akar diangkut ke batang, selanjutnya ke daun dan buah. Semua bagian tersebut lapuk di dalam tanah dengan menguraikan mineral dan senyawa organik. Hasil penguraian tersebut dapat berfungsi sebagai suplemen unsure hara kembali pada tanaman.

II. METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, neraca analitis, tanur yang berkapasitas 1200°C, AAS. Sedang bahan yang digunakan adalah ZnCl₂.

Lingkup Kerja

Tonasi buah kakao diabukan, selanjutnya dimasukkan dalam oven yang berkapasitas lebih besar sama 120°C selama 1 x 24 jam. Selanjutnya abu tonasi yang diperoleh diaktifkan dengan ZnCl₂ secara merata. Pengaktifan lebih lanjut yaitu abu tonasi dimasukkan dalam tanur yang berkapasitas 1200°C. Abu tonasi yang aktif diidentifikasi kandungan unsure kimianya untuk menentukan komposisi unsure hara tersedia pada tonasi buah kakao.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan unsure kimia sebagai unsure hara dari tonasi buah kakao berasal dari tiga wilayah yaitu di Banawa Selatan Kabupaten Donggala, di rantekala kabupaten Sigi Biromaru, dan di Dolago Kabupaten Farigi Moutong. Identifikasi kandungan unsure Tonasi buah kakao dari tigh wilayah tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel: Kandungan kimia dari tonasi buah kakao sebagai sumber unsur hara

No	Parameter	Satuan	Lokasi		
			Banawa (Donggala)	Rantekala (Sigi Biromaru)	Dolago (Parigi)
1	Phospor	mg/L	2,15	6,8	8,35
2	Kalium	mg/L	3,8	4,9	6,2
3	Nitrogen	mg/L	86	182	221
4	Besi	mg/L	0,1	0,47	0,17
5	Mangan	mg/L	T. Terdeteksi	0,25	T. Terdeteksi
6	Zink	mg/L	T. Terdeteksi	T. Terdeteksi	T. Terdeteksi
7	Tembaga	mg/L	1,32	1,46	1,59

Sumber: Hasil Analisis peneliti, Juli – Agustus 2014

Informasi yang dapat diperoleh dari table kandungan kimia tonasi buah kakao adalah, Tonasi buah kakao mengandung unsure hara makro dan mikro, namun unsure hara tersebut perlu diberikan unsure hara tambahan untuk dimanfaatkan sebagai pupuk pada buah kakao itu sendiri. Phospor, Kalium, Nitrogen sebagai unsure hara makro, sedang besi, mangan, Zink, dan Tembaga sebagai unsure hara mikro. Berdasarkan hal tersebut, maka secara teori kemungkinan, tonasi buah kakao dapat dijadikan pupuk untuk mensuplay unsure hara tersedia yang dibutuhkan oleh tanaman kakao.

Phospor, diserap oleh tanaman dalam bentuk H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , dan PO_4^{2-} atau tergantung dari nilai pH tanah. Phospor sebagai pupuk majemuk dalam bentuk NP dan KP terdapat dalam unsure hara makro dan mikro. Keunggulan dari pupuk KP adalah meminimalkan gugur bungah dan buah, meningkatkan kemampuan pengisian buah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit jamur dan bakteri. Pupuk KP sebagai P_2O_5 terdapat sebesar 50,67%, atau untuk mendapatkan produksi coklat yang maksimal yaitu 1.010 kg biji dibutuhkan 121 kg/ha P_2O_5 (Menas, 2002, dan Novizan 2002).

Kandungan phosphor dari tonasi buah coklat dari tiga wilayah yaitu Banawa (Donggala) sebesar 2,5 mg/L, Rantekala

(Sigi Biromaru) sebesar 6,8 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 8,35 mg/L. Ini berarti tonasi buah kakao memiliki potensi sebagai sumber unsure hara makro dan mikro dari phosphor. Karena itu, dapat dijadikan sebagai pupuk, namun masih diperlukan unsure hara tambahan yang mengandung phosphor. Perlu diperhatikan adalah hindari terjadinya fiksasi unsure dalam tanah, yaitu untuk tanaman kakao pada tanah asam yang mengandung Fe (besi) dan Al (Aluminium) akan membentuk senyawa kompleks FeAl Phospot yang mengendap sehingga P tidak dapat diserap oleh akar tanaman.

Kalium, Bersama dengan phosphor, dapat membentuk unsure hara majemuk (KP) yaitu unsure hara makro dan mikro. Kalium diserap oleh akar dalam bentuk ion K^+ tidak ditemukan dalam bentuk senyawa organik, di dalam tanah ion tersebut bersifat sangat dinamis sehingga mudah dipindahkan dari suatu organ ke organ lain yang membutuhkan. Kalium pada tumbuhan mempermudah proses metabolisme seperti fotosintesis dan respirasi. Salah satu peran kalium pada tumbuhan adalah perpindahan gula pada pembentukan pati dan protein, membantu proses membuka dan menutup stomata. Banyaknya K_2O yang diperlukan untuk mendapatkan 1.010 kg biji/ha adalah 821 kg. (Novizan, 2002)

Besarnya unsure Kalium (K) yang terdapat dalam tonasi buah kakao adalah Banawa (Donggala) sebesar Banawa (Donggala) 3,8 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 4,9 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 6,2 kg/L. Kandungan unsure kalium tersebut dari tonasi buah kakao, memiliki potensi untuk di jadikan sebagai pupuk untuk mensuplai unsure hara pada tanaman kakao. Namun kandungan tersebut masih rendah sehingga perlu ditambahkan unsure hara K yang cukup.

Nitrogen, pada tanaman berfungsi untuk pembentukan daun dan akar. Perbandingan daun dan akar ditentukan oleh konsentrasi nitrogen dalam tanah. Bila konsentrasi nitrogen yang diserap oleh tanaman, maka perbandingan daun dan akar menjadi turun. Nitrogen yang diserap oleh akar akan segera dipergunakan untuk pembentukan asam amino bersama-sama dengan karbohidrat yang turun dari daun membentuk protein melalui proses pembelahan dan pembesaran sel yang pada akhirnya akan dipergunakan untuk pembentukan akar (Menas, 2002)

Kadar nitrogen yang optimal dibutuhkan oleh tanaman kakalo adalah 466 kg/ha untuk menghasilkan coklat 1.010 kg biji. Tonasi buah kakao mengandung kadar nitrogen sebesar (banawa-Donggala) 86 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 182 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 221 mg/L. Kandungan unsure hara N dalam tonasi buah kakao tersebut, memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai pupuk. Namun yang perlu diperhatikan adalah kandungan N nya yang rendah sehingga perlu ditambahkan material lain yang kaya nitrogen.

Nitrogen diserap oleh tanaman dalam bentuk ion nitrat (NO_3^-) dan ion ammonium (NH_4^+). Sebagian besar nitrogen diserap dalam bentuk ion nitrat karena ion tersebut bermuatan negative sehingga selalu berada dalam larutan tanah dan mudah terserap oleh akar. Sebaliknya ion ammonium bermuatan

positif sehingga terikat oleh koloid tanah, ion tersebut tidak mudah hilang oleh proses pencucian. Nitrogen dalam bentuk pupuk cepat larut di dalam air dan lebih mudah tercuci. Karena itu, nitrogen dalam tanah akan berubah menjadi ammonium akan terikat langsung oleh koloid tanah. Koloid ini merupakan unsure hara tersedia di dalam tanah untuk diserap oleh akar.

Besi, diserap oleh tanaman dari dalam tanaman dalam bentuk ion Fe^{2+} , ion tersebut dibutuhkan untuk pembentukan klorofil, ia berfungsi sebagai aktifator untuk fotosintesis dan respirasi. Selain itu, ion Fe sebagai ion pembentuk beberapa enzim tanaman. Fe di dalam tanah akan berkurang akibat meningkatnya kadar Ca, P, atau Mn. Tanaman kakao kurang membutuhkan Fe. Berdasarkan hasil analisis kadar unsure hara dari tonasi buah kakao adalah Banawa (Donggala) sebesar 0,1 mg/L, Rantekala (Sigi Biromaru) sebesar 47 mg/L, dan Dolago (Parigi) sebesar 0,17 mg/L. Kadar Fe di dalam tanah dibutuhkan dalam jumlah yang sangat kecil. Karena itu, kandungan kadar besi (Fe) dari tonasi buah kakao sangat potensial sebagai unsure hara pada tanaman.

Tembaga, Merupakan unsure hara mikro dan berfungsi sebagai aktifator enzim dalam proses penyimpanan cadangan makanan. Tembaga diserap dalam bentuk Cu^{2+} atau Cu^{3+} . Kebutuhan normal ion tembaga pada tanaman sekitar 5 – 20 ppm. Ion tembaga dalam tanaman berperan sebagai katalisator dalam proses pernapasan dan perombakan karbohidrat, sebagai salah satu elemen dalam proses pembentukan vitamin A, dan pembentukan klorofil. Cu dalam tanaman berfungsi untuk meningkatkan produksi panen. Sebaliknya Cu dalam tanah terdapat dalam jumlah yang besar, maka akan berdampak meracuni tanaman. Dengan demikian, walaupun ketersediaan Cu dalam tanah terdapat dalam jumlah yang rendah, namun tidak dianjurkan untuk melakukan

pemupukan dengan menggunakan pupuk yang mengandung ion Cu (Novisan, 2002).

Kadar Cu yang terdapat dalam tonasi buah kakao adalah 1,32 ppm (untuk Banawa), 1,46 ppm (untuk Rantekala), dan 1,59 ppm (untuk Dolago). Kadar tersebut cukup untuk mensuplai tanaman kakao sehingga tidak direkomendasikan untuk memberikan/ menambahkan ion Cu pada abu tonasi. Kadar ion Cu dalam abu tonasi sudah mencukupi untuk diserap oleh akar tanaman kakao, terutama untuk meningkatkan produksi buah dengan meningkatkan daya tahannya terhadap serangan hama (Novisan, 2002).

III. KESIMPULAN

Tonasi buah kakao mengandung unsure hara makro dan mikro yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan produktifitas buah tanaman kakao itu sendiri. Karena itu, ia berpotensi sebagai bahan baku untuk pupuk daun dan buah. Namun untuk memaksimalkan kadar unsure haranya perlu diberikan unsure hara tambahan.

IV. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana dengan baik karena ketersediaan fasilitas dan bantuan dari: Bapak Rektor dalam hal ini ketua Lembaga Penelitian Universitas tadulako, Bapak/ibu dirjen pendidikan dan Kebudayaan RI. yang memberikan sumbangan dana penelitian pada skim MP₃EI Kepada kami mengucapkan banyak terima kasih

V. DAFTAR PUSTAKA

- Bennu Hase, 2002. Hama Penggerek Buah Kakao (PBK) dan Metode Pengendaliannya, *Abdi Tani- Wahana Informasi Pertanian*, Vol. 3 no. 3/ edisi XII
- BPS Sulawesi Tengah, 2008. Tanaman Kakao dan Produksinya, Palu
- Erlan, 2010. Komposisi Unsur Hara pada Daun dan Buah Kakao, *Bionatura*, Vol.8 no.3
- Marhaeni, 2007. Komposisi Buah Kakao dan Manfaatnya, Sinar Dunia, Jakarta
- Menas Tjionger's., 2002. Pentingnya Menjaga Keseimbangan Unsur Hara Makro dan Mikro untuk tanaman, *Abdi Tani- Wahana Informasi Pertanian*, Vol. 3 no. 3/ edisi XII
- Novisan, 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif, Agro Media Pustaka, Jakarta
- Pusat Penelitian Kopi dan kakao, 2008. Tanaman Kakao dan Permasalahannya. Dinas Pertanian dan Perkebunan Sulawesi Tengah, Palu
- Raharjo, 1999. Tanaman Kakao dan Potensinya, Sinar Mulya, Surabaya
- Suhendi, 2004. Tanaman Kakao di Indonesia, Carnesius, Jogjakarta
- Suherman, 2014. Kajian Kondisi Produktivitas Tanaman Kakao, Prosiding Seminar Nasional Kimia, Pascasarjana Kependidikan FKIP Universitas Mulawarman. Samarinda

Kandungan Asam Miristat (C₁₄), Asam Palmitat (C₁₆) dan Asam Stearat (C₁₈) Pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk Dengan Metode Pengeringan Berbeda

Agus Bahar Rachman¹, Anang Mohammad Legowo², Ahmad Nimatullah Al Baari³

¹Jurusan Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Negeri Gorontalo

E-mail: agusrachman@ung.ac.id

²Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan & Pertanian, Universitas Diponegoro

Email: anang_ml@yahoo.com

³Jurusan Teknologi Pangan, Fakultas Peternakan & Pertanian, Universitas Diponegoro

Email : omalbari@yahoo.com

Abstract

Long-chain fatty acids affect the quality of the nutritional value of cow's milk and goat's milk. Milk powder is a product that has the advantages of the other products including duration of storage and easy to reconstitution. This research has been carried out at the Faculty of Animal Husbandry & Agriculture UNDIP and Faculty of Agricultural Technology UGM. This study aims to determine the change in the content of long-chain fatty acids in goat's milk and cow's milk that has undergone a drying process with different drying methods. The study procedures include the manufacture and testing of milk powder research variables. The treatments used are different drying methods on cow's milk powder and goat milk powder ie "spray drying", "drum drying" and "freeze drying". The content of C₁₄ on cow's and goat's milk powder "spray drying" is highest 60.61 mg / 100 g, 34.83 mg / 100 g fat. The content of C₁₆ on cow's and goat's milk powder "spray drying" is highest 232.58 mg / 100 g fat, 306.04 mg / 100 g fat. The content of C₁₈ on cow's and goat's milk powder "spray drying" is highest 105.83 mg / 100 g fat, 117.56 mg / 100 g fat.

Keywords: myristic acid, palmitic acid, stearic acid, powdered milk, different drying methods

1. PENDAHULUAN

Susu dan produk susu telah lama dikenal sebagai bahan makanan yang bergizi tinggi. Susu sapi dan susu kambing mempunyai kandungan gizi yang tinggi dan mengandung komponen yang penting bagi pemenuhan akan kebutuhan untuk pertumbuhan dan kesehatan tubuh manusia. Komponen tersebut antara lain protein, lemak, laktosa, vitamin dan mineral. Beberapa komponen dalam susu kambing bahkan relatif lebih tinggi dibandingkan dalam susu sapi. Akan tetapi pada umumnya sebagian besar masyarakat lebih menyukai susu sapi untuk konsumsi susu mereka.

Komposisi penyusun lemak pada susu sapi dan susu kambing adalah asam lemak dan gliserol. Asam lemak terdiri dari asam lemak rantai pendek dan asam lemak rantai panjang. Asam lemak rantai panjang merupakan asam

lemak yang paling banyak jumlahnya pada susu. Asam lemak rantai panjang berpengaruh terhadap kualitas nilai gizi pada susu sapi dan susu kambing.

Salah satu produk olahan hasil peternakan yang mengikuti perkembangan teknologi adalah susu bubuk. Susu bubuk merupakan produk yang mempunyai keunggulan dari pada produk yang lain diantaranya lamanya masa penyimpanannya dan mudah untuk direkonstitusi. Selain itu susu bubuk mempunyai kelemahan yaitu apabila dalam proses pengolahannya menggunakan suhu yang terlalu tinggi maka akan mempengaruhi komponen yang ada di dalamnya padahal asam lemak rantai panjang dapat menguap. Pembuatan susu bubuk dilakukan melalui 3 metode, yaitu metode "spray dryer", metode "drum dryer" dan metode "freeze dryer". Beberapa metode pengeringan

mempunyai keunggulan dan kelemahan dalam prosesnya terutama pada suhu yang berbeda.

Asam lemak di dalam susu itu penting sebagai faktor penentu kualitas susu. Penggunaan suhu yang tinggi akan semakin mengurangi kadar asam lemak rantai panjang. Oleh karena itu, penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui pengaruh 3 metode pengeringan terhadap komponen asam lemak rantai panjang pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk. Manfaat penelitian ini adalah mengetahui perubahan kandungan asam lemak rantai panjang terhadap 3 macam metode pengeringan sehingga dapat menjadi dasar pembuatan susu bubuk yang lebih optimal.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro Semarang dan Laboratorium Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta meliputi pembuatan susu bubuk metode “freeze drying” dan “spray drying”. Pembuatan susu bubuk metode “drum drying” dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa PAU Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Analisis asam lemak rantai panjang dengan metode “Gas Chromatography” (GC) dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah susu kambing segar 4 liter dan susu sapi segar 4 liter. Sedangkan bahan untuk preparasi sampel pengujian asam lemak dengan metode GC yaitu methanol, dietil eter, gas nitrogen, BF₃ metanol, n-Heksana. Peralatan yang digunakan yaitu “drum dryer”, “freeze dryer”, “spray dryer”, “Gas Chromatography” (GC), gelas beaker, pengaduk kaca, wadah plastik, sendok plastik, alumunium foil, kertas label, “cooler box”. Rancangan Percobaan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok dengan 2 kelompok yaitu kelompok susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk, dengan 3 perlakuan yaitu dan 3 ulangan untuk setiap perlakuan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Asam Miristat (C₁₄) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

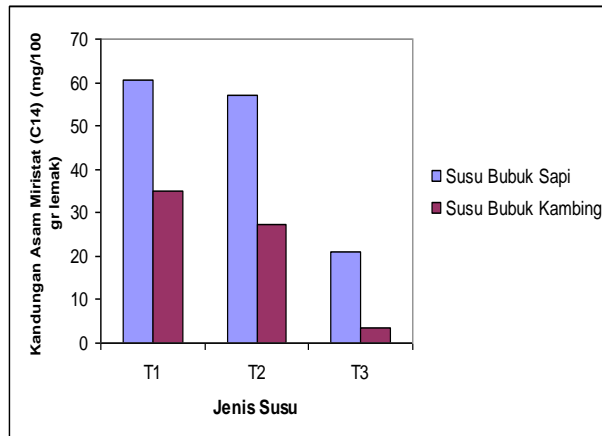
Data hasil pengukuran Asam Miristat (C₁₄) pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan berbeda menggunakan alat kromatografi gas (Gas Chromatography atau GC) merek Hewlett Packard 5890 Series II dengan kolom CP sil 5 CB dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kandungan Asam Miristat (C₁₄) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

Susu Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda	Rerata Kandungan Asam Miristat (C ₁₄) (mg/ 100 g lemak susu)
Susu Sapi Bubuk ”Spray Drying” (SSB T1)	60,61 ^a
Susu Sapi Bubuk ”Drum Drying” (SSB T2)	57,11 ^b
Susu Sapi Bubuk ”Freeze Drying” (SSB T3)	21,07 ^c
Susu Kambing Bubuk ”Spray Drying” (SKB T1)	34,83 ^a
Susu Kambing Bubuk ”Drum Drying” (SKB T2)	27,34 ^b
Susu Kambing Bubuk ”Freeze Drying” (SKB T3)	3,58 ^c

Keterangan : huruf superskrip yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P < 0,05)

Gambar 1. Kandungan Asam Miristat (C_{14}) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda



Keterangan : T1 : Metode "Spray Drying", T2 : Metode "Drum Drying", T3 : Metode "Freeze Drying"

Pada Tabel 1 dan Gambar 1 menunjukkan bahwa berdasarkan metode pengeringan yang digunakan pada pembuatan susu bubuk, rerata kandungan asam miristat (C_{14}) pada susu sapi bubuk yang paling tinggi yaitu 60,61 mg/ 100 g lemak pada SSB T1 (metode "spray drying"), berikutnya berturut-turut yaitu SSB T2 (metode "drum drying") dengan 57,11 mg/ 100 g lemak dan SSB T3 (metode "freeze drying") dengan 21,07 mg/ 100 g lemak. Untuk rerata kandungan asam miristat (C_{14}) pada susu kambing bubuk yang paling tinggi yaitu pada SKB T1 (metode "spray drying") dengan 34,83 mg/ 100 g lemak berikutnya pada SKB T2 (metode "drum drying") dengan 27,34 mg/ 100 g lemak dan yang paling rendah adalah SKB T3 (metode "freeze drying") dengan 3,58 mg/ 100 g lemak. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode pengeringan yang berbeda pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dapat mengakibatkan pengaruh pada kandungan asam miristat (C_{14}).

Pembuatan susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan "spray drying" menunjukkan bahwa kandungan asam lemak rantai panjangnya paling tinggi dari 2 metode pengeringan yang lainnya. Hal ini dikarenakan penggunaan 2 suhu berbeda pada "inlet" dan "exhaust", yaitu masing-masing pada

suhu 121°C dan 61 – 64°C sehingga penggunaan panas yang efektif menyebabkan hilangnya nutrisi dari susu segar tidak terlalu banyak. Hal ini sesuai dengan pendapat Harris dan Karmas (1975) bahwa proses "spray drying" menggunakan panas tinggi namun dalam waktu yang relatif singkat, sehingga nutrisi yang terkandung di dalam produk masih baik.

Buckle *et al.* (1987) menambahkan bahwa perlakuan panas yang dihubungkan dengan pengeringan secara penyemprotan tidak sepanas pengeringan dengan "roller" dan oleh karenanya produknya biasanya mempunyai flavor yang baik, memiliki daya larut yang baik (95-97%) dan mempunyai nilai gizi yang tinggi. Lamanya proses pengeringan bukan karena lamanya proses pemanasan, namun karena proses "pumping" dan "blowing", sedangkan proses pemanasannya hanya dalam waktu yang sangat singkat.

Pembuatan susu kambing bubuk dengan metode "drum drying" merupakan proses yang paling cepat dan menghasilkan kandungan asam miristat tertinggi kedua setelah asam miristat pada metode "spray drying". Satu liter susu segar kira-kira menghasilkan susu bubuk sebanyak 350 g dalam waktu 10 menit. Menurut Bylund (1995), proses pembuatan susu bubuk menggunakan "drum dryer" akan menurunkan nilai nutrisi. Hal ini disebabkan karena penggunaan suhu yang sangat tinggi pada proses pembuatannya. Hadiwiyoto (1983) menambahkan bahwa suhu yang digunakan adalah 90-150°C, waktu yang diperlukan juga sangat pendek yaitu 6-30 detik. Selain itu, penuangan susu sapi segar dan susu kambing segar pada dinding "drum dryer" dilakukan di tempat terbuka, sehingga mempercepat penguapan asam lemak tersebut. Susu segar yang akan dikeringkan bersentuhan langsung dengan drum pengering.

Pembuatan susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode "freeze drying" menggunakan "Brechttop Shell Freezer", model 79490 dari "Labconco Corporation". Satu liter susu segar kira-kira membutuhkan waktu 25 jam 30 menit dengan menghasilkan susu bubuk dengan perkiraan sebanyak 250 g. Susu segar diletakkan pada botol – botol kecil dengan kapasitas 100 ml. Menurut Harris dan Karmas

(1975), prinsip kerja pembuatan susu bubuk menggunakan metode "freeze drying" adalah dengan proses penyubliman. Proses ini membutuhkan waktu yang sangat lama. Menurut Muljohardjo (1990) tentang "freeze drying" bahwa larutan-larutan encer dan suspensi dapat dikeringkan dengan baik dan sempurna pada suhu dibawah titik bekunya, bahkan pada suhu -17,78°C.

Kandungan Asam Palmitat (C₁₆) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

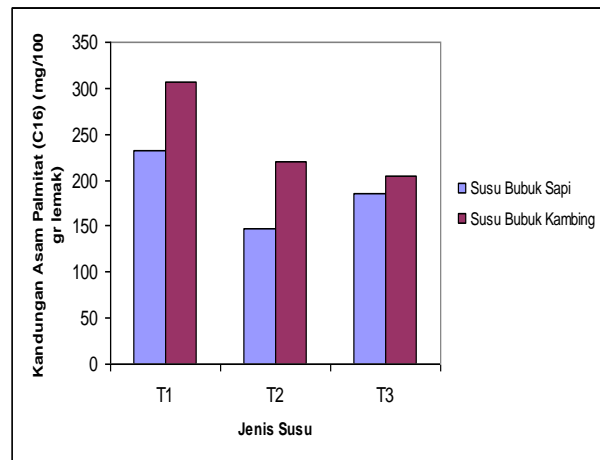
Data hasil pengukuran asam palmitat (C₁₆) pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan berbeda menggunakan alat kromatografi gas (Gas Chromatography atau GC) merek Hewlett Packard 5890 Series II dengan kolom CP sil 5 CB dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Kandungan Asam Palmitat (C₁₆) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

Susu Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda	Rerata Kandungan Asam Palmitat (C ₁₆) (mg/ 100 g lemak susu)
Susu Sapi Bubuk "Spray Drying" (SSB T1)	232,58 ^a
Susu Sapi Bubuk "Drum Drying" (SSB T2)	147,30 ^b
Susu Sapi Bubuk "Freeze Drying" (SSB T3)	185,23 ^c
Susu Kambing Bubuk "Spray Drying" (SKB T1)	306,04 ^a
Susu Kambing Bubuk "Drum Drying" (SKB T2)	220,16 ^b
Susu Kambing Bubuk "Freeze Drying" (SKB T3)	203,87 ^c

Keterangan : huruf superskrip yang berbeda menunjukkan adanya perbedaan yang nyata (P < 0,05)

Gambar 2. Kandungan Asam Palmitat (C₁₆) pada Susu Bubuk Sapi dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda



Keterangan : T1 : Metode "Spray Drying", T2: Metode "Drum Drying", T3 : Metode "Freeze Drying"

Pada Tabel 2 dan Gambar 2 menunjukkan bahwa berdasarkan metode pengeringan yang digunakan pada pembuatan susu sapi bubuk rerata kandungan asam palmitat (C₁₆) yang paling tinggi yaitu SSB T1 (metode "spray drying") dengan 232,58 mg/ 100 g lemak kemudian berikutnya SSB T3 (metode "Freeze Drying") dengan 185,23 mg/ 100 g lemak dan yang paling rendah adalah SSB T2 (metode "Drum Drying") dengan 147,30 mg/ 100 g lemak. Untuk susu kambing bubuk rerata kandungan asam palmitat (C₁₆) yang paling tinggi yaitu 306,04 mg/ 100 g lemak pada SKB T1 (metode "spray drying"), berikutnya berturut-turut yaitu, SKB T2 (metode "drum drying") dengan 220,16 mg/ 100 g lemak, SKB T3 (metode "freeze drying") dengan 203,87 mg/ 100 g lemak. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode pengeringan yang berbeda pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dapat mengakibatkan pengaruh pada kandungan asam palmitat (C₁₆).

Pembuatan susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan "spray drying" menggunakan alat bermerek "Lab Plant" tipe SD-05. Satu liter susu segar menghasilkan susu bubuk kira-kira sebanyak 125 g selama 3 jam. Hasil pengeringan dengan

metode ini menunjukkan bahwa kandungan asam lemak rantai panjangnya paling tinggi dari 2 metode pengeringan yang lainnya. Hal ini dikarenakan suhu yang tinggi dengan waktu yang relatif singkat (metode “spray drying”) akan menghasilkan susu bubuk dengan kadar asam lemak rantai panjang yang cukup banyak karena kadar asam lemak rantai panjang yang menguap cukup sedikit. Hal ini sesuai dengan pendapat Widodo (2003) bahwa bagian “heater” (alat pemanas) pada “spray dryer” melakukan pemanasan susu sampai dengan suhu 300-310°C dan secara umum waktu proses pengolahan susu segar menjadi susu bubuk sekitar 30 menit.

Kandungan asam palmitat (C₁₆) yang tertinggi kedua berasal dari metode “drum drying”. Satu liter susu segar kira-kira menghasilkan susu bubuk sebanyak 350 g dalam waktu 10 menit. Menurut Hadiwiyoto (1983) tentang “drum dryer” bahwa hasil yang diperoleh dari penggunaan alat ini adalah bahwa partikel-partikelnya kasar, tetapi susu bubuk tidak banyak kehilangan daya larutnya. Pada pengeringan dengan alat ini, suhu yang digunakan adalah 90-150°C, waktu yang diperlukan juga sangat pendek yaitu 6-30 detik.

Suhu yang rendah dengan waktu yang cukup lama (metode “freeze drying”) akan menghasilkan susu bubuk dengan kadar asam lemak rantai panjang yang sedikit karena banyaknya kadar asam lemak rantai panjang yang menguap. Satu liter susu segar kira-kira membutuhkan waktu 25 jam 30 menit dengan menghasilkan susu bubuk dengan perkiraan sebanyak 250 g. Menurut Muljohardjo (1990) tentang “freeze drying” bahwa beberapa jenis bahan dikeringkan pada suhu -30°C. Tischer dan Brockman (1957) menambahkan bahwa suhu yang digunakan cukup rendah untuk mencegah pencairan dan waktu pengeringan umumnya antara 12 dan 24 jam.

Kandungan Asam Stearat (C₁₈) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

Data hasil pengukuran asam stearat (C₁₈) pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode pengeringan berbeda menggunakan alat kromatografi gas (Gas

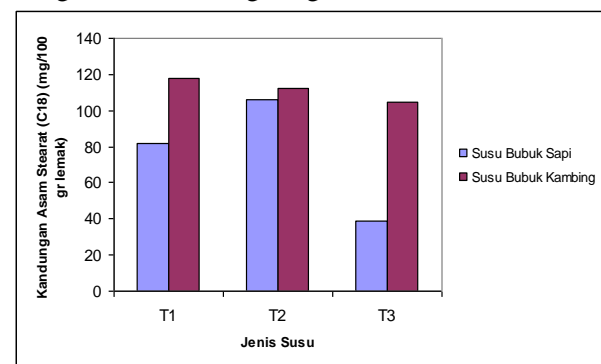
Chromatography atau GC) merek Hewlett Packard 5890 Series II dengan kolom CP sil 5 CB dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kandungan Asam Stearat (C₁₈) pada Susu Bubuk Sapi dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda

Susu Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda	Rerata Kandungan Asam Stearat (C ₁₈) (mg/ 100 g lemak susu)
Susu Sapi Bubuk ”Spray Drying” (SSB T1)	82,09 ^a
Susu Sapi Bubuk ”Drum Drying” (SSB T2)	105,83 ^b
Susu Sapi Bubuk ”Freeze Drying” (SSB T3)	38,82 ^c
Susu Kambing Bubuk ”Spray Drying” (SKB T1)	117,56 ^a
Susu Kambing Bubuk ”Drum Drying” (SKB T2)	111,95 ^b
Susu Kambing Bubuk ”Freeze Drying” (SKB T3)	104,46 ^c

Keterangan : huruf superskrip yang beda menunjukkan asam stearat (C₁₈) ada perbedaan (P < 0,05)

Gambar 3. Kandungan Asam Stearat (C₁₈) pada Susu Sapi Bubuk dan Susu Kambing Bubuk dengan Metode Pengeringan Berbeda



Keterangan : T1 : Metode ”Spray Drying”, T2 : Metode ”Drum Drying”, T3 : Metode ”Freeze Drying”

Pada Tabel 3 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa berdasarkan metode pengeringan yang

digunakan pada pembuatan susu sapi bubuk rerata kandungan asam stearat (C_{18}) yang paling tinggi yaitu pada SSB T2 (metode "drum drying") dengan 105,83 mg/ 100 g lemak kemudian selanjutnya pada SSB T1 (metode "spray drying") dengan 82,09 mg/ 100 g lemak dan yang paling rendah adalah SSB T3 (metode "freeze drying") dengan 38,82 mg/ 100 g lemak. Sedangkan pada pembuatan susu kambing bubuk rerata kandungan asam stearat (C_{18}) yang paling tinggi yaitu 117,56 mg/ 100 g lemak pada SKB T1 (metode "spray drying") berikutnya berturut-turut yaitu SKB T2 (metode "drum drying") dengan 111,95 mg/ 100 g lemak dan yang paling rendah adalah pada SKB T3 (metode "freeze drying") dengan 104,46 mg/ 100 g lemak. Hal ini menunjukkan bahwa dengan metode pengeringan yang berbeda pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dapat mengakibatkan pengaruh pada kandungan asam stearat (C_{18}).

Metode "drum drying" menghasilkan kandungan asam miristat (C_{18}) tertinggi diantara metode "spray drying" dan metode "freeze drying" pada susu sapi bubuk yang dihasilkan hal ini dikarenakan pengaruh suhu pengeringan dan waktu kontak pada metode "drum drying". Satu liter susu segar kira-kira menghasilkan susu bubuk sebanyak 350 g dalam waktu 10 menit. Menurut Hadiwiyoto (1993) bahwa suhu pengeringan yang digunakan adalah 90-150°C. Metode "drum drying" dengan kecepatan kira-kira 15 rpm dengan waktu bersentuhan sekitar 4-30 detik dapat mempengaruhi mutu produk akhir dalam hal daya larut dan nilai gizi, dan jelaslah bahwa waktu kontak yang lebih pendek serta suhu yang lebih rendah seperti pada pengeringan hampa, menghasilkan produk yang optimum (Buckle *et al*, 1987).

Pada susu kambing bubuk dengan metode "spray drying" menghasilkan kandungan asam miristat (C_{18}) tertinggi dibandingkan dengan kedua hasil susu kambing bubuk dari metode "drum drying" dan "freeze drying" hal ini dikarenakan suhu yang tinggi dengan waktu yang relatif singkat (metode "spray drying") akan menghasilkan susu bubuk dengan kadar asam lemak rantai panjang yang cukup banyak karena kadar asam lemak rantai panjang yang menguap cukup sedikit. Satu liter susu segar

menghasilkan susu bubuk kira-kira sebanyak 125 g selama 3 jam. Biasanya, pada proses penguapan metode "spray drying", udara yang dipanaskan dengan gas suhunya kira-kira 65°C untuk susu utuh (Buckle *et al*, 1987). Waktu pengeringan relatif pendek pada ruang pengering, hanya dalam beberapa detik, tidak lebih dari 30 detik (Muljohardjo, 1990).

Pembuatan susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dengan metode "freeze drying" menggunakan "Brenchtop Shell Freezer", model 79490 dari "Labconco Corporation". Satu liter susu segar kira-kira membutuhkan waktu 25 jam 30 menit dengan menghasilkan susu bubuk dengan perkiraan sebanyak 250 g. Suhu yang rendah dengan waktu yang cukup lama (metode "freeze drying") akan menghasilkan susu bubuk dengan kadar asam lemak rantai panjang yang sedikit karena banyaknya kadar asam lemak rantai panjang yang menguap. Menurut Harris dan Karmas (1975), prinsip kerja pembuatan susu bubuk menggunakan metode "freeze drying" adalah dengan proses penyubliman. Proses ini membutuhkan waktu yang sangat lama. Menurut Muljohardjo (1990) tentang "freeze drying" bahwa beberapa jenis bahan dikeringkan pada suhu -30°C.

4. Kesimpulan

Metode "spray drying" (pengeringan semprot) dapat mempertahankan kadar asam miristat (C_{14}), asam palmitat (C_{16}) dan asam stearat (C_{18}) (mg/ 100 g lemak) yang lebih tinggi pada susu sapi bubuk dan susu kambing bubuk dibandingkan dengan metode "drum drying" dan "freeze drying". Kandungan C_{14} pada susu bubuk sapi dan kambing "spray drying" tertinggi 60,61 mg / 100 g, 34,83 mg / 100 g lemak. Kandungan C_{16} pada susu bubuk sapi dan kambing "spray drying" tertinggi 232,58 mg / 100 g lemak, 306,04 mg / 100 g lemak. Kandungan C_{18} pada susu bubuk sapi dan "spray drying" tertinggi 105,83 mg / 100 g lemak, 117,56 mg / 100 g lemak.

5. REFERENSI

- Adnan, M. 1984. Kimia dan Teknologi Pengolahan Air Susu. Andi Offset, Yogyakarta.
- Arpah, M. 1993. Pengawasan Mutu Pangan. Tarsito, Bandung.
- Blakely, J. dan David H. Bade. 1999. Ilmu Peternakan. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Buckle, K.A., R.A.Edwards, W.R. Day, G.H. Fleet and M Wootton. 1987. Ilmu Pangan. Universitas Indonesia Press, Jakarta (Diterjemahkan oleh H. Purnomo dan Adiono).
- Bylund, G. 1995. Dairy Processing. Tetra Pak Processing System, Sweden.
- Chamberlain, A. 1989. Milk Production in The Tropics. Longman Scientific Technical, London.
- DeMan, J. M.. 1997. Kimia Makanan Edisi Kedua. Penerbit Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Hadiwiyoto, S. 1983. Hasil-hasil Olahan Susu, Ikan, Daging, dan Telur. Liberty, Yogyakarta.
- Hadiwiyoto, S. 1994. Teori dan Prosedur Pengujian Mutu Susu dan Hasil Olahannya. Liberty, Yogyakarta.
- Hanafiah, K.A. 1994. Rancangan Percobaan : Teori dan Aplikasi. PT. Raja Grafindo Persada, Yogyakarta.
- Harris, R. S, dan E. Karmas. 1975. "Nutritional Evaluation of Food Processing". Ensiklopedia Wikipedia, Jakarta.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). 2006. Asam Lemak. LIPI, Jakarta.
- Maduko, C. O., D. C. Peck, R. T. Toledo dan Y. W. Park. 2005. "Session 31, Dairy Foods: General I". New Orleans, Louisiana.
- Mahajan , S. S., L. Goddik dan M. C. Qian. 2004. "Aroma compounds in sweet whey powder". J. Dairy Sci. 87: 4057 – 4063.
- Maree, H. P. 2003. "Goat Milk and Its Use as Hypo-Allergenic Infant Food". "Goat Connection", Khimaira.
- "Market Research". 2005. "Freeze Drying Equipment". Global Industry Analysis, Washington.
- Moelyanto, R.D., dan B.T.W. Wiryanto. 2002. Khasiat dan Manfaat Susu Kambing Terbaik dari Hewan Ruminansia. PT. Agro Media Pustaka, Jakarta.
- Muljohardjo, M. 1990. Alat dan Mesin Pengolahan Hasil Pertanian. Pusat Antar Universitas (PAU) Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Murtidjo, B. A. 1993. Memelihara Kambing sebagai Ternak Potong dan Perah. Kanisius, Yogyakarta.
- Priyanto, G. 1987. Teknik Pengawetan Pangan. Pusat Antar Universitas (PAU) Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rahman, A., S. Fardiaz, W.P. Rahaju, Suliantari dan C.C. Nurwitri. 1992. Teknologi Fermentasi Susu. Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi IPB, Bogor.
- Rutgers, K dan P. Ebing. 1992. Penyediaan Produk Susu Berskala Kecil. Penerbit Universitas Brawijaya, Malang (Diterjemahkan oleh S. Idris dan I. Tohari).
- Soeparno. 1992. Prinsip Kimia dan Teknologi Susu. Pusat Antar Universitas (PAU) Pangan dan Gizi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sudarmadji, S., B. Haryono dan Suhardi. 1997. Prosedur Analisis Untuk Bahan Makanan dan Pertanian Edisi Keempat. Liberty, Yogyakarta.

Suharto. 1991. Teknologi Pengawetan Pangan Cetakan 1. PT Rineka Cipta, Jakarta.

Suyitno, Haryadi, Supriyanto, B. Sukmadji, G. Haryanto, A.D. Guritno dan W. Supartono. 1989. Petunjuk Laboratorium Rekayasa Pangan Cetakan 1. Pusat Antar Universitas (PAU) Pangan dan Gizi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tamine, A. Y., dan H. C. Deeth. 1980. Yoghurt technology, biochemistry I. J. Food Sci. 43: 939-977.

Van den Berg, J.C.T. 1988. Dairy Technology in Tropics Country and Subtropics. Pudog. Wageningen.

Widodo. 2003. Teknologi Proses Susu Bubuk Cetakan 1. Lacticia Press, Yogyakarta.

Winarno, F. G. 2002 Kimia Pangan dan Gizi. Cetakan Kesembilan. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

STRATEGI “OPER” UNTUK PENGEMBANGAN KETERAMPILAN BERTANYA KRITIS PADA PEMBELAJARAN KIMIA

"OPER" STRATEGY FOR IMPROVING CRITICAL QUESTION SKILL IN CHEMISTRY LEARNING

Tri Santoso¹

¹. Program Studi S3 Pendidikan Sains, Program Pasca Sarjana Unesa, Kampus Ketintang, Surabaya, 60231; Telepon/Faksimile: +6231.8293484/ Pendidikan Kimia PMIPA FKIP Universitas Tadulako, Jl. Soekarno Hatta Km.9 Telp. (0451) 422611, e-mail: tri_palu@yahoo.co.id

Abstrak. Pemberlakuan Kurikulum 2013 merekomendasikan agar pembelajaran dilakukan dengan pendekatan ilmiah (*scientific approach*), salah satu contohnya yaitu pendekatan inkuiri. Kunci keberhasilan pendekatan pembelajaran ini adalah kemampuan pengajuan pertanyaan kritis siswa. Beberapa hasil studi pembelajaran kimia menunjukkan siswa memiliki kendala kemampuan mengajukan pertanyaan kritis (Liliasari, 2003; Passmore, 2012; Katchevich & Hofstein, 2013; Eshach *et al.*, 2014; (Santoso, 2014)Santoso, 2014). Dalam artikel ini dipaparkan strategi “OPER” (*orientasi pertanyaan, elaborasi pertanyaan, replektif pertanyaan*) sebagai perancah (*scaffolding*) untuk melatih bertanya kritis siswa.

Kata-kata kunci: pertanyaan kritis

Abstract. Curriculum 2013 recommended that the learning is done with a scientific approach (*scientific approach*), one example is the inquiry approach. The key to the success of this learning approach is the student ability to ask critical questioning. Some studies of chemistry learning show students have ability constraints to ask critical questions (Liliasari, 2003; Passmore, 2012; Santoso, 2013; Katchevich have & Hofstein, 2013; Eshach *et al.*, 2014). In this article presented a strategy "OPER" (*orientation questions, elaboration questions, replektif questions*) as scaffolding to train students to ask critical question.

Key words: *critical question.*

1. PENDAHULUAN

Standar Kompetensi Lulusan pada Kurikulum 2013 memberikan kerangka konseptual tentang sasaran pembelajaran yang harus dicapai. Sasaran pembelajaran tersebut mencakup pengembangan ranah: (1) sikap yang dapat dicapai melalui aktivitas menerima, menjalankan, menghargai, menghayati, dan mengamalkan; (2) pengetahuan yang dapat diperoleh melalui aktivitas mengingat, memahami, menerapkan, menganalisis, dan mengevaluasi; dan (3) keterampilan yang

dapat diperoleh melalui aktivitas mengamati, menanya, mencoba, menalar, menyaji, dan mencipta. Untuk mewujudkan pencapaian ketiga ranah kompetensi tersebut maka dalam proses pembelajaran perlu menggunakan pembelajaran berbasis penyingkapan/ penelitian (*discovery/inquiry learning*) untuk memperkuat pendekatan ilmiah (*scientific*) dan tematik (Permendikbud No. 65 Tahun 2013).

Proses pembelajaran dengan pendekatan ilmiah yang sesuai dengan tujuan pembelajaran Kurikulum 2013 salah satunya adalah

pendekatan inkuiri. Penekanan pembelajaran inkuiri meminta siswa berpikir tentang apa yang siswa tahu, mengapa siswa tahu, dan bagaimana caranya siswa untuk tahu (Carin, 1993). Jadi, kunci pembelajaran berbasis inkuiri adalah mendorong siswa untuk mengajukan pertanyaan tentang topik yang dipelajari dan mengeksplorasi jawaban atas pertanyaan yang diajukan. Pebelajar diarahkan menjadi seorang pengaju masalah/pertanyaan (*problem poser*) dan juga sekaligus pemecah masalah (*problem solver*) (Flick & Lederman, 2006). Hal ini sejalan dengan Teori Bruner, siswa belajar terbaik melalui penemuan, sehingga siswa berperan sebagai pemecah masalah yang berinteraksi dengan lingkungan (Koes, 2003).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya masalah dalam pembelajaran kimia berbasis inkuiri terutama terkait dengan: (1) kemampuan mahasiswa mengajukan pertanyaan sangat sedikit dan terbatas pada tipe pertanyaan yang bersifat klarifikasi, sehingga menyebabkan diskusi mahasiswa tidak menggambarkan epistemik ilmiah sesungguhnya (Katchevich & Hofstein, 2013); (2) jika mahasiswa diminta untuk merumuskan pertanyaan atau hipotesis yang berkaitan dengan pengamatan atau demonstrasi, menghasilkan pertanyaan-pertanyaan yang sangat sederhana atau tumpul (Passmore & Svoboda, 2012; Eshach *et al.*, 2014); (3) aktivitas pebelajar mengajukan pertanyaan rendah (Suryanti, 2012) dan (4) terjadi fenomena seiring dengan bertambahnya tingkat pendidikan banyak siswa jarang mengajukan pertanyaan, bahkan telah berhenti bertanya (Kaberman & Dori, 2008). Hasil studi yang dilakukan oleh Santoso (2014) menemukan bahwa kemampuan mahasiswa dalam merumuskan pertanyaan berada pada level rendah, yaitu pertanyaan hafalan 73%, pemahaman 18% dan aplikasi 9%.

Menurut Thoms (1999) dan Browne & Keeley (2012) permasalahan tersebut di atas semestinya tidak akan muncul karena bertanya merupakan karakter alami yang dimiliki oleh setiap pebelajar, dan pebelajar tersebut dapat

mengembangkan keterampilan bertanya, tetapi mereka tidak dapat mengembangkan sendiri untuk menghasilkan pertanyaan kritis secara otomatis. Oleh karena itu, perlu upaya dari pendidik untuk membantu siswa belajar bertanya kritis. Bentuk bantuan perlu dirancang bagaimana memfasilitasi siswa aktif mengajukan pertanyaan, sehingga menghasilkan pertanyaan kritis yang memicu rangkaian pertanyaan-pertanyaan lain. Akhirnya, rangkaian pertanyaan-pertanyaan tersebut akan mendorong pebelajar berpikir kritis sejak di awal sampai di akhir proses pembelajaran.

2. PEMBAHASAN

Merujuk langkah pertama pada pembelajaran inkuiri menurut NSES (NRC, 2000; BSCS, 2005; Bybee, 2006), atau langkah 1 dan 2 (Kauchak & Eggen, 2012), atau langkah ketiga (Arends, 2012) menunjukkan aktivitas keterlibatan siswa bertanya. Langkah tersebut semestinya memberikan gambaran bagaimana mendorong aktivitas siswa produktif membuat pertanyaan, mempertanyakan atas pertanyaan, memilih dan menetapkan pertanyaan sehingga menghasilkan pertanyaan kritis. Selanjutnya, aktivitas pebelajar pada langkah 2 sampai dengan 5 menurut NSES (NRC, 2000; BSCS, 2005; Bybee, 2006), atau langkah 3 sampai dengan 6 (Kauchak & Eggen, 2012), atau 4 sampai dengan 6 (Arends, 2012), merupakan kegiatan untuk menjawab pertanyaan langkah sebelumnya. Pada langkah ini seharusnya memberi gambaran berbagi (*sharing*) tanggung jawab dengan cara saling bertanya dan menjawab agar memicu pemikiran kritis dalam pencarian bukti, penjelasan, evaluasi penjelasan dan justifikasi sebagaimana yang dikehendaki oleh kegiatan epistemik ilmiah sains.

Pebelajar dapat mengembangkan bertanya dan berpikir kritis, tetapi tidak dapat mengembangkan sendiri secara otomatis dan cepat. Keterampilan ini perlu dikembangkan dengan upaya dari pendidik untuk membantu siswa belajar bertanya dan berpikir kritis (Thoms, 1999).

Upaya bantuan untuk mendorong siswa terampil bertanya dan berpikir kritis dapat dilakukan berdasarkan pada gagasan Vygotsky tentang zona perkembangan proksimal (*zone of proximal development*, ZPD) (Schunk, 2012), dan metakognisi tentang perancahan (*Scaffolding*) (Wood, Bruner & Ross, 1976 dalam Schunk, 2012). Teori ZPD, kesalingterhubungan dengan orang lain memberi peran kepada pengaturan diri dan aktivitas mengkonstruksi pengetahuan. Demikian juga dalam bertanya dan berpikir kritis tidak bisa dilakukan seorang diri melainkan perlu melibatkan orang lain (Browne & Keeley, 2012). Orang lain dijadikan sebagai sumber dan mitra untuk mengelaborasi informasi, data, fakta dan opini melalui tanya jawab agar mencapai kesimpulan. Dengan demikian, teori konstruktivis mendukung siswa membuat pertanyaan sendiri dan mengajukan pertanyaan ke teman dan guru.

Perancah merupakan usaha untuk menjembatani kesenjangan antara kemampuan peserta didik saat ini (perkembangan aktual) dan sasaran yang ingin dicapai (potensi pengembangan) (Yu, Tsai, & Wu, 2013). Ada tiga jenis perancah yang dapat digunakan sebagai pengarah untuk mengajukan pertanyaan, yaitu prosedural (produktif), elaboratif, dan reflektif (Ge & Land, 2004). Perancah produktif adalah membimbing peserta didik untuk menyelesaikan tugas-tugas tertentu, mengidentifikasi dan menganalisis fitur penting, serta membantu peserta didik memanfaatkan alat dan sumber daya yang tersedia. Perancah Elaborasi adalah membantu peserta didik untuk mengartikulasikan pikiran mereka, mengkonstruksi penjelasan, membuat pembenaran, dan melakukan penalaran dengan menggunakan pertanyaan-pertanyaan pemicu. Perancah reflektif adalah membantu peserta didik merefleksi dan mendorong mereka untuk memonitor dirinya selama proses berlangsung atau setelah proses belajar. Bertanya reflektif akan memicu pemikiran pebelajar memu-

satkan pikiran untuk berdialog dengan diri mereka sendiri tentang apa yang mereka lakukan (Zippay dalam Ibrahim *et al.*, 2012). Praktek merefleksi diri termasuk aktivitas berpikir kritis dimana terjadi proses pemikiran yang cermat dan mendalam terhadap semua tindakan yang dilakukan baik yang direncanakan atau tidak (Kauchak & Eggen, 2012).

Gagasan ZPD dan perancah dapat ditafsirkan bahwa agar pebelajar terpacu berpikir kritis sebaiknya diberikan tugas-tugas yang rumit, sulit dan realitis kemudian pebelajar diberi cukup bantuan berupa panduan perancah pertanyaan yang mengarahkan untuk penyelesaian tugas-tugas belajar. Dengan panduan perancah pertanyaan tersebut, pebelajar merumuskan dan mengajukan pertanyaan secara mandiri. Hal ini penting dilakukan karena efek mengajukan pertanyaan sendiri akan menimbulkan respon penalaran menjadi aktif atau konflik kognitif (Wiley & Voss dalam Chin & Osborne, 2010). Munculnya konflik kognitif dapat memicu pertanyaan kritis (Choi, Land, & Turgeon, 2005).

Pembentukan pengetahuan yang bermakna memerlukan seperangkat keterampilan dan sikap yang perlu dibangun di atas rangkaian mengajukan pertanyaan kritis dan saling terpaut (Browne & Keeley, 2012). Keterampilan dan sikap yang dimaksud adalah: (1) pengetahuan akan serangkaian pertanyaan kritis yang saling terkait, (2) kemampuan melontarkan pertanyaan kritis pada saat yang tepat, dan (3) kemauan untuk menggunakan pertanyaan kritis tersebut secara aktif (Browne & Keeley, 2012). Tiga dimensi tersebut berkaitan erat dengan belajar meregulasi diri (*self-regulated learning*) yang dilandasi oleh kemampuan metakognisi pebelajar (Schraw *et al.*, 2006; Kauchak & Eggen, 2012).

Peran metakognisi dalam mengajukan pertanyaan adalah pada proses pengaturan kognitif seseorang dalam hal merencanakan, monitoring, memprediksi, mengevaluasi dan merevisi (Schunk, 2012;

Yu, Tsai, & Wu, 2013). Siswa yang mengajukan pertanyaan akan menyadari keadaan pengetahuan dan kompetensi mereka sendiri sehingga mendorong siswa menjadi lebih aktif secara intelektual untuk terlibat dalam proses pembelajaran (Kaberman & Dori, 2009). Kesadaran akan keadaan pengetahuan dan kompetensi mereka sendiri mencakup juga kesadaran pada adanya kesenjangan antara pengetahuan saat ini yang dimiliki dan sasaran yang ingin dicapai (Belland, Kim, & Hannafin, 2013). Konsep metakognisi yang memfokuskan kajian untuk menjembatani kesenjangan antara kemampuan peserta didik saat ini dan sasaran yang ingin dicapai disebut perancah (*scaffolding*) (Yu, Tsai, & Wu, 2013).

Berdasarkan uraian kajian tersebut di atas, dengan mempertimbangkan inkuiri sebagai strategi pengajaran perlu menangkap semangat penyelidikan dan pengembangan pengetahuan alam semesta yang mencerminkan kegiatan mempertanyakan pada setiap aktifitas (epistemik ilmiah sains) (Carin, 1993; Kelly & Finlayson, 2007), maka fokus aktivitas mempertanyakan pada setiap langkah pembelajaran inkuiri dapat diterapkan strategi pembelajaran dengan fase: orientasi pertanyaan (OP), elaborasi pertanyaan untuk penjelasan (E), refleksi pertanyaan untuk membuat kesimpulan (R), yang secara umum disingkat menjadi “OPER” seperti yang disajikan pada Tabel 1. Pengembangan fase pembelajaran inkuiri mengacu pada perancah bertanya produktif, elaboratif dan reflektif (Ge & Land, 2004). Pengembangan ini bertujuan untuk menekankan aktivitas epistemik ilmiah sains, yaitu kegiatan mempertanyakan usulan (pertanyaan/ hipotesis), penjelasan, evaluasi, pembena-ran, dan pembentukan pengetahuan. Keterampilan tersebut merupakan kete-rampilan berpikir kritis (Ennis, 1996; Tsui dalam Tapper, 2004; Facione, 2011).

Tabel 1 Fase Strategi OPER

Pengembangan strategi “OPER” dilandasi oleh beberapa teori. (1) Teori konstruktivisme interaksi personal, bahwa individu aktif membangun dan mengembangkan pengetahuannya melalui interaksi dengan alam disekitarnya (Steffe dalam Yu, Tsai, & Wu, 2013), pembentukan dan pengembangan representasi & struktur pengetahuan internal siswa dilakukan melalui interaksi personal dengan mengajukan pertanyaan sendiri (*self questioning*) (Piaget dalam Schunk, 2012), pengajuan pertanyaan dapat menimbulkan tantangan atau konflik kognitif (Wiley & Voss, 1999 dalam Chin & Osborne, 2010) dan memicu pertanyaan kritis (Choi, Land, & Turgeon, 2005). (2) Teori Vygotsky konstruktivisme interaksi sosial khusus-nya teori ZPD bahwa kesaling-terhubungan dengan orang lain memberi peran kepada pengaturan diri dan aktivitas pembentukan pengetahuan (Schunk, 2012), bertanya kritis tidak bisa dilakukan seorang diri melainkan perlu melibatkan orang lain (Browne & Keeley, 2012). (3) Teori kognitif Bruner, siswa belajar sebaiknya diberikan kesempatan untuk menemukan aturan (definisi, konsep, teori) melalui berinteraksi dengan lingkungan (Koes, 2003). (4) Teori metakognisi bahwa proses belajar terbaik jika siswa bertindak sebagai agen aktif pengolah konten, bersikap tanggung jawab, dan mengontrol atas proses belajar mereka sendiri (Pang & Ross, 2010), berpikir kritis dan penyelidikan didasarkan pada kesadaran dan kemampuan pebelajar untuk mengambil tanggung jawab, mengontrol dan mengkonfirmasi makna pengetahuan (Akyol & Garrison, 2011).

No	Fase Model BKBI	Deskripsi
1	Orientasi produksi pertanyaan	a. Merespon stimulus dan bertanya pada dirinya sendiri. b. Mempertanyakan pertanyaan sesama teman (<i>peer questioning</i>). c. Memilih dan menetapkan pertanyaan
2	Elaborasi deskripsi bukti dengan mempertanyakannya	a. Membuat pertanyaan deskripsi bukti b. Mencari bukti melalui studi pustaka, observasi atau eksperimen c. Mempertanyakan bukti d. Menetapkan bukti
3	Elaborasi analisis penjelasan dengan mempertanyakannya	a. Membuat pertanyaan analisis penjelasan b. Merumuskan penjelasan c. Mempertanyakan rumusan penjelasan d. Menetapkan rumusan penjelasan
4	Elaborasi evaluasi penjelasan dengan mempertanyakannya	a. Membuat pertanyaan evaluasi penjelasan b. Membuat penjelasan alternatif c. Mempertanyakan penjelasan alternatif d. Menetapkan penjelasan alternatif
5	Menyimpulkan dan mengkomunikasikan melalui bertanya reflektif	a. Membuat pertanyaan reflektif b. Merumuskan implikasi, solusi, kesimpulan dan rekomendasi c. Mempertanyakan rumusan implikasi, solusi, kesimpulan dan rekomendasi d. Menetapkan implikasi, solusi, kesimpulan dan rekomendasi

2. Sistem Sosial

Norma pembelajaran dalam strategi “OPER” bersifat demokratis dicirikan oleh peran siswa secara aktif dan kerjasama. Strategi pembelajaran ini menekankan individu membangun pengetahuan secara aktif melalui interaksi personal dan sosial sesuai dengan teori konstruktivisme personal Piaget dan interaksi sosial Vygotsky. Konstruksi pengetahuan oleh pembelajar akan berlangsung efektif apabila terjadi

aktivitas berbagi pengalaman dengan siswa lainnya (Slavin, 2008; Woolfolk, 2009). Pengajar dan pembelajar memiliki status yang sama dihadapan masalah/materi ajar dengan peranan yang berbeda. Iklim kelas ditandai dengan proses interaksi yang bersifat kolaboratif.

3. Prinsip Kegiatan

Prinsip pengelolaan kegiatan dalam penerapan strategi “OPER”, pendidik berperan sebagai fasilitator, konselor,

konsultan, dan pemberi kritik yang bersahabat (Joyce *et al.*, 2009). Dalam kerangka ini pendidik membimbing melalui:

- a) pemecahan masalah atau level tugas berkenaan dengan proses menjawab pertanyaan, apa yang menjadi hakikat masalah, dan apa saja faktor yang terlibat;
- b) pengelolaan kelas berkaitan dengan informasi apa saja yang diperlukan saat ini, bagaimana mengorganisasikan kelompok untuk mencapai informasi itu;
- c) pemaknaan secara perseorangan berkenaan dengan proses pengkajian bagaimana kelompok menghayati kesimpulan yang dibuatnya, dan apa yang membedakan seseorang sebagai hasil dari mengikuti proses pembuatan kesimpulan kelompok.

4. Sistem Pendukung

Penerapan strategi “OPER” memerlukan sumber belajar yang memadai, seperti buku ajar, *hand out*, lembar kerja siswa/mahasiswa (LKS/LKM) dan sumber informasi lainnya. Selain itu, strategi ini memerlukan dukungan peralatan dan bahan-bahan kimia untuk melaksanakan demonstrasi/praktikum serta media pembelajaran lain, seperti *molymod*, poster dan lain-lain.

5. Dampak Instruksional dan Penggiring

Dampak instruksional bagi pebelajar berupa pencapaian kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan kritis, serta kepemilikan karakter pemikir kritis. Dampak penggiring, di antaranya: menghormati pendapat orang lain dan komitmen terhadap keanekaragaman, kebebasan sebagai pebelajar, kehangatan dan keterikatan antar pebelajar, semangat kritis, kemandirian dalam belajar, toleran terhadap ketidakpastian dan kemampuannya untuk mengkritisi permasalahan yang berkaitan dengan aplikasi kimia dalam kehidupan sehari-hari.

3. KESIMPULAN

Pebelajar mempunyai potensi untuk mengembangkan bertanya dan berpikir kritisnya, tetapi mereka tidak dapat mengembangkan sendiri secara otomatis dan cepat. Oleh karena itu, keterampilan ini perlu dikembangkan dengan upaya bantuan dari pendidik untuk memfasilitasi siswa belajar bertanya dan berpikir kritis. Salah satu strategi yang dapat digunakan adalah strategi “OPER” yang bertujuan untuk menekankan aktivitas epistemik ilmiah sains dalam pembelajaran. Ciri epistemik ilmiah sains yaitu adanya kegiatan mempertanyakan usulan (pertanyaan/hipotesis), penjelasan, evaluasi, pembenaran, dan pembentukan pengetahuan. Kegiatan mempertanyakan tersebut merupakan keterampilan bertanya kritis.

Strategi “OPER” dirancang berdasarkan atas temuan-temuan pada studi pustaka dan lapangan. Aktivitas mempertanyakan dalam strategi pembelajaran ini diawali dengan:

- a) Orientasi produksi pertanyaan, bertujuan menyiapkan pebelajar secara fisik dan mental untuk belajar, merangsang siswa berpikir melalui bertanya, dan memastikan akan terjadi belajar bermakna yang terlihat dari pertanyaan – peranyaan yang dirumuskan siswa,
- b) Elaborasi deskripsi bukti dengan mempertanyakannya, bertujuan melatih bertanya dan menjawab untuk menggali informasi dan latarbelakang suatu bukti sesuai dengan konteks-tualisasi masalah / topik,
- c) Elaborasi analisis penjelasan dengan mempertanyakannya, bertujuan melatih bertanya dan menjawab melalui eksplorasi hubungan bagian kepada keseluruhan terhadap bukti untuk merumuskan penjelasan secara mandiri dan diskusi,
- d) Elaborasi evaluasi penjelasan dengan mempertanyakannya, bertujuan melatih bertanya dan menjawab penjelasan dan tanggapan alternatif,
- e) Menyimpulkan dan mengkomunikasikan melalui bertanya reflektif, bertujuan melatih bertanya dan menjawab implikasi, solusi, kesimpulan dan rekomendasi; serta

melatih menginter-nalisasi agar menumbuhkan pemikiran yang cermat dan mendalam terhadap semua tindakan yang dilakukan baik yang direncanakan atau tidak.

4. REFERENSI

- Akyol, Z., & Garrison, D. R. (2011). Assessing metacognition in an online community of inquiry . *Internet and Higher Education* , Vol. 14, pp. 183-190.
- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teaching*. New York: Mc Graw Hill.
- Belland, B. R., Kim, C. M., & Hannafin, M. J. (2013). A Framework for Designing Scaffolds That Improve Motivation and Cognition . *EDUCATIONAL PSYCHOLOGIST*, Vol. 48, No. 4, 243–270.
- Browne, M., & Keeley, S. M. (2012). *Asking the Right Question: A Guide to Critical Thinking*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- BSCS. (2005). *Doing Science: The Process of Scientific Inquiry*. New York: National Institutes of Health.
- Bybee, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Scientific Teaching. Dalam L. Flic, & N. Lederman, *Scientific Inquiry and Nature of Science* (hal. pp. 1-14). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Carin, A. A. (1993). *Teaching Science Through Discovery*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Students' Questions and Discursive Interaction: Their Impact on Argumentation During Collaborative Group Discussions in Science . *Journal of Research in Science Teaching* , vol. 47, no. 7, pp. 883 – 908.
- Chin, C., & Osborne, J. (2010). Supporting Argumentation Through Students' Questions: Case Studies in Science Classrooms . *The Journal of The Learning Sciences*, Vol. 19, pp. 230–284.
- Choi, I., Land, S. M., & Turgeon, A. J. (2005). Scaffolding peer-questioning strategies to facilitate metacognition during online small group discussion. *Instructional Science* , Vol. 33, pp. 483–511.
- Dori, Y.J., & Herscovitz, O. (2005). "Case-based Long term professional development of science teachers". *International Journal of Science Education*, Vol.27 No.12, pp. 1413-1446.
- Ennis, R. H. (1996). *Critical Thinking*. London: Prentice-Hall, Inc.
- Eshach, H., Zideman, Y. D., & Yefroimsky, Y. (2014). Question Asking in the Science Classroom: Teacher Attitudes and Practices. *Journal Science Education Technology*, Vol. 23, pp. 67-81.
- Facione, P. A. (2011). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts*. Millbrae, CA: Insight Assessment, Measured Reasons and The California Academic Press.
- Flick, L., & Lederman, N. (2006). *Scientific Inquiry and Nature of Science*. Chicago: Kluwer Acadmic Publishers.
- Ge, X., & Land, S. M. (2004). A conceptual framework for scaffolding ill-structured problem-solving processes using question prompts and peer interactions. . *Educational Research Technology and Development* , Vol. 52, No.2, pp. 1042-1629.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Mamlok, N. R. (2005). Developing Students' Ability to Ask More and Better Questions Resulting from Inquiry-Type Chemistry Laboratories. *Journal of Research In Science Teaching*, Vol. 42, NO. 7, pp. 791 – 806.
- Ibrahim, N. H., Surif, J., Yusof Arshad, M., & Mokhtar, M. (2012). Self Reflection Focusing on Pedagogical Content Knowledge. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* , Vol. 56, pp. 474 – 482.
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun, E. (2009). *Models of Teaching*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Kaberman, Z., & Dori, Y. J. (2008). "Metacognition in chemical Education: question posing in the case-based computerized learning environment". *Springer Science & Business Media B.V*, Accepted 19 March 2008.
- Kaberman, Z., & Dori, Y. J. (2009). Question Posing, Inquiry, And Modeling Skills Of Chemistry Students In The Case-Based Computerized Laboratory Environment. *International Journal Of Science And Mathematics Education*, vol. 7, pp. 597-625.
- Katchevich, D., & Hofstein, A. (2013). Argumentation in the chemistry

- laboratory :Inquiry and confirmatory experiment. *International Journal of Science Education*, vol. 13, pp. 317-345.
- Kauchak, D., & Eggen, P. (2012). *Learning and Teaching Research-Based Methods*. Boston: Pearson Education, Inc.
- Kelly, O., & Finlayson, O. (2007). Providing Solutions through Problem-based Learning for Undergraduates first year Chemistry Laboratory. *Chemistry Education Research and Practice*, Vol. 8 No. 3, pp. 347-361.
- Koes, S. (2003). *Strategi Pembelajaran Kimia*. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang.
- Liliasari. (2003). Peningkatan Mutu Guru Dalam Keterampilan Berpikir Tingkat Tinggi Melalui Model Pembelajaran Kapita Selekta Kimia Sekolah Lanjutan. *Jurnal Pendidikan Matematika dan Sains*, Edisi 3 Tahun VIII, 174-181.
- Liliasari. (2011, January 30). *Berpikir Kritis Dalam Pembelajaran Sains Kimia Menuju Profesionalitas Guru*. Bandung: Program Studi Pendidikan IPA, Sekolah Pascasarjana UPI.
- National reasearch Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A guide for Teaching and learning*. Washington D.C: National Academy Press.
- National Research Council. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century. Committee on Defining Deeper Learning and 21st Century Skills, J.W. Pellegrino and M.L. Hilton, Editors*. Washington, DC:
- Pang, K., & Ross, C. (2010). Assessing the Integration of Embedded Metacognitive Strategies in College Subjects for Improved Learning Outcomes: A New Model of Learning Activity . *The Journal of Effective Teaching*, Vol. 10, No. 1, pp. 79-97.
- Passmore, C. M., & Svoboda, J. (2012). Exploring Opportunities for Argumentation in Modelling Classrooms. *International Journal of Science Education*, Vol. 34, No. 10, pp. 1535-1554.
- Permendikbud. (2013). *Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 65 Tahun 2013 tentang Standar Proses Pendidikan Dasar dan Menengah*. Jakarta: Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan.
- Santoso, T. (2014). Pembelajaran Penalaran Argumen Berbasis Peta Konsep Untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep Kimia. *Seminar Nasional Kimia 2014, Peningkatan Sumber Daya Manusia dan Sumber Daya Alam Dalam Pendidikan Kimia dan Kimia untuk Kemandirian Bangsa* (hal. 134-143). Surabaya: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive Theories . *Educational Psychology Review* , Vol. 7, No. 4, pp. 351–371.
- Schraw, G., Crippen, K. J., & Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective in learning. *Research in Science Education*, Vol. 36, pp. 111-139.
- Schunk, D. H. (2012). *Learning theories an educational perspective*. Singapura: Pearson Education, Inc.
- Slavin, R. E. (2008). *Psikologi Pendidikan : Teori dan Praktek (Terjemahan Samosir, M dkk: Educational Psycology: Theory & Pratices)*, Edisi 8. Jakarta: PT Indeks.
- Suryanti. (2012). *Model Pembelajaran untuk Mengajarkan Keterampilan Mengambil Keputusan dan Penguasaan Konsep IPA bagi Siswa Sekolah Dasar*. Surabaya: Disertasi tidak dipublikasikan, Pasca Sarjana Universita Negeri Surabaya.
- Tapper, J. (2004). Student perceptions of how critical thinking is embedded in a degree program. *Higher Education Research & Development.*, Vol. 23, No.2, pp.199-222.
- Thoms, K. J.-9. (1999). Critical Thinking Requires Critical Questioning . *Essays on Teaching Excellence Toward the Best in the Academy* , Volume 10, Number3.
- Woolfolk, A. (2009). *Educational Psychology*. Boston: Allyn & Bacon.
- Yu, F. Y., Tsai, H. C., & Wu, H. L. (2013). Effects of online procedural scaffolds and the timing of scaffolding provision on elementary Taiwanese students' question-generation in a science class. *Australasian Journal of Educational Technology*, Vol. 29, No. 3, pp. 416-433.

Yu, F.-Y., & Wu, C.-P. (2012). Student Question-Generation: The Learning Processes Involved and Their

Relationships with Students' Perceived Value. *Journal of Research in Education Sciences* , Vol. 57, No.4, 135-162.

ANALISIS KESALAHAN SISWA DALAM MEMAHAMI KONSEP LARUTAN BUFFER PADA TINGKAT MAKROSKOPIS DAN MIKROSKOPIS

Mangara Sihaloho¹⁾

¹⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui (1) kesalahan siswa dalam memahami konsep larutan buffer pada tingkat makroskopis dan mikroskopis. (2) pola-pola gambaran mikroskopik larutan buffer oleh siswa. Rancangan penelitian adalah rancangan deskriptif. Subyek adalah siswa kelas XII IPA SMA Negeri Kota Gorontalo tahun pelajaran 2012/2013. Objek penelitian adalah siswa SMAN 1, SMAN 2, SMAN 3, dan SMAN 4 Gorontalo. Masing-masing sekolah diambil 2 kelas. Data diperoleh melalui tes gambaran mikroskopis, berupa tes tertulis dalam bentuk uraian objektif. Data dianalisis dengan persentase. Dari hasil analisis diidentifikasi bentuk-bentuk kesalahan pemahaman siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar siswa mengalami kesalahan dalam memahami konsep larutan buffer. Pola gambaran mikroskopis yang salah adanya (a) campuran hasil reaksi larutan buffer dari asam lemah dan garamnya tidak mengalami ionisasi menjadi ion-ionnya. (b.) campuran hasil reaksi dari basa lemah dan garamnya tidak mengalami ionisasi dalam larutan yang terbentuk. (c) hasil larutan yang terbentuk dalam larutan buffer asam lemahnya mengalami ionsasi sempurna dan garam tidak terionisasi. Bertolak dari hasil penelitian ini maka untuk meningkatkan kemampuan siswa dalam memahami konsep pada tingkat mikroskopik hendaknya menggunakan model gambaran mikroskopik dalam pembelajaran.

Kata kunci: Kesalahan siswa, memahami konsep, makroskopis, mikroskopis

PENDAHULUAN

Konsep kimia dalam ilmu kimia dapat ditinjau dari dua aspek yaitu konsep yang bersifat makroskopis dan mikroskopis. Konsep mikroskopis adalah konsep yang ditetapkan oleh para pakar dan digunakan untuk menjelaskan suatu objek seperti atom, ion, molekul, orbital atau peristiwa abstrak seperti ionisasi garam dalam air, konsep asam lemah dan garamnya pada materi larutan buffer. Konsep yang bersifat mikroskopis cenderung lebih sulit dipahami dibandingkan dengan konsep makroskopis. Untuk dapat memahami suatu konsep dengan utuh, kita harus mengenal konsep tersebut baik dari tingkat makroskopis maupun mikroskopisnya. Nakhleh (1994:343) mengemukakan bahwa kesulitan siswa dalam memahami konsep mikroskopis dapat menimbulkan pemahaman yang salah, yang

mana apabila pemahaman yang salah ini berlangsung secara konsisten akan menimbulkan terjadinya salah konsep.

Penelitian yang berkaitan dengan kesulitan siswa dalam memahami konsep mikroskopik yang telah dilakukan adalah sebagai berikut. Maskil & Helena (1977: 101) mengemukakan bahwa siswa kesulitan memahami konsep partikel pada tingkat mikroskopis. Siswa maupun guru kesulitan memahami tentang proses yang diperlukan untuk memberikan gambaran mikroskopik larutan elektrolit berkaitan dengan interaksi antara spesies-spesies yang terdapat dalam larutan (Sihaloho, 2001: 136). Kesalahan siswa dalam memahami konsep-konsep pada tingkat mikroskopis antara lain adalah keadaan partikel asam basa (Nakheh, 1994:495) elektrokimia (Huddle, Margaret &

Rogers, 2000:104). Penambahan konsentrasi pereaksi (SO_2) pada suhu tetap menyebabkan kesetimbangan bergeser ke arah kanan atau keproduk (SO_3), sehingga hanya konsentrasi SO_3 yang bertambah (Sihaloho, 2007 : 50)

Konsep Larutan Buffer merupakan salah satu materi esensial yang sebagian besar konsepnya bersifat abstrak. Pokok bahasan ini diajarkan pada siswa kelas XI semester 2. Keabstrakan konsep-konsep pada pokok bahasan ini sangat potensial dalam menimbulkan kesalahan konsep. Dengan memperhatikan hal ini, maka sangatlah perlu dilakukan penelitian tentang kesalahan siswa dalam memahami konsep-konsep larutan buffer pada tingkat makroskopis dan mikroskopis. Tujuan penelitian untuk mengetahui: (1) tingkat kesalahan siswa dalam memahami konsep larutan buffer ditinjau dari aspek makroskopis dan mikroskopis; (2) pola-pola kesalahan yang dimiliki oleh siswa dalam memahami konsep larutan buffer dari aspek makroskopis dan mikroskopis. Manfaat dari penelitian ini adalah: (1) untuk kepentingan teoritis, hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk melengkapi informasi tentang pemahaman konsep larutan buffer pada tingkat makroskopis yang dimiliki siswa. (2) untuk kepentingan praktis dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan bagi praktisi pendidikan dalam meningkatkan kualitas hasil pengajaran larutan buffer menggunakan gambaran mikroskopis.

Tabel 1.1 Persentase Siswa yang Memberikan Jawaban Benar Tentang Tes Konsep Larutan Buffer

No	Konsep	Aspek yang diteliti	No. Item	Persentase Siswa yang menjawab benar
1	Larutan Buffer Asam	a. Defenisi larutan buffer asam	1	55,06
		b. Identifikasi jenis larutan yang termasuk larutan buffer asam	2	36,56
		c. Identifikasi spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer asam dari HF dengan NaF	3	36,56
		d. Gambaran mikroskopik yang terbentuk	4	25,99
	Larutan Buffer Basa	a. Defenisi larutan buffer basa	5	44,05
		b. Identifikasi jenis larutan yang termasuk larutan buffer basa	6	48,90

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bertujuan untuk menguraikan atau mendeskripsikan peristiwa-peristiwa sebagaimana adanya. Rancangan yang digunakan adalah rancangan deskriptif. Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas XII SMA Negeri Kota Gorontalo tahun pelajaran 2011/2012. Dipilihnya siswa kelas XII sebagai subjek karena materi larutan buffer sudah mereka peroleh. Objek dalam penelitian ini masing-masing sekolah diambil 2 kelas, yang berjumlah 227 orang. Seminggu sebelum penelitian diberitahukan kepada siswa akan diadakan tes tentang materi larutan buffer.

Data penelitian ini dikumpulkan dengan tes gambaran makroskopik dan mikroskopis yang berupa tes tertulis yang berbentuk uraian objektif dan wawancara. Data dianalisis dengan persentase. Dari hasil analisis tersebut diidentifikasi bentuk bentuk kesalahan pemahaman siswa dalam memahami konsep larutan buffer. Wawancara diberikan pada sebagian siswa yang menunjukkan pemahaman tentang larutan buffer melalui gambaran mikroskopis dengan benar pada tes tertulis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian diperoleh persentase siswa yang memberikan jawaban benar tentang kesalahan siswa dalam memahami konsep larutan buffer diberikan pada Tabel 1.1

2		larutan buffer basa dari NH_3 dengan NH_4Br d. Gambaran mikroskopik yang terbentuk	7 8	22,90 14,53
3	Penambahan asam	a. Identifikasi spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer dari NH_3 dengan HCl b. Gambaran mikroskopik yang terbentuk	9 10	39,64 30,39
4	Penambahan basa	a. Identifikasi jenis larutan bufer yang terbentuk b. Identifikasi spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer asam dari HCN dan NaOH c. Gambaran mikroskopik yang terbentuk	11 12 13	16,74 14,53 17,18
5	Menentukan pH	a. Akibat penambahan sedikit air terhadap perubahan pH dan PKa b. menentukan pH c. menentukan pKa	14 15 16	15,86 25,11 9,69
Rata-rata				28,36

Keterangan: * Jumlah siswa SMA 1 Gto = 52 orang; SMA 2 Gto = 57 orang; SMA 3 Gto = 63 orang, SMA 4Gto = 57

Berdasarkan hasil penelitian deskripsi tingkat pemahaman siswa tentang materi larutan buffer adalah sebagai berikut.

Pemahaman tentang konsep larutan buffer asam dan larutan buffer basa.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar konsep tentang larutan buffer asam 55,06%, dan konsep larutan buffer basa 44,05%. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa tentang konsep larutan buffer termasuk dalam kategori rendah. Kemampuan siswa memahami konsep larutan buffer asam lebih tinggi dibandingkan memahami konsep larutan buffer asam. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan karena siswa tidak dapat membedakan antara konsep larutan bufer asam dan larutan buffer basa.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar tentang identifikasi jenis campuran yang termasuk larutan buffer asam sebanyak 36,36%, dan jenis campuran larutan buffer basa sebanyak 48,90. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa terhadap konsep ini termasuk kategori rendah.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar konsep tentang identifikasi spesies-spesies yang terbentuk dari hasil campuran larutan buffer asam dari dari HF dengan NaF sebanyak

38,56%, sedangkan dari hasil campuran larutan buffer asam dari dari NH_3 dengan NH_4Br 22,90. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa dalam dalam mengidentifikasi spesies-spesies zat yang terbentuk dalam larutan buffer asam rendah dan untuk larutan buffer basa sangat rendah.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar gambaran mikroskopis tentang spesies-spesies yang terbentuk dalam larutan bufer asam hasil campuran larutan HF dengan NaF sebanyak 23,00%, sedangkan spesies-spesies yang terbentuk dalam larutan buffer basa hasil campuran larutan NH_3 dengan NH_4Br sebanyak 14,53%. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa dalam memberikan gambaran mikroskopik larutan bufer asam maupun larutan buffer basa sangat rendah.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar tentang identifikasi jenis larutan bufer yang terbentuk campuran larutan 100 ml HCN 0,2 M ditambah 50 ml NaOH 0,2 M sebanyak 16,74 %. Fakta ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa dalam mengidentifikasi jenis larutan buffer sangat rendah.

Data pada Tabel 4.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar tentang identifikasi spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer NH_3 dengan

larutan HCl sebanyak 39,64%, sedangkan spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer HCN dan larutan NaOH sebanyak 14,53 %. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa dalam mengidentifikasi spesies-spesies yang terbentuk hasil campuran larutan buffer NH_3 dengan larutan HCl adalah rendah, hasil campuran larutan buffer HCN dan larutan NaOH termasuk kategori sangat rendah.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar gambaran mikroskopis tentang spesies-spesies yang terbentuk dalam larutan bufer dengan penambahan asam kuat, HCl sebanyak 30,39 %, sedangkan larutan buffer dengan basa kuat sebanyak 17,18 %. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa dalam memberikan gambaran mikroskopik larutan bufer dengan penambahan asam kuat adalah rendah, dan penambahan basa kuat terhadap larutan buffer sangat rendah.

Data pada Tabel 1.1 menunjukkan bahwa siswa yang menjawab benar pengaruh penambahan sedikit air terhadap larutan buffer sebanyak 15%, dalam menentukan pH dari suatu larutan buffer 25%, dan menentukan pKa dari suatu larutan bufer 9,69 %. Fakta ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman siswa dalam menentukan suatu pH, pKa termasuk kategori sangat rendah.

Pola Kesalahan siswa dalam memberikan gambaran mikroskopis tentang larutan buffer asam

Pola-pola kesalahan yang dimiliki oleh siswa dalam memahami konsep larutan buffer pada jurnal ini mewakili konsep larutan buffer asam dan larutan buffer basa.

Gambaran mikroskopis tentang larutan buffer asam

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Peserta Persentasenya

Berkaitan dengan defenisi larutan buffer asam.

Pada Tabel 1.1 tampak bawa sebanyak 55,06 menjawab benar bahwa larutan buffer asam adalah campuran asam lemah dan garamnya. Pada 18,52% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan bahwa larutan buffer asam merupakan campuran (a) asam lemah dan basa lemah 9,25%, (b) basa kuat dan garamnya 2,20%, (c) asam lemah dan basa kuat 5, 28, dan (d) basa kuat dan asam kuat 1,76%. Hal ini menunjukkan bahwa siswa dianggap tidak memahami bahwa larutan buffer asam merupakan campuran asam lemah dan garamnya atau campuran asam lemah dan basa konyugasinya. Sedangkan yang memberikan jawaban (d) memahami bahwa campuran basa kuat dan asam lemah merupakan reaksi netralisasi.dengan basa konyugasinya.

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Peserta Persentasenya Berkaitan dengan identifikasi jenis larutan buffer asam.

Pada Tabel 1.1 tampak bawa sebanyak 36,56 menjawab benar tentang identifikasi campuran larutan senyawa yang termasuk larutan buffer asam, yaitu CH_3COOH dan CH_3COONa . Pada 18,52% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan tentang yang termasuk jenis larutan buffer asam adalah (a) HCN dan NH_4OH 2,64%, (b) CH_3COOH dan NaOH 8,37%, (c) HCL dan NaCl 24,67% dan (d) NH_4Cl dan NaCl 2,64%. Dari jawaban ini siswa dianggap tidak memahami bahwa campuran dari asam lemah(CH_3COOH) dan basa konyugasinya (CH_3COONa) merupakan jenis larutan buffer asam. Hal ini dapat disebabkan bahwa siswa belum memahami konsep yang dimilikinya, akibatnya tidak dapat mengidentifikasi jenis larutan yang termasuk larutan buffer asam.

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Beserta Persentasenya Berkaitan dengan spesie-spesies larutan buffer asam yang terbentuk hasil campuran larutan HF dengan NaF

Pada Tabel 1.1 tampak bawa sebanyak 36,56 menjawab benar tentang bahwa spesies-spesies larutan buffer asam yang terbentuk hasil campuran larutan HF dengan NaF adalah a. HF, H⁺, Na⁺ dan F⁻ Pada 33,46% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan bahwa spesie-spesies larutan buffer asam yang terbentuk hasil campuran larutan HF dengan NaF adalah (a) NaF, H⁺ dan F⁻ 14,53%, (b) H⁺, F⁻ dan Na⁺ 10,13%, (c). HF, Na dan F⁻ 4,4%, dan (d) H F, NaF, H⁺ dan F⁻ 4,40%. Siswa yang menjawab (a) dan (b) tidak memahami bahwa NaF yang terbentuk dari campuran asam lemah dan basa konyagasinya terionisasi sempurna menjadi ion Na⁺ dan ion F⁻ dan HF mengalami ionisasi sebagian menjadi H⁺, F⁻, sehingga masih ada molekul HF tersisa dalam larutan. Sedangkan yang menjawab (d) sudah memahami bahwa NaF mengalami ionisasi sempurna dan HF tidak mengalami ionisasi.

Pola-pola Gambaran Mikroskopis Larutan Buffer asam Salah Berkaitan dengan spesie-spesies hasil campuran larutan HF dengan NaF yang terbentuk.

Pada Tabel 1.1 tampak bawa sebanyak 36,56 %, mengidentifikasi spesies-spesies larutan buffer asam yang terbentuk dalam larutan, hanya 25,99% siswa yang memberikan gambaran mikroskopis dengan benar. Pada 32,90% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan seperti pada Tabel 1.2

Siswa yang memberikan gambaran mikroskois (a), (b), (c) dan (d) belum memahami konsep larutan buffer asam secara utuh. Hal dapat terjadi karena mereka belum dapat menghubungkan antar konsep yang dimilikinya, sehingga tidak dapat

mengilustrasikan konsep yang dimilikinya dalam bentuk gambar.

Meskipun ada beberapa siswa yang menjawab benar konsep secara makroskopis dan mikroskopis, ternyata mereka tidak memahami sepenuhnya tahap-tahap tersebut. Dalam hal ini ada kemungkinan menjawab benar hanya karena menebak saja atau atau menghafal seperti yang terungkap pada hasil wawancara berikut:

P: Dalam tes tertulis anda menyatakan bahwa larutan buffer asam adalah merupakan campuran asam lemah dan garamnya. Apa alasan anda memilih jawaban tersebut.

J: Karena berdasarkan defenisi yang saya baca bahwa larutan buffer dinyatakan demikian. Sehingga apabila asam lemah dicampur dengan garamnya akan diperoleh larutan buffer asam.

P: Baik, Dapatkah anda memberikan contoh campuran yang termasuk asam lemah dan garamnya.

J: Contoh Asam lemah adalah CH₃COOH sedangkan sedangkan garamnya adalah CH₃COONa.

P : Baik, tes tertulis pada soal no 3 jika larutan HF ditambahkan dengan NaF akan terbentuk larutan buffer asam. Dapatkah anda menyebutkan spesies-spesies yang terbentuk dari hasil campuran l kedua larutan buffer tersebut?

J: Jika larutan HF ditambah dengan NaF hasil reaksinya adalah HF dengan NaF. Jadi spesies-spesies yang ada dalam larutan adalah HF, NaF.

P: Dalam tes tertulis anda menjawab bahwa spesies-spesies yang terbentuk dalam larutan adalah HF, H⁺, Na⁺ dan F⁻.

- Bagaimana pendapat kamu tentang hal tersebut?
- J: Tidak tau Pak saya hanya menebak saja Pak?*
- P: Baik pada soal no 4 gambaran mikroskopis larutan buffen dari hasil campuran larutan HF dengan NaF anda memilih gambar seperti pada jawaban a. Dapatkah anda mengemukakan alasannya ?*
- J: Begini Pak, karena pada soal no 3 saya memilih jawaban a maka saya pilih gambar yang mewakili spesies-spesies HF, H⁺, Na⁺ dan F⁻.*
- P : Baik. Gambar yang anda pilih benar, tetapi dapatkah memberikan alasan mengapa spesies- spesies itu yang diperoleh dalam larutan.*
- J : Tidak mengerti Pak? Soalnya belum pernah ada penjelasan seperti itu pada saat mempelajari materi larutan buffer.*
- P : Baik, Apakah anda pernah mempelajari tentang konsep ionisasi sempurna dan ionisasi sebagian? Menurut kamu apa arti dari kedua istilah tersebut.*
- J: Terionisasi sempurna artinya terurai semuanya, sedangkan terionisasi sebagian artinya terurai sebagian.*
- P: Baik, menurut kamu tadi bahwa senyawa HF merupakan contoh senyawa/zat asam lemah. Bila saya mengatakan apabila senyawa HF dilarutkan dalam air maka HF akan terionisasi sebagian dalam larutan. Menurut anda spesies-spesies apa yang terdapat dalam air ?*
- J: Spesies-spesies yang terdapat dalam air adalah H⁺ dan F⁻, karena terionisasi sebagian.*
- P: Baik, HCl merupakan contoh asam kuat, jika dilarutkan dalam air akan terionisasi sempurna menjadi ion-ionnya . Spesies-spesies apakah yang terdapat dalam larutan.*
- J: Spesies-spesies yang terdapat dalam larutan adalah H⁺ dan Cl⁻, karena HCl terurai menjadi ion-ionnya.*
- P: Tadi anda mengatakan bahwa senyawa HF dalam air terionisasi sebagian menjadi ion H⁺ dan F⁻, sedangkan zat HCl dalam air akan terionisasi sempurna menjadi ion-ion H⁺ dan Cl⁻, kalau begitu apa yang membedakan antara terionisasi sebagian dan ionisasi sempurna.*
- J : Oh....!, ya, benar Pak ! tapi saya juga tidak mengerti Pak ? Kalu begitu perbedaannya apa Pak ?*

Tabel 1.2 Pola-pola Gambaran Mikroskopis Larutan Buffer asam Salah Berkaitan dengan spesie-spesies hasil campuran larutan HF dengan NaF yang terbentuk.

Jawaban		Persentase
a	b	a. 5,72 b. 14,13
c.	d.	c. 18,94 d. 5,28

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Beserta Persentasenya Berkaitan dengan defenisi larutan buffer basa.

Pada Tabel 1.1 tampak bahwa sebanyak 44,08 menjawab benar bahwa larutan buffer basa adalah campuran basa lemah dan garamnya. Pada 24,22% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan bahwa larutan buffer basa adalah campuran (a) asam lemah dan basa lemah 3,08%), (b) asam lemah dan garamnya 4,84, (c) asam lemah dan basa kuat 10,13%, (d) basa kuat dan asam kuat Siswa yang menjawab (a), (b), (c) tidak memahami bahwa larutan buffer basa merupakan campuran basa lemah dan garamnya. Siswa

yang menjawab (d) tidak dapat memahami bahwa campuran larutan basa kuat dan asam kuat merupakan reaksi netralisasi.

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Beserta Persentasenya Berkaitan dengan identifikasi campuran larutan senyawa yang termasuk larutan buffer basa

Pada Tabel 1.1 tampak bahwa sebanyak 48,90 menjawab benar tentang identifikasi campuran larutan senyawa yang termasuk larutan buffer basa, yaitu larutan NH_3 dan NH_4Cl . Pada 31,06% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan tentang identifikasi campuran larutan senyawa yang

termasuk larutan buffer basa, yaitu a. HCN dan NH_4OH 1,76%, (b) CH_3COOH dan CH_3COONa 12,33%, (c). CH_3COOH dan NaOH dan (e) NH_4Cl dan NaCl Siswa yang memberikan jawaban (a), (b), (d) dan (e) tidak memahami bahwa campuran dari basa lemah (NH_3) dan basa konjugasinya (NH_4Cl) merupakan jenis larutan buffer basa. Tidak dapatnya siswa mengidentifikasi jenis larutan yang termasuk larutan buffer asam, karena belum memahami konsep yang dimilikinya. Hal ini mungkin terjadi karena siswa hanya menghafal konsep.

Pola-pola Jawaban Salah yang diberikan oleh Siswa Beserta Persentasenya Berkaitan

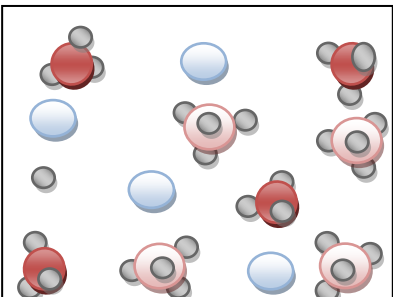
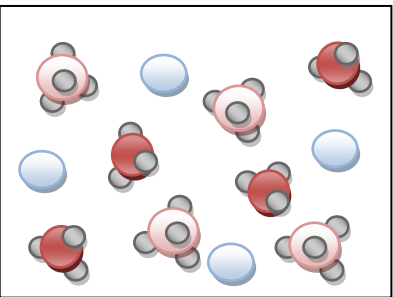
dengan spesie-spesies larutan buffer basa yang terbentuk hasil campuran larutan NH_3 dan NH_4Br

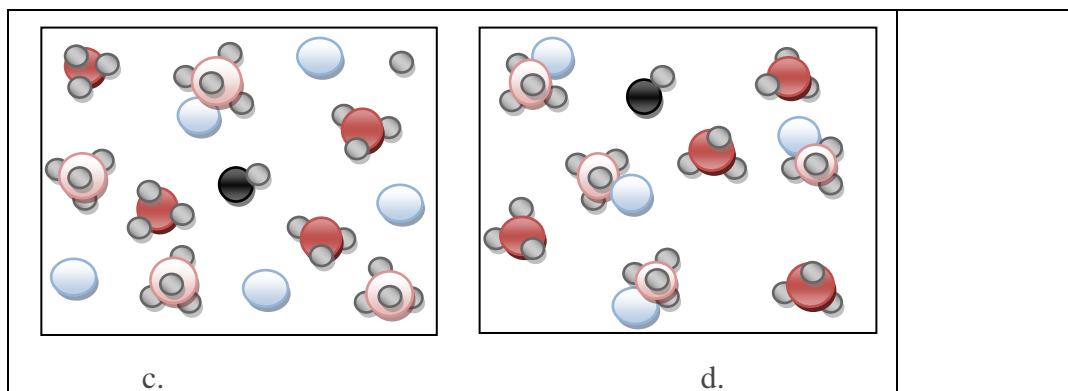
Tabel 1.1 tampak bawa sebanyak 22,90% menjawab benar bahwa spesie-spesies larutan buffer basa yang terbentuk hasil campuran larutan NH_3 dan NH_4Br

adalah NH_3 , NH_4^+ , Br^- dan OH^- . Pada 36,99% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan bahwa spesie-spesies larutan buffer basa yang terbentuk hasil campuran larutan NH_3 dan NH_4Br adalah (a) NH_3 , NH_4Br , Br^- , OH^- dan H^+ 12,33%, (b) NH_3 , NH_4Br , dan OH^- 10,53%, (c) NH_3 , NH_4^+ , Br^- dan H^+ 3,96%, dan (e) NH_3 , NH_4^+ dan Br^- 10,13%. Siswa yang menjawab (a) dan (b) tidak memahami bahwa NH_4Br yang terbentuk dari campuran basa lemah dan basa konjugasinya terionisasi sempurna menjadi ion NH_4^+ dan ion Br^- . Siswa menjawab (e) memahami bahwa NH_4Br mengalami ionisasi sempurna.

Pada Tabel 4.1 tampak bawa sebanyak 22,90% yang menjawab benar mengidentifikasi spesie-spesies larutan buffer yang terbentuk dalam air, hanya 14,53% siswa yang memberikan gambaran mikroskopis dengan benar. Pada 37,0% siswa yang menjawab salah diperoleh pola-pola kesalahan seperti pada Tabel 1.3

Tabel 1.3 Pola-pola Gambaran Mikroskopis Larutan Buffer asam Salah Berkaitan dengan spesie-spesies hasil campuran larutan NH_3 dengan NH_4Br yang terbentuk.

Jawaban		Persentase
a.	b.	a. 13,65 b. 10,57
		c. 10,57 d. 2,20



Siswa yang memberikan gambaran mikroskopis (a), (b), (c) dan (d), meskipun mereka benar dapat menentukan spesies-spesies larutan buffer yang terbentuk dalam larutan, mereka belum memahami konsep yang dimilikinya secara utuh.

Meskipun ada siswa yang menjawab benar secara makroskopis, akan tetapi mereka tidak sepenuhnya memahami konsep tersebut. Dalam hal ini adanya siswa yang menjawab benar hanya karena menebak saja seperti yang terungkap pada wawancara tersebut.

P: Dalam tes tertulis anda menyatakan bahwa larutan buffer basa adalah merupakan campuran basa lemah dan garamnya. Apa alasan anda memilih jawaban tersebut.

J: Saya membaca dibuku pengertian larutan bufferbasa dinyatakan demikian.

P: Pada tes tertulis Anda menjawab bila senyawa NH_3 dan NH_4Cl dicampurkan akan terbentuk jenis larutan buffer basa. Dapatkah menentukan manakah yang termasuk basa dan garamnya pada kedua senyawa tersebut.

J: Tidak tau Pak. Setahu saya NH_3 bukan basa karena tidak ada OH .

P: NH_4Cl termasuk garam atau basa?

J: Bingung Pak ?

P: Baik, Dapatkah anda memberikan contoh campuran yang termasuk basa lemah dan garamnya.

J: Misalnya HCN dan NaCl .

P: Baik, Pada tes tertulis jika NH_3 ditambahkan NH_4Br akan terbentuk larutan basa. Menurut Anda spesies-spesies apakah yang terdapat dalam larutan buffer basa?

J: Tidak tahu Pak?

P: Baik, tetapi pada tes tertulis anda menjawab spesies yang terbentuk adalah NH_3 , NH_4^+ , Br^- dan OH^- .

J: Saya hanya menebak saja Pak Guru?

P: Baik, Pada tes tertulis kamu memilih gambar pada soal No 8 bahwa spesies-spesies yang terbentuk dalam larutan buffer basa adalah jawaban (d). Dapatkah Anda mengemukakan alasannya?

J: Karena pada soal no 7 saya memilih spesies seperti NH_3 , NH_4^+ , Br^- dan OH^- , maka saya memilihnya sesuai dengan simbol yang ada pada keterangan gambar.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya dapat dikemukakan beberapa kesimpulan dari penelitian ini sebagai berikut.

Pemahaman tentang proses yang diperlukan untuk memberikan gambaran mikroskopik larutan buffer berkaitan dengan (a). pengertian larutan buffer termasuk dalam kategori rendah, (b) menentukan jenis larutan buffer, termasuk kategori rendah

(c) menentukan spesies-spesies larutan buffer yang terbentuk dalam larutan, termasuk kategori sangat rendah. Pemahaman siswa secara umum baik pada tingkat makroskopis dan tingkat mikroskopis termasuk dalam kategori rendah.

Pola kesalahan siswa dalam memberikan gambaran mikroskopis larutan buffer yang diberikan oleh siswa menunjukkan pemahaman mereka tentang :

(a) adanya campuran hasil reaksi larutan buffer dari asam lemah dan garamnya dalam larutan, NaF tidak mengalami ionisasi menjadi ion-ionnya dalam larutan yang terbentuk. Asam lemah, HF tidak terionisasi sama sekali dalam larutan. (b.) adanya campuran hasil reaksi larutan buffer dari basa lemah dan garamnya tidak mengalami ionisasi dalam larutan yang terbentuk. (c) adanya hasil larutan yang terbentuk dalam larutan buffer asam lemahnya mengalami ionisasi sempurna dan garam yang terbentuk tidak terionisasi.

Sumber penyebab ketidakmampuan sebagian besar siswa dalam memberikan gambaran mikroskopis tidak digunakannya gambaran mikroskopis dalam membahas larutan buffer atau materi lainnya dalam pembelajaran kimi di SMA.

SARAN

Karena tingginya kesalahan siswa dalam memahami konsep tentang materi larutan penyangga, baik pada tingkat makroskopis maupun mikroskopis, maka dalam mengajarkan konsep tersebut, hendaknya penggunaan model gambaran

mikroskopis untuk menjelaskan konsep yang abstrak dalam bentuk konkrit perlu diberikan. Meskipun ketidakmampuan siswa dalam memberikan gambaran mikroskopis tidak berdampak secara langsung pada pokok bahasan larutan buffer, penentuan pH, khususnya titrasi asam basa, akan tetapi rendahnya siswa yang mampu mengidentifikasi ionisasi sebagian dan ionisasi sempurna, mengidentifikasi spesies-spesies yang terdapat dalam larutan akan menyulitkan siswa dalam menentukan pH, dan titrasi asam basa. Untuk itu pemahaman siswa tentang larutan buffer perlu ditingkatkan dengan remedial dengan menggunakan model gambaran mikroskopis. Dalam penggambaran mikroskopis secara kuantitatif melakukan penyederhanaan yang signifikan. Agar tidak terjadi salah konsep akibat dari penyederhanaan ini, maka guru perlu memberikan penjelasan yang lebih bersifat kuantitatif proporsional, misalnya dengan menghubungkan antara pH dan pKa dengan proporsi spesies yang ada dalam bentuk terkait.

DAFTAR PUSTAKA

- Griffith, A.K. and Preston, K.R. 1992. "Grade 12- Students' Misconception Relating to Fundamental Characteristics of Atom and Molecules". *Journal of Research in Science Teaching*. 29 (6): 611-628.
- Good, R, Kromhout, R.A, & Mellon, E.K. 1979. Piaget's Work and Chemical Education. *Journal of Chemical Education*. 57 (7): 428-435.
- Huddle, P.A. 1996. "An In-Depth of Misconceptions in Stoichiometry and Chemical Equilibrium at a South African University". *Journal of Research in Science Teaching*. 33 (1): 65-77.
- Huddle, P.A. and White, M.D. 2000. "Using a Teaching Model to Correct Known

- Misconceptions in Electrochemistry". *Journal of Chemical Education*. 77 (1) : 104-110.
- Ibnu, S. 1989. *Kesalahan Konsep dan Konsekuensinya dalam Pengajaran IPA*. Kumpulan Karangan Ilmiah. Malang: IKA IKIP Malang.
- Kean, E. dan Midlecamp, C. 1985. *Panduan Belajar Kimia Dasar*. Jakarta: Gramedia.
- Keenan, C.W., Kleinfelter, D.C., dan Wood, J.H. 1989. *Kimia Untuk Universitas, Jilid I*. Terjemahan oleh Hadyana Pudjaatmaka. Jakarta: Erlangga
- Maskil, R & Helena, P.J. 1997. Asking Model Questions. *Education in Chemistry*, 132-143
- Nakhleh, 1994. Student Models Matter in The Context of Acit-Bace Chemistry. *Journal of Chemical Education*. 71 (6) : 495-499.
- Peterson, R.F., Treagust, D.F., & Garnet, P.J. 1986. "Identification of Secondary Students' Misconception of Covalent Bonding and Structure Concepts Using A Diagnostic Instrumen". *Journal of Research in Science Education*. 16: 40-48.
- Sadiman, A.S. 1986. *Media Pendidikan*. Jakarta: Rajawali.
- Russell, J.W. Kozma, R.B Jones, T., Wyskoff, Marx & Davit. J. 1997. Use of Simultaneous Synchroniced Mascroscopic, Microscopic and Symbolic Representations To Enhance the Teaching and Learning of Chemical Concepts. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 330-334
- Smith. K.J. & Metz. P.A. 1996. Evaluting Student Understanding of Solution Chemistry Trough Miscroscopic Representation. *Journal of Chemical Education*. 73 (3) : 233-235.
- Sihaloho, M. 2007. *Kajian Pemahaman Konsep Asam Basa Pada Tingkat makroskopis dan mikroskopis Mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo*. Laporan Penelitian Tidak di publikasikan. Gorontalo: UNG
- Sihaloho, M. 2007. *Kefektifan Pembelajaran Kimia dengan Pendekatan Makroskopis dan Mikroskopis Berbasis Makromedia dalam Meningkatkan Hasil Belajar Siswa SMAN di Gorontalo pada Konsep Pergeseran Kesetimbangan Kimia*. Gorontalo : UNG
- Osborne, R.J and Wittrok, M.C. 1985. Learning Science A. *Generative Process Science Education*, 64(4), 489-503.

PEMBUATAN REAGEN ALTERNATIF COD-REAKTOR UNTUK EFISIEN MANAJEMEN LABORATORIUM

Wiwin Rewini Kunusa¹⁾, Rina Gani¹⁾ Yusnar Lebie¹⁾ Roman Hippy¹⁾

¹Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo
Email: rewini-kunusa2014@gmail.com

Abstract

COD-reactor is a tool to indirectly measure organic compounds in water. COD-reactors in the entire laboratory reagents UNG has been run in a long time (1 year), so that the instrument is not used anymore, as a result of research and lab work is hampered, especially for students of chemistry, biology, pharmacy, agriculture, and public health. Reagents were to be purchased at a cost that is quite expensive and time ordering is very long because it must memesaan of companies in Singapore or Germany. Therefore, it is necessary to find an alternative reagents and made himself the use (concordance measurements) can match the reagent production company. The results of measurements of alternative reagents that have been made and tested (optimized) several times and the results matched with the results pengkuruan using pure reagents. The measurement results using alternative reagents 14,13 ppm and 5,20 ppm (1:2) while the standard reagent. The discovery of these reagents will be able to overcome the problems faced in laboratroiumwhouseCOD-reactor.

Keywords: COD Reactor.

1. PENDAHULUAN

Laboratorium Kimia UNG memiliki alat COD-Reaktor untuk analisis COD. Banyaknya sampel yang dianalisis baik dari dalam maupun pengguna luar laboratorium, maka ketersediaan stok reagen COD-Reaktor semakin berkurang. Akibatnya waktu pelaksanaan praktikum kimia instrument yang sudah dijadwalkan yang seharusnya dilaksanakan awal semester harus menambah waktu lagi. Kalaupun ada, biayanya sangat mahal dan pemesanannya harus di Singapura atau Jerman. Secara operasional biayanya masih bisa diusahakan akan tetapi menunggu waktu pemesanannya yang lama, tentunya menghambat efisiensi waktu penjadwalan praktikum mata kuliah lainnya terganggu. Disamping itu mahasiswa penelitian tugas akhir pun tidak dapat melanjutkan penelitiannya sehingga mempengaruhi target waktu penyelesaian studi. Kemudian biaya analisis COD untuk pengguna laboratorium dari luar pun mahal mengingat stok reagen yang terbatas. Dengan adanya reagen alternatif COD-Reaktor yang dibuat, maka pengembangan kinerja peralatan dan bahan kimia dilaboratorium terutama pengoperasian kembali alat COD-Reaktor tetap berjalan. Selain itu dapat membantu mahasiswa dalam menyelesaikan penelitian dengan tidak harus membeli lagi reagen tersebut mengingat harganya mahal dan waktu pemesanan lama. Membantu laboratorium lainnya yang memiliki

alat COD-Reaktor tetapi terkendala pada pengadaan reagen COD.

2. KAJIAN LITERATUR

Chemical Oxygen Demand (COD) atau Kebutuhan Oksigen Kimia (KOK) adalah jumlah oksigen (mg O_2) yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik yang ada dalam 1L sampel air, di mana pengoksidasi $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ digunakan sebagai sumber oksigen (*oxidizing agent*). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara alamiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis, dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air. Perak sulfat Ag_2SO_4 ditambahkan sebagai katalisat untuk mempercepat reaksi. sedang merkuri sulfat ditambahkan untuk menghilangkan gangguan klorida yang pada umumnya ada di dalam air buangan. Penambahan asam sulfamat dalam sampel dilakukan bila konsentrasi $\text{NO}_2\text{—N}$ sangat tinggi yaitu $> \pm 2 \text{ mg/l}$. 10 mg asam sulfamat/mg $\text{NO}_2\text{—N}$ ditambahkan baik dalam sampel/blanko.

Prinsip Analisa: Sebagian besar zat organik melalui tes COD ini dioksidasi oleh larutan $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ dalam keadaan asam yang mendidih

Keuntungan tes COD dibandingkan dengan tes BOD5. Analisa COD hanya memakan waktu kurang lebih 3 jam, sedangkan analisa BOD5 memerlukan 5 hari. Untuk menganalisa COD antara 50 sampel 800 mg/L, tidak dibutuhkan pengenceran sampel sedang pada umumnya analisa BOD selalu membutuhkan pengenceran. Ketelitian dan ketepatan (reproducibility) tes COD adalah 2 sampel 2 kali lebih tinggi dari tes BOD. Gangguan dari zat yang bersifat racun terhadap mikro-organism pada tes BOD, tidak menjadi soal pada tes COD

Gambar 1. Peralatan COD-Reaktor



3. METODE PENELITIAN

Pembuatan reagen asam sulfat: H_2SO_4 pekat yang telah ditambah $\pm 10 \text{ g Ag}_2\text{SO}_4$ per L asam. pelarutan garam Ag_2SO_4 ini membutuhkan waktu sampai 2 hari. Selanjutnya untuk menganalisa COD dalam contoh mula-mula menimbang mercury sulfat HgSO_4 (gr) ditambahkan 0,5mL $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,25N (mL) kemudian 1,5 mL Reagen asam sulfat ($\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{Ag}_2\text{SO}_4$). Warna larutan memberikan warna orange kehijauan. Kalium dikromat ini harus diketahui dengan pasti dan harus berlebihan sehingga setelah reaksi selesai masih ada kalium dikromat sisa yang dapat ditetapkan. Selanjutnya campuran contoh tersebut dipanaskan lebih dari 150°C selama selama 2 jam. Setelah itu didinginkan pada suhu kamar dan dibaca menggunakan spektrofotometer COD-Reaktor.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses implementasi pembuatan reagen COD untuk COD-Reaktor dengan melakukan optimasi penggunaan zat kimia dan menggunakan sampel laundry, suhu pemanasan 150°C selama 120 menit. Dilakukan optimasi penggunaan zat-zat kimia dengan variasi volume dan konsentrasi sehingga dapat memberikan hasil analisis yang sama dengan reagen prodak pabrik berdasarkan Tabel dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Pengukuran reagen COD alternatif yang dibandingkan dengan reagen produksi pabrik

Perlakuan	HgSO ₄ (gr)	K ₂ Cr ₂ O ₇ 0,25N (mL)	H ₂ SO ₄ pekat	Reagen asam sulfat (H ₂ SO ₄ + Ag ₂ SO ₄)	Sampel	Warna larutan	Hasil	
							Reagen *	Reagen Standar
Optimasi I	0,04	1	3 mL	-	2	Orange	3,71	10,13
Optimasi II	0,02	0,25	-	1,5 mL	2	Orange kehijauan	5,37	10,11
	0,1	0,25	-	1,5 mL	2	Orange kehijauan	6,17	
Optimasi III	0,04	0,5	-	1,5 mL	1	Orange kehijauan	9,97	5,20 (pengncran 1:2)
	0,1	0,5	-	1,5 mL	1	Orange kehijauan	9,65	
	0,2	0,5	-	1,5 mL	1	Orange kehijauan	9,60	
	0,4	0,5	-	1,5 mL	1	Orange kehijauan	14,13	

Catatan : Optimasi II menggunakan Ag₂SO₄ yang disintesis sendiri dengan cara penambahan Ag₂NO₃ + H₂SO₄ pekat Reagen * (Reagen Buatan sendiri)

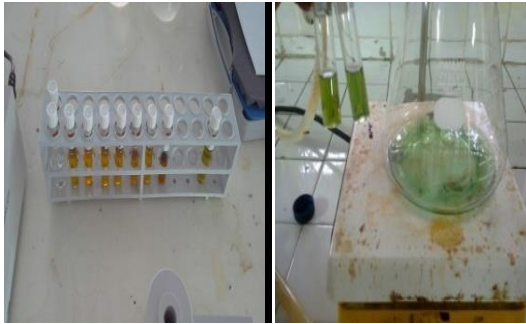
Berdasarkan Tabel di atas, dilakukan beberapa kali optimasi yang memberikan hasil analisis yang berbeda-beda yakni pada Optimasi I hanya digunakan H₂SO₄ dan tidak menggunakan reagen asam sulfat (H₂SO₄+ Ag₂SO₄) sebagai katalis dan asam sulfamat. Warna larutan yang dihasilkan adalah berwarna orange berbeda dengan warna reagen standar. Hasil pengukuran memberikan nilai 3,71 ppm untuk reagen alternatif dan untuk reagen standar memberikan hasil pengukuran 10,13 ppm. Optimasi II menggunakan reagen asam sulfat (H₂SO₄+ Ag₂SO₄) sebagai katalis dan tanpa asam sulfamat untuk menghindari gangguan nitrat, nitrit tetapi dilakukan variasi penggunaan HgSO₄(gr) yakni 0,02 dan 0,1 gr. Warna larutan yang dihasilkan adalah berwarna orange kehijauan agak mirip dengan warna reagen standar. Hasil pengukuran memberikan nilai 5,37 ppm dan 6,17 ppm untuk reagen alternatif dan untuk reagen standar memberikan hasil pengukuran 10,11 ppm. Optimasi III menggunakan reagen asam sulfat (H₂SO₄+ Ag₂SO₄) sebagai katalis dan tanpa asam sulfamat untuk menghindari gangguan nitrat,

nitrit. Dilakukan variasi penggunaan HgSO₄(gr) yakni 0,04 dan 0,1 0,2 dan 0,4 gr. Warna larutan yang dihasilkan adalah berwarna orange kehijauan agak mirip dengan warna reagen standar yang agak pekat. Hasil pengukuran memberikan nilai pembacaan tertinggi pada penggunaan 0,4 gr HgSO₄ yakni 14,13 ppm dan untuk reagen standar memberikan hasil pengukuran 5,20 (pengenceran 1:2) ppm. Pengembangan selanjutnya inovasi ini masih memerlukan waktu untuk optimasi penggunaan zat-zat kimia dengan variasi volume dan konsentrasi sehingga dapat memberikan hasil analisis yang sama dengan reagen prodak pabrik untuk analisis kadar COD dengan menggunakan COD-Reaktor. Ketelitian Penyimpangan baku antara laboratorium adalah 13 mg o₂/ℓ penyimpangan maksimum dari hasil analisa dalam suatu laboratorium sebesar 5% masih diperkenankan.

Gambar 1. Optimasi pembuatan reagen alternatif COD- Reaktor.

Optimasi I

Optimasi II



Optimasi II



5.KESIMPULAN

Memerlukan waktu untuk optimasi penggunaan zat-zat kimia dengan variasi volume dan konsentrasi sehingga dapat memberikan hasil analisis yang sama dengan reagen prodak pabrik. Menggunakan suhu pemanasan 150°C selama 120 menit. Hasil pengukuran memberikan nilai pembacaan tertinggi pada penggunaan 0,4 gr HgSO_4 yakni 14,13 ppm dan untuk reagen standar memberikan hasil pengukuran 5,20 (pengenceran 1:2} ppm

6. REFERENSI

1. Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater , APHA, AW-WA ,WPCF , 15 th ed , Washington, 1980
2. Pedoman pengamatan kualitas air, Dir. Penyelidikan Masalah Air, Departemen PU, Jakarta, 1981.

3. R.S. Ramalho, introduction to wastewater Treatment Processes, Academic Press, New York, 1977.

POTENSI NILAI BIOMASSA KARBON HUTAN MANGROVE DI WILAYAH PESISIR KWANDANG KABUPATEN GORONTALO UTARA

Dewi Wahyuni K. Baderan
Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
Email: dewibaderan14@gmail.com

Abstract

Hutan mangrove adalah salah satu sumberdaya alam yang merupakan tipe hutan yang khas terdapat di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut.. Hutan mangrove memiliki fungsi yang sangat penting sebagaimana hutan lainnya yaitu sebagai penyerap dan penyimpan karbon. Dimana karbon yang diserap tersebut disimpan dalam biomassa yaitu pada beberapa bagian tumbuhan seperti pada akar, batang, dan daun. Mangrove mampu menyerap sebagian karbon dalam bentuk CO₂ yang dimanfaatkan untuk proses fotosintesis, sedangkan sebagian lainnya tetap berada di atmosfer, dengan meningkatnya CO₂, yang berada di atmosfer maka akan memicu terjadinya perubahan iklim secara global. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahuibagaimana potensi nilai biomassa karbon hutan mangrove yang berada di wilayah pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kuantitatif. Teknik pengumpulan data menggunakan metode jarak (Point-Centered Quarter Method). Objek penelitian ini dibatasi pada biomassa atas permukaan tanah yaitu karbon batang dan daun sedangkan untuk biomassa bawah permukaan tanah yaitu akar dan karbon tanah. Stok karbon diestimasi dengan mengalikan nilai biomassa dengan konstanta 50%. Stok karbon tanah diperoleh dari hasil analisis laboratorium. Hasil penelitian: Total nilai kandungan karbon atas permukaan tanah dan bawah permukaan tanah hutan mangrove di wilayah pesisir Kwandang sebesar 65.403,43 kg. Jika 1 ton karbon nilainya menggunakan 1 US \$ saat ini Rp.12.667 (Oktober 2014), maka besarnya penambahan manfaat mangrove untuk penyimpanan karbon di wilayah pesisir Kwandang sebesar Rp701.710,64 kg/ha.

Keywords: Biomassa, nilai Karbon, hutan mangrove

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global (*Global Climate Change*) yang banyak dibahas saat ini merupakan akibat dari rusaknya lingkungan, yang salah satu di antaranya adalah hutan mangrove. Permasalahan juga lebih diperumit oleh pemahaman masyarakat yang belum memadai tentang betapa pentingnya hutan mangrove bagi kehidupan manusia. Hutan mangrove merupakan salah satu hutan yang berperan dalam penurunan emisi karbondioksida di atmosfer melalui mekanisme *sekuestrasi* yaitu penyerapan korbondioksida dari atmosfer dan

penyimpanannya dalam biomssa tumbuhan seperti pada akar, batang, dan daun.

Tumbuhan mangrove menyerap sebagian karbon dalam bentuk CO₂ yang di dimanfaatkan untuk proses fotosintesis, sedangkan sebagian lainnya tetap berada di atmosfer. Menurut Ilmiliyana (2012) selama dekade terakhir ini emisi CO₂ meningkat dari 1400 juta ton per tahun menjadi 2900 juta ton pertahun. Dengan meningkatnya CO₂ yang ada di atmosfer ini maka akan memicu terjadinya perubahan iklim secara global. Dengan menyadari adanya permasalahan tersebut, maka dunia internasional berupaya untuk mengurangi

emisi gas rumah kaca yang ada di atmosfer. Menurut Siregar et al (2010) salah satu upaya yang dilakukan yaitu melalui kesepakatan Protokol Kyoto yang di dalamnya menawarkan upaya bersama pengurangan emisi gas rumah kaca antara negara maju dengan negara berkembang melalui *Clean Development Mechanism* (CDM), kesepakatan lainnya adalah hasil dari COP 13 (Bali *Action Plan*) yang didalamnya mengamanatkan untuk implementasi REDD+ (Reducing Emission from Deforestation and Degradation) pada tahun 2012. Dengan mekanisme REDD+ ini, Indonesia memiliki peluang yang besar dalam mekanisme perdagangan karbon karena memiliki kawasan hutan tropis yang sangat luas.

Terkait dengan mekanisme REDD+, maka diperlukan data mengenai potensi kandungan karbon terutama pada tumbuhan mangrove yang memiliki potensi lebih besar dalam menyerap dan menyimpan karbon. Sebuah penelitian yang dilakukan tim peneliti dari US Forest Service Pasifik Barat Daya dan stasiun penelitian Utara, Universitas Helsinki dan Pusat Penelitian Kehutanan Internasional meneliti kandungan karbon dari 25 hutan mangrove di wilayah Indo-Pasifik menemukan bahwa hutan mangrove per hektar menyimpan sampai empat kali lebih banyak karbon daripada kebanyakan hutan tropis lainnya di seluruh dunia (Donato *et al.*, 2012).

Penyerap dan penyimpan karbon, salah satu wilayah pesisir yang di dalamnya terdapat kawasan mangrove yang luas berada di wilayah pesisir Kwandang yang terletak di Kabupaten Gorontalo Utara, Provinsi Gorontalo. Hutan mangrove di wilayah ini memiliki kelebihan dari segi *biodiversity* dan mempunyai keunikan yang berasal dari variasi jenis yang hidup tidak berdasarkan pola zonasi pada umumnya. Hal ini dibuktikan dengan penelitian Baderan (2012) ditemukan bahwa profil zonasi di wilayah ini masuk pada zonasi sederhana (satu zonasi atau zonasi campuran) dimana dari pinggir pantai sampai pedalaman daratan setiap spesies saling berasosiasi dalam satu lapisan. Profil zonasi di wilayah pesisir Kecamatan Kwandang

tidak terdiri atas beberapa zonasi, karena tidak ada zonasi yang murni satu genus saja, yang ditemukan hanya satu zonasi yang merupakan campuran (*mixel*), dimana setiap spesies tumbuh berulang sampai kearah daratan, dan tumbuh saling bercampur antara spesies yang satu dengan spesies yang lainnya.

Hutan mangrove di wilayah pesisir Kwandang memiliki berbagai spesies diantaranya spesies *Rhizophora mucronata* Blume, *Rhizophora Apiculata* Lamk, *Ceriops decandra* (Griff.) Ding Hou, *Ceriops tagal* (Perr.) C.B.Rob, *Brugueira gymnorrhiza* (L) Lamk, *Bruguiera paviflora* (Roxb) W&A, *Sonneratia alba* J.E. Smith, *Sonneratia caseolaris* (L) Eng, *Xylocarpus mulocensis* (Lamk) Roem, *Xylocarpus granatum* Koen (niri), *Avecennia alba* Blume, *Avecennia marina* (Forsk) Vierh, *Avicennia officinalis* (L) Lamk, *Acanthus ilicifolius* L, *Heritiera littoralis* Dryand. Ex W.Ait, *Aegiceras corniculatum* (L.) Blanco (Baderan, 2012).

Menurut Baderan (2012) berdasarkan hasil interpretasi citra *ALOS/AVNIR-2* tahun 2010 ditemukan kerusakan mangrove tahun 2010 mencapai kenaikan sebesar 41% dari 21% di tahun 2000, sehingga total kerusakan mangrove tahun 2010 telah mencapai 62%. Dengan berkurangnya luas mangrove di wilayah pesisir Kwandang menyebabkan karbon di atmosfer tidak dapat diserap dan disimpan dalam biomassa tumbuhan secara optimal. Oleh karena itu diperlukan adanya informasi mengenai potensi nilai biomassa karbon pada mangrove, karena dengan mengetahui jumlah karbon dalam biomassa dapat menggambarkan seberapa besar karbon yang ada di atmosfer diserap dan dapat menjadi data awal dalam perdagangan karbon, sehingga upaya pelestarian hutan mangrove di Kabupaten Gorontalo Utara dapat ditingkatkan lagi. Apabila jumlah mangrove terus berkurang akan berdampak pada kemampuannya dalam menyerap dan menyimpan karbon dan terurainya karbon yang tersimpan pada mangrove ke atmosfer. Sehingga peran ekosistem mangrove yang mulanya

sebagai penyerap dan penyimpan karbon berubah menjadi penyumbang emisi karbon.

KAJIAN LITERATUR

Tinjauan tentang Hutan Mangrove

Kata mangrove menurut Odum (1983), berasal dari kata mangal yang menunjukkan komunitas suatu tumbuhan. Selanjutnya Supriharyono (2000), menunjukkan bahwa kata mangrove mempunyai dua arti yakni pertama sebagai komunitas atau masyarakat tumbuhan atau hutan yang tahan terhadap kadar garam/salinitas (pasang surut air laut), dan kedua sebagai individu spesies. Sedangkan arti kata mangrove menurut Saparinto (2007), adalah vegetasi hutan yang tumbuh diantara garis pasang surut, tetapi juga dapat tumbuh pada pantai karang, pada dataran koral mati yang di atasnya ditimbuni selapis tipis pasir atau ditimbuni lumpur atau pantai berlumpur.

Hutan mangrove meliputi pohon-pohonan dan semak yang terdiri atas 12 genera tumbuhan berbunga (*Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Aegiatilis*, *Snaeda*, dan *Conocarpus*). Hutan mangrove pada umumnya terdiri dari tumbuhan *Avicennia* sp., *Rhizophora* sp., dan *Bruguiera* sp. Tumbuhan mangrove yang tumbuh di bagian tepi yang berbatasan dengan laut didominasi oleh *Avicennia* sp.. *Rhizophora* sp. menggantikan *Avicennia* sp. pada tingkat pemukiman yang berikutnya. Pada mintakat berikutnya sering dijumpai *Bruguiera* sp. yang mengarah ke daratan dan kemudian diikuti oleh tumbuhan semak (Bengen, 2000).

Tinjauan Karbon Dalam Biomassa

Tumbuhan merupakan salah satu tempat penimbunan atau penyimpanan karbon. Tumbuhan melalui proses fotosintesis menyerap CO₂ dari atmosfer dan mengubahnya menjadi karbon organik (karbohidrat) dan menyimpannya dalam biomassa tubuhnya seperti pada batang, daun, akar, umbi buah dan-lain-lain. Besarnya kandungan karbon dan biomasa bervariasi berdasarkan bagian tumbuhan

yang diukur, dan growth stage atau tingkat pertumbuhan (Lugina, 2011). Selain itu menurut Heriyanto *et al.*, (2012) besarnya kandungan karbon dalam biomassa juga dipengaruhi oleh kerapatan vegetasi. Kerapatan merupakan jumlah individu per satuan luas dimanan, apabila vegetasi tersebut memiliki kerapatan yang tinggi maka serapan karbon di atmosfer lebih besar dan simpanan karbon baik pada tumbuhan ataupun pada serasah juga semakin tinggi.

Semua komponen penyusun vegetasi baik pohon, semak, liana dan epifit merupakan bagian dari biomassa atas permukaan. Di bawah permukaan tanah, akar tumbuhan juga merupakan penyimpan karbon selain tanah itu sendiri.

Karbon dapat tersimpan dalam kantong karbon (karbon pool). Peningkatan jumlah karbon yang tersimpan dalam karbon pool ini mewakili jumlah karbon yang terserap dari atmosfer (Sutaryo, 2009). Dalam inventarisasi karbon hutan disimpan dalam kantong karbon sebagai berikut :

1. Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan.
2. Biomassa bawah permukaan adalah semua biomassa dari akar tumbuhan yang hidup.
3. Karbon organik tanah mencakup karbon yang tersimpan di dalam tanah

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ekosistem hutan mangrove wilayah pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo.

Objek Penelitian

Objek penelitian ini dibatasi pada biomassa atas permukaan tanah yaitu batang dan daun serta biomassa bawah permukaan tanah yaitu akar dan karbon tanah.

Metode Penelitian dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif. Adapun teknik pengumpulan

data yang dikumpulkan berupa data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan cara yaitu pertama, untuk menghitung kerapatan mangrove untuk semua spesies pada lokasi penelitian dilakukan dengan menggunakan *Point Centre Quarter Metode (PCQM)*. Kedua untuk menghitung biomassa atas permukaan (batang dan daun) dan biomassa bawah permukaan (akar dan karbon tanah) dilakukan dengan menggunakan metode sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*), yaitu dengan melakukan pengukuran diameter batang kemudian memasukkan data diameter batang kedalam persamaan allometrik (Komiyama et al., 2008). Metode ini digunakan untuk mengurangi tindakan perusakan selama pengukuran. Sedangkan untuk menghitung karbon dalam tanah dilakukan dengan metode sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*), yaitu dengan mengambil sampel tanah pada setiap pohon contoh (Sutaryo, 2009).

Alat dan Bahan Penelitian

Alat Penelitian: GPS, Termometer, bor tanah, *soil tester*, *salinometer*, *hygrometer*, parang timbangan, pita meteran, roll meter, *tally sheet*, alat tulis menulis, kamera, kantong plastik, dan kertas label. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari spesies mangrove yang ditemukan.

Prosedur Penelitian

- a. Observasi : Bertujuan untuk melihat secara umum keadaan fisiogami dan keadaan pasang surut daerah setempat.
- b. Pengumpulan data: Tahapan yang dilakukan dalam pengumpulan data sebagai berikut : 1) menentukan kerapatan vegetasi pada lokasi penelitian, dibuat garis transek yang tegak lurus dari garis pantai ke arah darat dengan penentuan titik pengamatan atau *sampling point* sepanjang transek, 2) menentukan biomassa atas permukaan tanah (batang dan daun) dimana untuk batang dilakukan dengan mengukur diameter pohon dihitung berdasarkan diameter

setinggi dada (dbh) 1,3 m di atas permukaan tanah atau di atas banir (Sutaryo, 2009) dan pengukuran karbon daun dilakukan dengan mengambil contoh daun dari setiap pohon contoh, selanjutnya sampel daun yang diperoleh dari tiap pohon contoh ditimbang untuk mendapatkan berat basahnya serta dianalisis kandungan karbon organik daun di laboratorium (Lugina, 2011), 3) menentukan simpanan karbon tanah dilakukan dengan mengambil sampel tanah dari pohon contoh. Pengambilan sampel tanah mangrove diambil pada kedalaman 30 cm dan 50 cm. Selanjutnya sampel tanah ditimbang berat basahnya di lapangan. Kemudian contoh tanah dikering-anginkan di laboratorium, ditimbang dan dicatat beratnya serta dianalisis tekstur tanah, berat jenis tanah dan kandungan karbon organiknya.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

- a. Kerapatan (Densitas)

Untuk menghitung kerapatan, dihitung jarak rata-rata setiap individu pohon dengan rumus sebagai berikut (Indriyanto, 2010) :

Jarak rata-rata individu pohon ke titik pohon patokan (d)

$$d = \frac{d1+d2+d3+\dots+dn}{n} \text{ (3.1).....(3.1)}$$

Keterangan:

d1, d2, d3, ... dn = jarak masing-masing pohon ke titik pengukuran

n = banyaknya pohon

d = jarak rata-rata individu pohon ke titik pengukuran

- b. Kerapatan seluruh spesies per hektar (K)

Untuk menghitung kerapatan semua jenis pohon digunakan rumus sebagai berikut (Indriyanto, 2010):

$$K = \frac{\text{Luas area}}{(\text{jarak rata-rata pohon})^2} \text{ (3.2)}$$

- c. Biomassa atas permukaan (batang dan daun)
 Biomassa atas permukaan (batang) digunakan persamaan allometrik yang disusun oleh Komiyama *et al.* (2008) :

$$BK = 0,251 \times \rho D^{2,46} \dots\dots\dots (3.3)$$

ρ = berat jenis kayu (0,97 untuk *Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob (Sunarti *et al.*, 2009), berat jenis kayu *Rhizophora mucronata* 0,92, dan untuk *Rhizophora apiculata* nilai biomassa batang menggunakan persamaan Alometrik (Krisnawati, *et al.*, 2012) diman $W = 0,067 D^{2,859}$

D = Diameter pohon (1,3 m dari permukaan tanah atau di atas banir)

Biomassa atas permukaan (daun) menggunakan rumus (Haygreen dan Bowyer, 1989) yakni:

$$B = \frac{BB}{1 + \frac{\% KA}{100}} \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan :

% KA = persentase kadar air

BB = Berat basah (kg)

B = Biomassa (kg)

- d. Biomassa bawah permukaan (Akar dan karbon tanah)

Untuk Genus *Avicennia* spesies *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata* menghitung biomassa bawah permukaan (akar) menggunakan persamaan (Komiyama *et al.*, 2008) sebagai berikut:

$$BK = 0,199 \times \rho^{0,899} \times D^{2,22} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan: BK = Berat Kering, D = Diameter Pohon (cm), ρ = BJ Kayu ($g\ cm^{-3}$); untuk BJ *Avicennia* = 0,74 (Heriyanto N. M., *et al.*, 2012). Biomassa bawah permukaan (tanah) digunakan rumus (Lugina *et al.*, 2011):

$$Ct = Kd \times \rho \times \% C\ organic \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

Ct adalah kandungan karbon tanah, dinyatakan dalam gram (g/cm^2)

Kd adalah kedalaman contoh tanah/kedalaman tanah, dinyatakan dalam centimeter (cm)

ρ adalah berat jenis tanah dinyatakan dalam gram per meter kubik (g/cm^3)

% C organik adalah nilai persentase kandungan karbon, sebesar 0,47 atau menggunakan nilai persen karbon yang diperoleh dari hasil pengukuran di laboratorium.

- e. Biomassa Total

Untuk menghitung biomassa total dari suatu pohon dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Pamudji, 2011)

$$B\ total = BAP + BBP \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan :

BAP = Biomassa atas permukaan, BPP = Biomassa bawah permukaan

Untuk menghitung total biomassa dari semua pohon dilakukan dengan menjumlahkan biomassa semua pohon, sehingga diperoleh total biomassa semua pohon dengan rumus yang digunakan (Hairah *et al.*, 2011):

$$Total\ biomassa\ semua\ pohon = B1+B2+B3...+ Bn \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan :

B1,B2, B3,...Bn = Biomassa masing-masing pohon

- f. Karbon dalam Biomassa

Kandungan karbon dalam biomassa dihitung dengan menggunakan rumus Brown (1997) dan *International Panel on Climate Change/IPCC* (Heriyanto *et al.*, 2012) :

$$Kandungan\ Karbon = Biomassa\ 50\% \dots\dots(3.9)$$

Keterangan:

50% = Nilai persentase kandungan karbon dalam biomassa

- g. Serapan Karbondioksida (CO₂)

Untuk menghitung serapan karbondioksida menggunakan rumus sebagai berikut (Brown, 1997 dan *International Panel On Climate Change/IPCC*, 2003 dalam Heriyanto *et al.*, 2012):

$CO_2 = Mr.CO_2/AR.C$ (atau $3,67 \times$ Kandungan Karbon) (Rumus 3.8)

- Ar = Atom relative

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian

Kerapatan Vegetasi

Keterangan:

- CO_2 = Serapan karbondioksida
- Mr = Molekul relatif

Tabel 1. Nilai kerapatan vegetasi hutan mangrove

Spesies	Kerapatan(m ²)
1. <i>Rhizophora apiculata</i>	0,0128
2. <i>Rhizophora mucronata</i>	0,0192
3. <i>Avicennia marina</i>	0,0180
4. <i>Avicennia alba</i>	0,0500
5. <i>Sonneratia alba</i>	0,0240
6. <i>Brugueira gymnorrhiza</i>	0,0110
7. <i>Sonneratia caseolaris</i>	0,0060
8. <i>Ceriops decandra</i>	0,0070
9. <i>Ceriops tagal</i>	0,0030
10. <i>Avicennia officinalis</i>	0,0010
11. <i>Xylocarpus granatum</i>	0,0030
12. <i>Xylocarpus mulocensis</i>	0,0060
13. <i>Aegiceras corniculatum</i>	0,0010

Sumber : Data Primer, 2014

Nilai karbon berdasarkan volume batang pohon dari spesies hutan mangrove diperoleh total karbon sebesar 55.396,751 kg.

Biomassa dan kandungan karbon daun Rhizophora apiculata

Tabel 2. Nilai biomassa daun dan Kandungan karbon daun

Plot	B (Kg)	C Organik (%)	Cb=B x % C Organik (Kg)
1	9,432	124,47	286,48
2	5,79	134,53	204,32
3	1,50	27,02	40,53
Total	16,722	286,02	531,33

Sumber: Data Primer, 2014

Biomassa akar Mangrove spesies Rhizophora mucronata Lamk, kandungan karbon dalam biomassa dan karbon tanah

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan nilai biomassa akar tertinggi yaitu 506,71 Kg dan terendah yaitu 149,19 Kg. Kandungan karbon

dalam biomassa sebesar 1482,48 kg, serapan karbon 5440,71 kg dan kandungan karbon tanah sebesar 24,21 kg. Biomassa dan potensi karbon bawah permukaan (akar) pada Genus *Avicennia* disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi karbon akar Genus *Avicennia*

Spesies	BBP (ton/ha)	Kandungan Karbon Akar (ton C/ha)
<i>Avicennia alba</i>	1,51	0,7097
<i>Avicennia marina</i>	11,78	5,5413
Total	13,29	6,2510

Sumber: Data Primer, 2014

Spesies *Avicennia marina* lebih tinggi biomasnya 11,78 ton/ha setara dengan 5,5413 ton C/ha atau 20,3366 ton CO₂/ha dengan jumlah pohon 68,376 pohon/ha. Sementara jenis *Avicennia alba* berada di urutan kedua dengan jumlah biomassa 1,51 ton/ha setara dengan 0,7097 ton C/ha atau 2,6046 ton CO₂/ha dan kerapatan 68,376 pohon/ha.

Kandungan karbon pada akar pohon ($D \geq 20$ cm) Genus *Avicennia* adalah 6,251 ton C/ha dan kandungan karbon pada substrat Genus *Avicennia* 1842.435 ton C/ha sehingga total keseluruhan kandungan karbon pada akar dan substrat Genus *Avicennia* di kawasan hutan mangrove sebesar 1848.686 ton/ha.

Total nilai kandungan karbon atas permukaan tanah dan bawah permukaan tanah hutan mangrove di wilayah pesisir Kwandang sebesar 65.403,43 kg. Jika 1 ton karbon nilainya menggunakan 1 US \$ saat ini Rp.12.667 (Oktober 2014), maka besarnya penambahan manfaat mangrove untuk penyimpanan karbon di wilayah pesisir Kwandang sebesar Rp701.710,64 kg/ha.

Serapan Karbondioksida (CO₂)

Berdasarkan hasil perhitungan nilai biomassa karbon *Rhizophora mucronata* serapan karbon mencapai 5.440,71 kg. Untuk spesies *Avicennia alba* serapan karbondioksida mencapai 2,6046 ton CO₂/ha dan *Avicennia marina* serapan karbondioksida mencapai 20,3366 ton CO₂/ha.

Pembahasan

Potensi biomassa mangrove merupakan kemampuan mangrove dalam menyerap dan menyimpan karbon yang ada di atmosfer dalam bentuk biomassa. Untuk mengetahui potensi biomassa mangrove maka di peroleh dari nilai kerapatan pohon, nilai biomassa batang, biomassa

akar, kandungan karbon pohon, karbon tanah dan serapan karbondioksida. Kerapatan merupakan salah satu bentuk adaptasi tumbuhan terhadap habitatnya. Semakin rapat mangrove yang tumbuh pada suatu area akan meningkatkan penyerapan karbondioksida dari atmosfer. Kerapatan mangrove di wilayah pesisir Kwandang dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan diantaranya yaitu salinitas, substrat suhu, kelembaban, dan pH tanah.

Faktor lingkungan tersebut mendukung sebagai tempat tumbuh 16 pohon dari berbagai spesies yang ditemukan di kawasan ini, yakni *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, *Avicennia alba*, *Sonneratia alba*, *Brugueira gymnorhiza*, *Sonneratia caseolaris*, *Ceriops decandra*, *Avicennia officinalis*, *Ceriops tagal*, *Xylocarpus granatum*, *Xylocarpus mulocensis*, dan *Aegiceras corniculatum*. Jumlah pohon yang ditemukan di lokasi penelitian semakin meningkat dari arah laut ke arah darat. Hal ini sejalan dengan pendapat Ilmiliyana (2012) yang menyatakan pola pertumbuhan mangrove cenderung dari arah darat menuju laut, dimana propagul mangrove yang telah matang akan jatuh dan terbawa arus menuju laut sampai menemukan substrat yang cocok untuk tumbuh sehingga tegakan mangrove yang tumbuh ke arah darat cenderung lebih banyak dan akan memiliki umur yang lebih tua dibandingkan tegakan mangrove yang tumbuh ke arah laut. Seiring dengan meningkatnya umur tumbuhan mangrove akan diikuti oleh peningkatan diameter batang.

Lingkungan menjadi salah satu karakteristik yang menentukan pertumbuhan mangrove, radiasi sinar matahari dan suhu yang tinggi dapat menyebabkan terganggunya metabolisme tumbuhan dan pada akhirnya akan mempengaruhi

produktivitas atau laju pertumbuhan. Suhu lingkungan pada masing-masing titik sampling berkisar antara 30-34°C. Selain suhu, kelembapan juga berpengaruh dalam fisiologi tumbuhan mangrove. Kelembapan di lokasi penelitian berkisar antara 66,8 – 73 %. Iklim di wilayah ini seperti curah hujan dan pergantian musim membentuk pola adaptasi yang ideal untuk mangrove penyusunnya. Hal ini tentu berdampak pada proses fisiologi tumbuhan, dalam adaptasinya terhadap lingkungan dengan suhu terlalu tinggi atau rendah begitupun dengan kelembapan. Hal ini juga nantinya akan mempengaruhi proses tumbuh kembang tumbuhan baik secara vertikal maupun horizontal.

Kondisi salinitas sangat mempengaruhi komposisi mangrove. Berbagai jenis mangrove mengatasi kadar salinitas dengan cara yang berbeda-beda. Beberapa diantaranya secara selektif mampu menghindari penyerapan garam dari media tumbuhnya, sementara beberapa jenis yang lainnya mampu mengeluarkan garam dari kelenjar khusus di daunnya (Gultom, 2009). Berdasarkan hasil penelitian bahwa salinitas rata-rata yang ada di wilayah pesisir Desa Katialada terlalu tinggi untuk pertumbuhan *Rhizophora mucronata* Lamk. yaitu 39,33 ppt. sementara itu untuk genus *Avicennia* rerata salinitas air dari seluruh titik sampling dalam kisaran 30 ‰ – 37 ‰. Tumbuhan mangrove bukan merupakan tumbuhan yang membutuhkan garam tetapi tumbuhan mangrove merupakan tumbuhan yang toleran terhadap garam. Hal ini sejalan dengan pendapat Hutahaean *et al.* (1999) yang meneliti unsur-unsur mineral yang dibutuhkan tumbuhan mangrove untuk pertumbuhan yaitu unsur makro seperti N, P, S, K, Ca dan Mg serta unsur mikro yang terdiri dari Zn, Mn dan Cu. Berdasarkan hasil tersebut unsur Na dan Cl tidak dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman mangrove. Apabila kadar garam yang ada di tempat tersebut terlalu tinggi maka pertumbuhan mangrove akan terhambat.

Selain salinitas, substrat juga mempengaruhi kerapatan tumbuhan mangrove. Substrat umumnya terdiri dari unsur pasir, liat, dan debu. Berdasarkan hasil analisis laboratorium, tanah Mangrove

Rhizophora mucronata Lamk. yang ada di pesisir Kwandang merupakan tanah yang kadar pasir yang rendah yaitu antara 4,4-8,2%, debu 28,8-34,6% dan liat 58,7-64,4%. Tekstur tanah ini didominasi oleh perpaduan debu dan liat yang menyebabkan terbentuknya tekstur liat berdebu (Indah *et al.*, 2008) sehingga dapat mendukung pertumbuhan *Rhizophora mucronata* Lamk. Kadar salinitas jenis tegakan *Rhizophora* spp berkisar antara 32–36 ppt, pada saat keadaan air laut tidak pasang/surut. Dari hasil pengamatan, dibandingkan dengan genus lainnya, tutupan pohon seperti pada *Rhizophora* spp dan *Bruguiera* spp nampak lebih mendominasi dibandingkan *Avicennia* spp.

Peningkatan umur tumbuhan mangrove akan diikuti oleh peningkatan diameter batang. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa terdapat hubungan antara diameter batang dengan nilai biomassa pohon. Hasil penelitian menunjukkan nilai biomassa atas permukaan (batang dan daun) dan bawah permukaan (akar dan tanah) mangrove tertinggi pada diameter 34,39 dan terendah 20,06 cm. Hal ini menandakan semakin besar diameter batang maka semakin besar pula nilai biomasanya. Ilmiliyana (2012) menyatakan makin besar potensi biomassa tegakan diakibatkan oleh makin tua umur tegakan tersebut. Hal ini disebabkan karena diameter pohon mengalami pertumbuhan melalui pembelahan sel yang berlangsung secara terus menerus sehingga terbentuk sel-sel baru yang akan menambah diameter batang.

Adanya perbedaan antara nilai biomassa atas permukaan dan nilai biomassa bawah permukaan menggambarkan besaran distribusi hasil fotosintesis pohon yang disimpan oleh tanaman. Dimana dalam hal ini distribusi hasil fotosintesis terbesar terdapat pada batang. Hal ini sejalan dengan pendapat Purnobasuki *et al* (2012) yang menyatakan hasil fotosintesis lebih banyak didistribusikan ke bagian batang untuk proses pertumbuhannya. Hasil produksi pohon dari proses fotosintesis tersebut berupa kandungan selulosa dan zat penyusun kayu lainnya. Zat penyusun kayu

tersebut menyebabkan bagian rongga sel pada batang banyak tersusun oleh komponen penyusun kayu dibanding air, sehingga bobot biomassa batang akan menjadi lebih besar. Melalui proses fotosintesis, CO₂ di udara diserap oleh tanaman dengan bantuan sinar matahari kemudian diubah menjadi karbohidrat, selanjutnya didistribusikan ke seluruh tubuh tanaman dan ditimbun dalam bentuk biomassa.

Nilai biomassa berkorelasi dengan nilai kandungan karbon dalam biomassa. Hal ini ditandai dengan meningkatnya nilai kandungan karbon dalam biomassa mangrove sebesar 65.403,43 kg. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian Hairiah dan Rahayu (2007) dalam Ilmiliyana (2012), dimana distribusi biomassa pada tiap komponen pohon menggambarkan besaran distribusi hasil fotosintesis pohon yang disimpan oleh tumbuhan. Walaupun aktifitas fotosintesis terbesar terjadi di daun, namun distribusi hasil fotosintesis terbesar digunakan oleh tumbuhan untuk pertumbuhan batang. Batang merupakan kayu, dimana kayu ini di bentuk oleh zat-zat penyusun kayu seperti Lignin, selulosa, dan hemiselulosa. Menurut Achmadi (1990) batang tersusun atas 40-45% selulosa, dimana selulosa merupakan molekul gula berantai panjang yang tersusun oleh karbon, sehingga makin tinggi selulosa maka kandungan karbon akan semakin meningkat. Makin besar diameter pohon diduga memiliki potensi selulosa dan zat penyusun kayu lainnya akan lebih besar pula. Selain itu batang umumnya memiliki zat penyusun kayu yang lebih baik dibandingkan dengan bagian pohon lainnya. Zat penyusun kayu tersebut menyebabkan batang banyak tersusun oleh komponen penyusun kayu dibanding air, sehingga bobot biomassa batang akan menjadi lebih besar dibandingkan dengan organ pohon lainnya.

Kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat CO₂ dari udara. Sebagian karbon akan menjadi energi untuk proses fisiologi tanaman dan sebagian masuk ke dalam struktur tumbuhan

dan menjadi bagian dari tumbuhan, misalnya selulosa yang tersimpan pada batang, akar, ranting dan daun. Proses penimbunan C dalam tubuh tanaman hidup dinamakan proses sekuestrasi (*C-sequestration*). Semakin besar diameter pohon, maka semakin besar simpanan karbon pada tubuh tumbuhan yang berarti semakin banyak jumlah CO₂ yang diserap oleh tumbuhan.

Karbon organik tanah memiliki nilai yang cukup besar, perubahan dalam kantong (*pool*) karbon ini mungkin akan memberikan pengaruh yang besar pada keseluruhan jumlah simpanan karbon meskipun fluktuasinya tidak besar. Kantong karbon di tanah akan mengalami fluktuasi sejalan dengan pembentukan hutan tanaman atau perkebunan dan praktek-praktek lainnya. Di lokasi penelitian misalnya, dalam keadaan hutan alam karbon tersebut bertahan dalam bentuk bahan organik. Namun, apabila dibuka sebagai lahan tambak dan didrainase maka karbon yang disimpannya akan mudah terdekomposisi. Erosi disebabkan aktivitas manusia itu juga mengakibatkan terkelupasnya lapisan tanah bagian atas karena tidak mengindahkan kaidah-kaidah konservasi tanah.

Mangrove diketahui memiliki kemampuan asimilasi dan laju penyerapan C yang sangat tinggi. Hutan yang simpanan karbonnya tertinggi di kawasan tropis (nilai rerata contoh: 1.023 Mg C ha⁻¹), dan sangat tinggi dibandingkan rerata simpanan karbon di berbagai tipe hutan lainnya di dunia (Gambar 4.6). Rerata karbon di mangrove muara sebesar 1.074 Mg C ha⁻¹, sementara untuk mangrove laut sebesar 990 ± 96 Mg C ha⁻¹. Cadangan C di atas permukaan nilainya cukup besar (rerata 159 Mg C ha⁻¹, maksimum 435 Mg C ha⁻¹), namun cadangan di bawah permukaan tetap mendominasi, untuk mangrove muara dan laut masing-masing sebesar 71–98% dan 49–90% dari total simpanan (Donato C. Daniel, *et. al.*, 2012).

Menurut Hairiah dan Rahayu (2007), jumlah karbon tersimpan pada berbagai tipe lahan berbeda-beda, tergantung pada tata cara pengelolaan serasah, jenis tanah, keragaman dan kerapatan tumbuhan

yang ada. Besarnya potensi simpanan karbon dalam tanah dipengaruhi oleh diversitas vegetasi dalam satuan luasan. Diversitas vegetasi tersebut menentukan tinggi rendahnya keragaman kualitas masukan bahan organik dan tingkat penutupan permukaan tanah oleh lapisan seresah. Tingkat penutupan (tebal tipisnya) lapisan seresah pada lapisan tanah berhubungan erat dengan laju dekomposisinya (pelapukannya). Semakin lambat terdekomposisi maka keberadaannya di permukaan tanah menjadi lebih lama (Maulana, 2009).

Ketika mangrove mengalami pertumbuhan maka karbondioksida yang ada di atmosfer akan diserap oleh tumbuhan dan disimpan dalam bentuk biomassa yang akan disimpan pada akar, batang dan daun tumbuhan itu sendiri. Sehingga semakin besar kemampuan mangrove dalam menyerap karbon maka potensi dalam mengurangi jumlah emisi karbon di atmosfer semakin meningkat.

KESIMPULAN

Total nilai kandungan karbon atas permukaan tanah dan bawah permukaan tanah hutan mangrove di wilayah pesisir Kwandang sebesar 65.403,43 kg. Jika 1 ton karbon nilainya menggunakan 1 US \$ saat ini Rp.12.667, maka besarnya penambahan manfaat mangrove untuk penyimpanan karbon di wilayah pesisir Kwandang sebesar Rp701.710,64 kg/ha. Sehingga semakin besar kemampuan mangrove dalam menyerap karbon maka potensi dalam mengurangi jumlah emisi karbon di atmosfer semakin meningkat.

REFERENSI

Achmadi, S. 1990. Kimia Kayu. *Diktat* Pusat Antar Universitas. Institut Pertanian Bogor.

Baderan, 2012. Model Valuasi Ekonomi Sebagai Dasar Untuk Rehabilitasi Kerusakan Hutan Mangrove di Wilayah Pesisir Kecamatan Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo. *Disertasi*. Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Bengen, D.G., 2000. *Ekosistem dan Sumber Daya Alam Pesisir*. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Kelautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Brown, S., 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest*. FAO Forest Resources Assessment Publication No.134 Hal 55. Roma.

Donato C. Daniel, J. Boone Kauffman, Daniel Murdiyarto, Sofyan Kurnianto, Melanie Stidham dan Markku Kanninen. 2012. *Mangrove Adalah Salah Satu Hutan Terkaya Karbon Di Kawasan Tropis. Brief Cifor*. Tersedia di: <http://www.cifor.org>. Diakses tanggal 2 September 2014.

Gultom. I. M. 2009. Laju Dekomposisi Serasah Daun Rhizophora mucronata pada Berbagai Tingkat Salinitas. *Skripsi*. Departemen Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.

Hairiah, K., Ekadinata, A., R.R. Sari., Rahayu, S. 2011. *Pengukuran Cadangan Karbon Dari Tingkat Lahan Ke Benteng Lahan. Petunjuk Praktis*. Edisi Kedua. Bogor, World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, University of Brawijaya (UB), Malang, Indonesia.

Hairiah, K, dan Rahayu, S., 2007. *Pengukuran 'Karbon Tersimpan' di Berbagai Macam Penggunaan Lahan*. Bogor. World Agroforestry Centre-ICRAF. SEA Regional Office. University of Brawijaya. Unibraw. Indonesia. 77p.

Haygreen JG, Bowyer JL. 1989. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu: Suatu Pengantar*. Sutjipto A. Hadikusumo, penerjemah. Yogyakarta: Gajah Mada University Press. Terjemahan dari: *Forest Products and Wood Science: An Introduction*

Heriyanto N.M dan Endro Subiandono. 2012. Komposisi dan Struktur Tegakan, Biomasa, dan Potensi Kandungan Karbon Hutan Mangrove Di Taman Nasional Alas Purwo. *Jurnal*. Vol. 9 No.1: 023-032, 2012.

Hutahaean E., Kusmana C., Dewi RH. 1999. Studi Kemampuan Tumbuh Anakan Mangrove Jenis

- Rhizophora mucronata, Bruguiera gimnorrhiza Dan Avicennia marina Pada Berbagai Tingkat Salinitas. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* Vol. V, No. 1.
- Ilmiliyana, A., Muryono, M. dan Purnobasuki, H. 2012. Estimasi Stok Karbon Pada Tegakan Pohon Rhizophora stylosa Di Pantai Camplong, Sampang-Madura. *Jurnal*. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh November.
- Indah R., Jabarsyah A., Laga A., 2008. Perbedaan Substrat Dan Distribusi Jenis Mangrove (Studi Kasus: Hutan Mangrove Di Kota Tarakan. Universitas Borneo Tarakan. Indriyanto, 2010
- Krisnawati, H. W.C. Adinugroho, R. Imanuddin. 2012. *Monograf Model-Model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Type Ekosistem Hutan di Indonesia*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor.
- Komiyama A., Pongparn S., 2008. Allometry, Biomass, And Productivity Of Mangrove Forests: A Review. *Jurnal Aquatic Botany* 128–137.
- Lugina M., K.L. Ginoga, A. Wibowo, A. Bainnaura, T. Partiani. 2011. Prosedur Operasi Standar (SOP) untuk Pengukuran Stok Karbon di Kawasan Konservasi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim dan Kebijakan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan.
- Maulana, Sandi. I. 2009. Pendugaan Densitas Karbon Tegakan Hutan Alam di Kabupaten Jayapura, Papua. *Jurnal penelitian sosial dan ekonomi kehutanan* Vol. 7: 2009
- Odum, E.P., 1983. *Basic Ecology*. Saunders College Publishing.
- Purnobasuki, Hery. 2012. Pemanfaatan Hutan Mangrove Sebagai Penyimpan Karbon. *Artikel*. PSL Universitas Surabaya 28 (2012): 3-5. Dept Biologi, FST Universitas Airlangga.
- Saparinto, C., 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove Mengatasi Kerusakan Wilayah Pantai dan meminimalisasi Dampak Gelombang Tsunami*. Effhar dan Dahara Prize. Semarang.
- Siregar, C. Wibowo, A. Ginoga, K. Fitri, Nurfatriani, I. Dwiprabowo, H. Ekawati, S. Dan Krisnawati, H. 2010. *REED+ And Forest Governance. Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan* Kampus Balitbang Kehutanan.
- Sunarti, S dan Rugayah, 2009. Keanekaragaman Jenis-jenis kayu bakar di Desa Lampeapi, Pulau Wawonii, Sulawesi tenggara. *Jurnal*. Teknik Lingkungan Pusat Penelitian Biologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Vol. 10 No. 2 Hal. 161-166 Jakarta.
- Sutaryo, Dudun. 2009. Perhitungan Biomassa: Sebuah Pengantar Untuk Studi Karbon dan Perdagangan Karbon. Wetlands International Indonesia Programme. Bogor.
- Supriharyono, 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Indonesia

PEMANFAATAN PATI UBI KAYU (*manihot utilissima*) LOKAL SEBAGAI GULA ALTERNATIF GLUKOSA CAIR DALAM PEMBUATAN ANEKA PRODUK MAKANAN BERMUTU

Rakhmawaty Ahmad Asui¹⁾, Yusnar Lebie¹⁾

¹⁾Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, email: rakhma_asui@ung.ac.id

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengestak pati dari tanaman ubi kayu lokal menjadi glukosa cair dengan melibatkan enzim α -amilase pada proses likuifikasi dan enzim amiloglukosidase pada proses sakarifikasi. Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik, sehingga diperlukan suatu enzim yang mampu untuk memutuskan ikatan α -glikosidiknya secara acak dalam molekulnya, seperti menggunakan enzim α -amilase membentuk molekul dekstrin. Proses perubahan dekstrin menjadi gula melibatkan enzim amiloglukosidase dengan cara memecah rantai dekstrin menjadi glukosa. Untuk menghasilkan sirup glukosa yang berkualitas perlu dilakukan proses pemucatan dengan menggunakan arang aktif sebagai pengadsorpsi yang mampu mengendapkan kotoran-kotoran dan warna yang tidak dikehendaki pada sirup glukosa. Untuk menahan partikel-partikel zat pengotor yang telah digumpalkan sebelumnya oleh arang aktif perlu dilakukan penyaringan, kemudian diuapkan dengan pemanasan langsung, yang bertujuan untuk memekatkan gula. Gula glukosa ini akan dimanfaatkan pada pembuatan sirup aneka rasa, permen, jelly dan kecap.

Derajat kekentalan dari glukosa cair ini dapat diukur dengan menggunakan alat refraktrometer, yang terukur 35 Brix. Sedangkan untuk mengetahui cita rasa, aroma, warna dan tekstur produk olahan yang berbahan dasar gula cair ini digunakan uji organoleptik, yang rata-rata menyatakan bahwa semua produk makanan ini dikategorikan sangat baik dan dapat dijadikan sebagai produk makanan yang *marketable*.

Kata Kunci : pati ubi kayu, likuifikasi, sakarifikasi, glukosa cair, ekstraksi pati

1. PENDAHULUAN

Permasalahan yang sering dihadapi negara Indonesia adalah kenaikan harga bahan pokok terutama gula yang terus melambung tinggi, hal ini tentu saja menjadi penyumbang kesulitan ekonomi rakyat yang hidup miskin, sedangkan bahan pokoknya seperti tanaman ubi kayu di Indonesia belum termanfaatkan secara optimal, khususnya dalam pembuatan gula tetes atau gula cair. Kebutuhan gula nasional Indonesia mencapai 3,3 juta ton per tahun, sementara produksi dalam negeri hanya 1,7 juta ton atau hanya 51,51% dari kebutuhan nasional, sehingga menjadi pemicu lebih banyak gula di impor ke Indonesia (Richana. N dan Budiyanto. A, 2011). Bahkan di Gorontalo terutama di Kabupaten Gorontalo, kebutuhan akan gula cair ini masih sangat terbatas, Kenyataan inilah menyebabkan gula produksi dalam negeri kurang bersaing di pasar lokal maupun internasional, mengingat harga gula impor lebih murah dibandingkan

dengan gula produksi dalam negeri. Dalam situasi seperti ini, gula produksi dalam negeri menjadi sulit dipasarkan tanpa kebijakan yang mampu melindunginya dari serbuan gula impor, sehingga perlu dicari alternatif bahan pemanis lain atau substitusi gula yang mampu menyeimbangkan kebutuhan gula nasional Indonesia.

Melalui eksplorasi dan penelitian, telah dikembangkan berbagai gula alternatif antara lain adalah gula siklamat, stearin (gula sintesis), dan gula dari pati. Gula pati antara lain sirup glukosa, fruktosa, maltosa, manitol, dan sorbitol, yang semuanya mempunyai rasa dan kemanisan dengan gula tebu (sukrosa), bahkan beberapa jenis lebih manis. Gula pati dibuat dari bahan yang mengandung pati seperti tapioka (ubi kayu), umbi-umbian, sagu atau jagung. Sumber bahan pembuatan gula ini sangat melimpah di Indonesia, khususnya di Kabupaten Gorontalo Desa Bulata Kecamatan Telaga Jaya (Lampiran 1) bahkan belum menjadi perhatian pemerintah daerah, padahal

bahan pengganti gula sukrosa ini memiliki potensi dan prospek yang tinggi di pasaran dunia. Di negara maju seperti Amerika, produksi dan penggunaan gula glukosa ini sudah sejak lama, yakni pada tahun 1980 kebutuhan rata-rata per kapita glukosa 39 lb/tahun dan meningkat pada tahun 1994 menjadi 83 lb/tahun. Data tahun 2004 menunjukkan penggunaan gula ini meningkat 149 lb/tahun dan dari jumlah tersebut hanya 19% yang digunakan untuk kalangan orang diet (Howling, D, 1987).

Pati ubi kayu merupakan bahan utama pembuatan gula glukosa, selain itu dalam industri makanan sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan dan industri yang berbasis pati karena kandungan patinya yang cukup tinggi (Niba, 2006 dalam Hui, 2006). Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -a-glikosidik yang banyak terdapat pada tumbuhan, terutama pada biji-bijian dan umbi-umbian.

Menurut Biro Pusat Statistik (2009), produksi tanaman ubi kayu di Indonesia pada tahun 2008 sebesar 20.834.241 ton. Melihat kandungan pati pada ubi kayu sebesar 90%, maka pada tahun tersebut dapat menghasilkan 18.750.816,9 ton pati ubi kayu. Produksi pati yang tinggi, penanamannya yang mudah, dan mudah didapatkan di Indonesia menjadikan ubi kayu sangat potensial dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan gula ubi kayu. Gula ubi kayu adalah sirup glukosa (gula cair) yang merupakan salah satu produk bahan pemanis berbentuk cair, tidak berbau, dan tidak berwarna. Glukosa merupakan gula monosakarida dan merupakan salah satu karbohidrat terpenting yang digunakan sebagai sumber tenaga bagi hewan dan tumbuhan. Sirup glukosa mengandung D-glukosa, maltosa, dan polimer D-glukosa yang dibuat melalui proses hidrolisis pati (enzimatis dan hidrolisis asam). Hasil sirup glukosa dengan cara enzimatis dapat menghasilkan nilai DE (dextrin equivalen) 95% dan sirup berkualitas tinggi. Sedangkan dengan cara hidrolisis asam, hanya mencapai DE sebesar 55% dan bila diatas nilai tersebut akan menimbulkan warna yang menyolok dan menyebabkan rasa pahit (Palmer, 1980).

Sedemikian meluasnya produksi dan pemanfaatan gula glukosa ini, sehingga Kabupaten Gorontalo yang memiliki potensi melimpah bahan baku gula glukosa diharapkan

mampu meningkatkan produksi dan pemanfaatannya juga. Terutama pemanfaatan gula glukosa pada industri pangan seperti sirup, *soft drink*, *candy*, biskuit, *jelly*, es krim, kembang gula, jamu, campuran madu, kecap serta industri farmasi, apabila produksi meningkat maka harga bisa ditekan sehingga dapat bersaing dengan harga gula pasir impor dan mengurangi pemasukkan gula dari negara lain.

2. KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Tanaman ubi kayu menurut Prihatman (2000) merupakan tanaman yang memiliki klasifikasi sebagai berikut : Kingdom : Plantae, Divisi : Spermatophyta, Sub Divisi : Angiospermae, Kelas : Dicotyledoneae, Ordo : Euphorbiales, Famili : Euphorbiaceae, Genus : Manihot, Spesies : Manihot utilissima Pohl.; Manihot esculenta Crantz sin.

Menurut Odigboh (1983) dalam Chan (1983), spesies dari tanaman ubi kayu dibedakan berdasarkan kandungan HCN, yaitu jenis pahit (Manihot esculenta Crantz.; M. utilisma Pohl.) dan manis (M. dulcus Baill.; M. palmatta Muell.; M. aipi Pohl.)

Ubi kayu kaya akan karbohidrat yaitu sekitar 80-90% (bb) dengan pati sebagai komponen utamanya. Menurut Odigboh (1983) dalam Chan (1983), ubi kayu relatif kaya akan kalsium dan asam askorbat (vitamin C). Namun ubi ini tidak dapat langsung dikonsumsi dalam bentuk segar tapi selalu dilakukan pengolahan seperti pemanasan, perendaman dalam air, penghancuran, atau beberapa proses tradisional lainnya dengan tujuan untuk detoksifikasi atau membuang HCN yang bersifat mematikan yang dikandung dari semua varietas ubi kayu. Kandungan kalori dan komposisi zat gizi dalam 100 gram ubi kayu disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Kandungan Kalori dan Komposisi Zat Gizi dalam 100 gram Ubi kayu

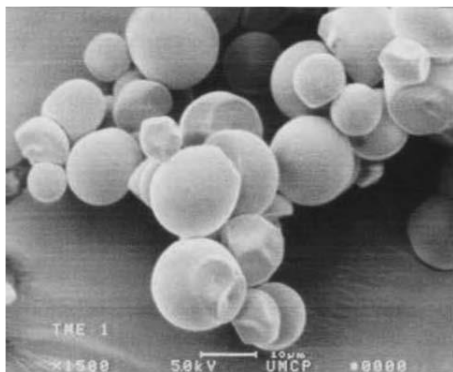
Komposisi Kimia	Jumlah
Air (g)	62,5
Karbohidrat (g)	34,7
Protein (g)	1,2
Lemak (g)	0,3
Ca (mg)	33,0

Fe (mg)	0,7
Thiamin B1 (mg)	0,06
Riboflavin B2 (mg)	0,03
Niacin (mg)	0,6
Vitamin C (mg)	36
Energi (kal)	146,0

Sumber: Odigboh (1983) dalam Chan (1983).

Pati ubi kayu merupakan bahan utama pembuatan gula glukosa, selain itu dalam industri makanan sering digunakan sebagai bahan tambahan dalam industri makanan dan industri yang berbasis pati karena kandungan patinya yang cukup tinggi (Niba, 2006 dalam Hui, 2006). Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -a-glikosidik yang banyak terdapat pada tumbuhan, terutama pada biji-bijian dan umbi-umbian.

Pati ubi kayu mengandung 83% amilopektin yang mengakibatkan pasta yang terbentuk menjadi bening dan kecil kemungkinan untuk terjadi retrogradasi (Friedman, 1950; Glikzman, 1969 dikutip Odigboh, 1983 dalam Chan, 1983). Menurut Murphy (2000) dalam Phillips dan Williams (2000), ukuran granula pati ubi kayu 4-35 μ m, berbentuk oval, kerucut dengan bagian atas terpotong, dan seperti *kettle drum*. Suhu gelatinisasi pada 62-73°C, sedangkan suhu pembentukan pasta pada 63°C. Bentuk dan ukuran granula (Gambar 1) merupakan karakteristik setiap jenis pati, karena itu digunakan untuk identifikasi. Selain ukuran granula, karakteristik lain adalah bentuk, keseragaman granula, dan permukaan granulanya. Bentuk granula pati ubi kayu dapat dilihat pada berikut ini:



Gambar 1. Granula Pati Ubi kayu (Niba, 2006 dalam Hui, 2006)

Menurut Howling (1979), sirup glukosa atau sering juga disebut gula cair, mengandung D-glukosa, maltose dan polimer D-glukosa

yang dibuat melalui proses hidrolisis pati (enzimatis dan hidrolisis asam). Gula ini dipasarkan sebagai bahan baku industri pangan dan farmasi. Gula cair biasanya digunakan sebagai substitusi sukrosa dalam pembuatan es krim, sirup, pemanis dalam beberapa bentuk makanan dan minuman serta obat-obatan.

Sirup glukosa mempunyai keunggulan disbanding gula pasir, karena sifat cairnya sehingga penggunaannya lebih praktis, tidak banyak memerlukan biaya untuk mencairkan gula dibandingkan jika industri tersebut menggunakan gula pasir. Industri yang memanfaatkan glukosa antara lain industri makanan seperti kembang gula, minuman, biskuit, es krim, jamu, campuran madu, dan farmasi. Disamping itu, glukosa juga merupakan bahan baku pembuatan monosodium glutamate dan etanol. Menurut Richana. N dan Budiyanto (2011) glukosa mempunyai keunggulan pada beberapa produk makanan yaitu:

Gula ubi kayu dapat dibuat melalui dua tahap utama, yaitu likuifikasi dan sakarifikasi. Proses likuifikasi dan sakarifikasi untuk mendapatkan glukosa dengan perlakuan dua teknik, yaitu teknik secara asam dan secara enzimatis. Hidrolisis secara enzimatis dapat menghasilkan derajat konversi pati menjadi glukosa lebih tinggi dibandingkan dengan hidrolisis secara asam, dan bahkan dapat mencegah terjadinya kehilangan aroma (Richana. N dan Budiyanto. A, 2011).

3. METODE PENELITIAN

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu satu set alat pengepresan, loyang plastik, sendok pengaduk, pisau pemotong, oven, gelas ukur, spatula, gelas kimia, pipet tetes dan peralatan gelas di laboratorium lainnya. Ubi kayu, enzim alfa amilase, enzim glukamilase, arang aktif, kedelai, jamur tempe, bumbu pembuatan kecap, kemasan gelas plastik, perisa aneka rasa pengawet makanan dan bahan lainnya.

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap yaitu :

Tahap Preparasi

Pada tahap ini, bahan pokok berupa ubi kayu di kupas kulitnya kemudian dicuci sampai bersih dan dipotong-potong acak. Ubi kayu yang telah bersih ini diangin-anginkan selama 2 hari sampai kering dan tak berjamur

Tahap Likuifikasi dan Sakarifikasi

Tahap ini merupakan tahap teknologi proses ubi kayu (pati) menjadi glukosa dengan melibatkan enzim α -amilase dan amiloglukosidase.

Tahap Pengolahan Glukosa Cair Menjadi Berbagai Aneka Produk Makanan

Setelah tahap enzimatik selesai, glukosa cair disimpan dalam wadah yang bersih dan tertutup rapat. Sebanyak 5 mL digunakan dalam karakterisasi menggunakan uji viskositas, selebihnya digunakan dalam proses pengolahan sirup dan makanan yang *marketable*.

Uji Viskositas

Untuk menentukan kekentalan dari granula glukosa cair dapat dilakukan uji viskositas. Kekentalan gula singkong menunjukkan konsentrasi atau derajat kemanisan gula tersebut.

Uji Organoleptik

Uji Organoleptik tujuannya untuk mengetahui cita rasa, warna dan ketahanan penyimpanan. Uji ini dapat dilakukan dengan menggunakan manusia, dengan cara mencicipi rasa dan mengamati tekstur serta bau dari produk olahan glukosa ubi kayu ini, melalui angket atau wawancara langsung.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap Preparasi Sampel

Bahan baku utama dalam penelitian ini berupa ubi kayu yang dibeli dari pasar tradisional yang berada di Kota Gorontalo. Ubi kayu ini di kupas terlebih dahulu kemudian di cuci sampai bersih dan di angin-anginkan. Pengeringan sampel ini tidak dilakukan penyinaran matahari langsung tetapi di tempat terbuka dan teduh tujuannya agar kondisi pati di dalam ubi kayu tidak mengalami degradasi. Pengeringan ini juga mengupayakan agar ubi kayu tidak akan berjamur, sehingga perlu setelah pengeringan selesai ubi kayu di kemas dalam plastik tertutup dan apabila akan digunakan dalam jangka waktu yang lama

Ubi kayu yang sudah dibersihkan ini, di potong dalam ukuran kecil, diangin-anginkan sebentar kemudian dihaluskan. Ubi kayu yang sudah halus ini dinamakan tepung tapioka yang kemudian ditimbang.

Tahap Likuifikasi dan Sakarifikasi

Pada tahap ini, tepung tapioka (pati) di larutkan dalam air dengan perbandingan 1 : 3 dengan volume air sebanyak 60 mL dan

patinya sebanyak 20 gram, sehingga dihasilkan bubur pati. Pencampuran ini menggunakan tangki. Tangki ini dilengkapi dengan alat pengaduk yang digerakkan oleh motor. Pengendalian proses pencampuran dilakukan agar larutan tersebut benar-benar homogen dan memperkecil kerusakan motor akibat beban yang berlebihan. Pada tangki tersebut, enzim α -amilase dimasukkan sebanyak 20 mL dan dilakukan penyesuaian pH. Tangki dilengkapi dengan pengatur suhu, untuk tahap likuifikasi suhu diatur pada 100°C dan pemanasan berlangsung selama 60 menit. Pemanasan menggunakan enzim ini bertujuan agar suspensi pati terjadi proses dekstrinasi.

Enzim yang digunakan dalam tahap ini adalah enzim α -amilase (Gambar 4.3). Enzim ini diproduksi oleh NOVO. Aktivitas enzim sangat dipengaruhi oleh suhu dan pH lingkungannya dan umumnya setiap enzim mempunyai kisaran suhu dan pH optimum yang berbeda-beda. Enzim *Liquizyme* produksi NOVO mempunyai suhu optimum berturut-turut 103°C dan 105°C dengan pH aktivitasnya antara 5-6,5 dan pH optimum 6,0 dan enzim ini stabil pada kisaran pH 5,5-9,5.

Cara kerja α -amilase terjadi melalui dua tahap. Pertama, degradasi amilosa menjadi maltose dan maltotriosa yang terjadi secara acak. Degradasi ini terjadi secara cepat dan diikuti dengan menurunnya viskositas dengan cepat pula. Tahap kedua, pembentukan glukosa dan maltosa sebagai hasil akhir secara tidak acak yang berlangsung relatif lambat.

Setelah proses pemanasan selesai dalam waktu 60 menit, suhu tangki diturunkan menjadi 60°C dan dalam bubur pati ini ditambahkan enzim amiloglukosidase (gambar 4.3) sebanyak 18 mL, campuran ini diaduk selama 48 jam. Enzim yang ditambahkan dalam tangki ini merupakan enzim yang berperan dalam proses sakarifikasi dengan nama merek dagang *Dextrozyme*. Proses sakarifikasi adalah proses perubahan dekstrin menjadi gula. Aktivitas enzim ini juga dipengaruhi oleh pH dan suhu, dimana pH dan suhu optimumnya masing-masing pada kisaran 4,5-5,0 dan 60°C.

Enzim ini menghidrolisis ikatan 1,4 glikosida dari pati dan oligosakarida menjadi unit-unit glukosa. Kecepatan hidrolisis tergantung pada panjang rantai molekul. Misalnya, maltodekstroza dan oligosakarida dengan bobot molekul lebih tinggi akan dihidrolisis

lebih cepat dari maltosa. Amiloglukosidase juga dapat menghidrolisis ikatan 1,6 glikosida.

Untuk menghasilkan sirup glukosa dengan mutu yang baik maka dilakukan proses pemucatan, yaitu dengan menambahkan arang aktif sebanyak 200 gr pada suhu 80°C pada cairan glukosa. Arang aktif adalah zat yang mempunyai daya serap terhadap larutan atau uap yang berfungsi sebagai penjernih larutan, penghilang warna yang terbentuk selama proses pengolahan sirup fruktosa dan juga penghisap gas atau racun. Pada pembuatan sirup glukosa, arang aktif tersebut digunakan untuk menyerap warna sirup glukosa yang belum jernih.

Arang aktif memiliki kemampuan adhesi atau penyerapan sangat kuat sehingga dapat mengikat, menggumpalkan dan mengendapkan komponen anorganik atau organik, sehingga sirup glukosa bebas dari zat pengotor yang tidak diinginkan.

Tahap selanjutnya adalah proses penyaringan. Proses pendinginan dan penyaringan berguna untuk memisahkan arang aktif dan komponen yang melekat pada cairan sirup. Penyaringan ini diharapkan dapat menahan partikel pengotor yang telah digumpalkan terlebih dahulu oleh arang aktif sehingga cairan yang dihasilkan berwarna kuning muda bening. Jika tingkat kejernihan tersebut tak tercapai, maka perlu untuk penambahan arang aktif ke dalam cairan gula kemudian didaur ulang. Setelah proses ini selesai, dilakukan proses penguapan dengan pemanasan langsung menggunakan alat penggorengan yang besar. Penguapan dengan cara ini akan menghasilkan gula yang berwarna kuning kecoklatan. Dengan cara penguapan ini akan diperoleh hasil gula yang berwarna jernih kekuningan. Penguapan bertujuan untuk memekatkan glukosa dari 30-35 Brix menjadi 43-80 Brix. Tahap akhir yang dilakukan adalah penyimpanan dan pengemasan. Suhu yang digunakan untuk penyimpanan sirup glukosa adalah 35°C dimana pada suhu tersebut kristalisasi dekstrosa yang terkandung di dalamnya dapat dicegah

Tahap Pengolahan Glukosa Cair Menjadi Berbagai Aneka Produk Makanan

Sirup glukosa atau glukosa cair yang telah di simpan dalam wadah tertutup digunakan pada proses pengolahan sebagai

bahan utama dalam pembuatan aneka produk makanan yang *marketable*.

Sirup Gula Ubi Kayu Aneka Rasa

Rasa sirup glukosa dapat disesuaikan dengan keinginan yang dibutuhkan dalam pasaran dengan penambahan perisa. Prosedurnya sangat mudah yaitu dengan memanaskan sirup glukosa sampai kental. Kemudian menambahkan perisa, perisa yang ditambahkan dalam gula kental ini disesuaikan dengan selera konsumen seperti rasa jeruk, sirsak, mangga, dan stroberi. Perisa dalam gula ini kemudian diaduk dan ditambahkan pengawet asam sitrat 0,05% bertujuan agar produk sirup ini mampu bertahan dalam jangka waktu dua minggu dengan pengemasan yang tepat, seperti yang diperlihatkan dalam Gambar 2.

Minuman yang dibuat dari gula ubi kayu ini sangat baik dikonsumsi baik oleh anak-anak maupun remaja. Kelebihannya, minuman ini adalah minuman berenergi tinggi. Dibandingkan dengan gula buatan seperti sakarin, gula ubi kayu ini jauh lebih baik.



Gambar 2 Produk sirup ubi kayu aneka rasa

Permen

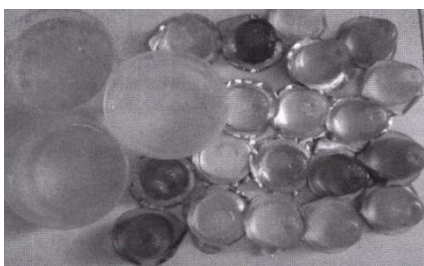
Permen merupakan salah satu ragam produk pemanis. Rasa permen ubi kayu dapat disesuaikan dengan kebutuhan konsumen, bisa dengan menambahkan jahe, kopi, dan asam kandis. Pembuatannya tergolong sederhana yaitu dengan menambahkan gula pasir pada sirup glukosa dengan perbandingan 1 : 1 dan mengaduknya sampai padatan gula pasir larut dalam gula cair ini. Ditambahkan agar-agar 1% atau mentega 5% yang bertujuan agar campuran sirup lebih beraroma dan kental. Setelah itu ditambahkan rasa sesuai keinginan seperti coklat, asam kandis, jahe dan kopi masing-masing sebanyak 5%. Setelah campurannya sempurna, di kemas dengan plastic dan disimpan dan wadah tertutup. Berikut permen yang dihasilkan diperlihatkan pada Gambar 3 berikut ini:



Gambar 3 Produk permen aneka rasa dari gula ubi kayu

Pembuatan Jelly

Jelly merupakan produk makanan praktis yang disukai baik anak-anak maupun orang dewasa. Dalam pembuatan jelly, salah satu bahan utamanya adalah agar-agar yang mengandung berbagai unsur gizi dan sifat-sifat yang bisa menurunkan kadar kolesterol dan gula darah. Agar-agar bisa mencegah terjadinya penyakit jantung, hipertensi, serta diabetes mellitus. Jelly dibuat dengan cara pemanasan sirup gula sampai kental kemudian ditambahkan 100 gram gula pasir dan jelly atau agar-agar 50 gram. Sirup gula dan campurannya dilarutkan dalam 2 liter air dingin dan diaduk sampai homogen. Untuk menghomogenkan campuran ini, dipanaskan sampai mendidih dan adonan jelly ini terasa kental. Setelah itu, didinginkan dan dikemas serta disimpan dalam wadah yang bersih dan kering. Berikut produk jelly yang menggunakan sirup gula ubi kayu yang disajikan pada Gambar 4 berikut ini:



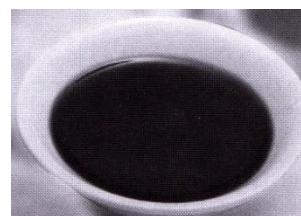
Gambar 4 Produk jelly aneka rasa dari gula ubi kayu

Pembuatan Kecap

Kecap merupakan salah satu penyedap makanan yang banyak disukai baik anak-anak maupun orang dewasa. Kecap biasanya berwarna hitam dengan bervariasi rasa yaitu rasa asin dan manis. Kecap manis lebih kental dibandingkan kecap asin. Bahan dasar pembuatan kecap adalah kedelai. Pembuatannya yaitu dengan mencuci bersih kedelai dan merendamnya selama satu malam.

Setelah itu ditiriskan, dan merebus kedelai tadi sampai lunak kemudian ditiriskan lagi diatas tampah dan didinginkan. Pada wadah tertutup kedelai yang telah lunak di pindahkan ke dalamnya kemudian ditambahkan jamur tempe diaduk hingga merata dan disimpan pada suhu ruang selama 3-5 hari. Setelah putih merata, ditambahkan larutan garam, diaduk dan dibiarkan selama 3-4 minggu pada suhu kamar. Setelah itu tuangkan air bersih dan dimasak hingga mendidih lalu disaring. Endapannya tidak digunakan, tetapi filtrate yang dihasilkan dari proses penyaringan ditambahkan gula dan bumbu-bumbunya juga ditambahkan glukosa cair. Setelah semua bumbu dicampurkan ke dalam filtrat dilakukan pemanasan sambil terus diaduk-aduk. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Produk kecap manis ini di kemas dan disimpan dalam botol yang kering dan bersih dan di beri label.



Gambar 5 Kecap manis dari gula ubi kayu

Karakterisasi Glukosa Cair Dari Ubi Kayu Uji Viskositas

Uji viskositas adalah untuk menguji derajat kekentalan dari glukosa cair ubi kayu. Kekentalan ini menunjukkan konsentrasi/tingkat kemanisan gula tersebut. Untuk menguji viskositasnya dilakukan dengan menggunakan alat refraktometer. Diperoleh nilai kekentalan sebesar 35 Brix. Nilai ini bisa ditingkatkan dengan pemanasan dan disesuaikan dengan kebutuhan pasar.

Uji Organoleptik

Uji Organoleptik bertujuan untuk mengetahui cita rasa serta warna dari produk olahan yang berbahan dasar gula ubi kayu ini. Pengujiannya dengan melibatkan 4 orang panelis (mahasiswa) yang mencoba rasa dari berbagai produk olahan dasar gula ubi kayu ini, juga mengamati tekstur serta bau dan warna dari produk olahan tersebut. Hasil pengamatannya dapat dituangkan dalam wawancara atau angket yang telah disediakan.

Berikut hasil angket dari uji organoleptik disajikan pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2 Uji Organoleptik Pada Produk Olahan yang Berbahan Dasar Glukosa Cair Ubi Kayu

Panelis	Cita rasa			Tekstur			Warna			Bau		
	K	B	BS	K	B	BS	K	B	BS	K	B	BS
Mh 1			V			V			V			V
Mh 2			V			V			V			V
Mh 3			V			V			V			V
Mh 4			V			V			V			V

Keterangan Tabel : Mh adalah mahasiswa, K adalah kurang, B adalah baik, BS adalah baik sekali

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Dapat dihasilkan sirup glukosa atau glukosa cair dari pati ubi kayu melalui dua tahapan penting, yaitu tahapan likuifikasi menggunakan enzim α -amilase dan tahapan berikutnya adalah sakarifikasi dengan menggunakan enzim amiloglukosidase.
2. Derajat kekentalan atau viskositas dari glukosa cair dapat diukur dengan menggunakan alat refraktrometer, dengan nilai 35 Brix. Nilai ini dapat ditingkatkan dan disesuaikan melalui pemanasan dan disesuaikan dengan kebutuhan pasar.
3. Hasil dari uji organoleptik teramati bahwa produk olahan yang berbahan dasar glukosa cair ini dapat dipasarkan dan memiliki cita rasa, warna, bau dan tekstur yang sangat baik sehingga perlu untuk dijadikan sebagai produk unggulan.
4. Pengolahan ubi kayu menjadi glukosa cair dan pembuatan produk yang marketable dapat dijadikan sebagai informasi terutama bagi para petani ubi kayu dan industri makanan agar mampu memanfaatkan secara optimal tanaman ubi kayu.

6. REFERENSI

Biro Pusat Statistik. 2009. Statistik Indonesia; Harvested Area, Yield Rate and Production of Cassava by Province. Available at :

http://www.datastatistikindonesia.com/component/option,com_tabel/kat,1/idtabel,111/Itemid,165 (diakses tanggal 6 Januari 2012)

Badan Pusat Statistik Kabupaten Gorontalo. 2008. Kabupaten Gorontalo Dalam Angka 2008. Katalog BPS No : 1403.7502. Gorontalo.

Chan, H. T., JR. 1983. Handbook Of Tropical Foods. Marcel Dekker Inc., New York and Bassel.

Cui, S. W. 2005. Food Carbohydrates Chemistry, Physical Properties, and Applications. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Singapore.

Grahito, A. 2007. Root And Tuber Crops. Available at: <http://indonesian-foodforage.blogspot.com/2007/12> (diakses tanggal 27 Februari 2012)

Howling, D. (1979). The General Science and Technology of Glucose Syrups, dalam G.G Birch and K.J. Parker (Ed). Sugar, Science and Technology. Appl. Scie. Publ. Ltd

Hui, Y. H. 2006. Handbook of Food Science, Technology, and Engineering Volume I. CRC Press, USA.

Lehninger, A., L. 1982. Dasar-Dasar Biokimia. Penerjemah: M. Thenawijaya. Erlangga, Jakarta

Palmer, T.J. 1980. Acid and Enzyme Hydrolysis of Starch, dalam G.G. Birch, L.F. Green and C.B. Coulson (Ed). *Glucose Syrups and Related Carbohydrates*. Hlm.22. London: Elsevier Publishe Co, Ltd.

Phillips, G. O., P. A. Williams. 2000. Starch. Dalam: Handbook of Hydrocolloids. CRC Press, Cambridge, London.

Prihatman, K. 2000. Ketela Pohon/Singkong (Manihot utilissima Pohl). Available at: <http://www.ristek.go.id> (diakses tanggal 6 Februari 2012)

Richana, N., Budiyanto, A. 2011. Gula Singkong. Nuansa-Ujung Berung, Bandung.

Salunkhe, D. K., S. S. Kadam. 1998. Handbook of Vegetable Science and Technology : Production, Composition, Storage, and Processing Food Science and Technology. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Hongkong.

Santoso, B., D. Saputra, dan Pambayun, R. 2004. Kajian Teknologi Edible Coating dari Pati dan Aplikasinya Untuk Pengemas Primer Lempok Durian. *Jurnal Teknol dan Industri Pangan* XV (3).

Tjokroadikoesoemo, P. S. 1986. HFS dan Industri Ubikayu lainnya. Jakarta: PT Gramedia.

Winarno, F. G. 1984. Kimia Pangan dan Gizi. Gramedia, Jakarta.

PENENTUAN FRUKTOSA PADA UMBI TANAMAN BUNGA DAHLIA

Opir Rumape
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan IPA
Universitas Negeri Gorontalo

¹Jurusan Pendidikan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA, Universitas Negeri Gorontalo

Abstract

The problem of this research are as follow : 1) how to isolat inuline from bulb of dahlia flower and how much rendemen can get from it; 2) how is the way to change inuline in to fructose sugar and how much rendemen can get from hydrolysis.

The aim of this research is to isolate inulin from Dahlia flower and converse it into fructose by hydrolyzing process with sulfuric acid

The results showed that rendemen of inulin found is 240 grams or 10,84 %, kadar air 2,87 %, melting point 178 °C, specific rotation –89,98 °C. Based on hydrolysis inulin into fructose, it was found that rendemen of fructose 67,70 % from inulin or 7,33 % from Dahlia flower sample used. The optimum concentration and period of hydrolysis that produce the highest rendemen ware concentration H_2SO_4 1,5 M and period of hydrolysis 5 hours. Analysis ANOVA showed that water content and rendement fructose were influenced by concentration H_2SO_4 and period of hydrolysis. The interaction between them showed significant differences.

Keywords : *Isolation, hydrolysis, fructoce, inulin*

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan gula secara nasional memang meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, sementara produksi gula masih belum bisa memenuhi kebutuhan masyarakat. Di daerah Gorontalo, terdapat pabrik gula yang cukup dikenal di Kawasan Timur Indonesia, PT. Rajawali Tolingohula Gorontalo. Produksi gula untuk empat tahun terakhir 2010 17,47 ribu ton; 2011 17,62 ribu ton; 2012 23,44 ribu ton dan tahun 2013 27,35 ribu ton (Sumber data: PT Rajawali Tolingohula Gorontalo, 2013). Berdasarkan produksi gula yang dihasilkan, rata-rata produksi dapat mencapai 21,47 ribu ton pertahun. Nilai ini merupakan jumlah yang cukup besar. Data impor gula daerah ini yang didatangkan dari pulau Jawa untuk lima tahun terakhir dari tahun 2009 sampai dengan 2013 rata-rata sebesar 4,29 ton pertahun (Sumber data: Kota Gorontalo Dalam Angka, 2013).

Dalam mencukupi kebutuhan gula di Indonesia, pemerintah telah melakukan berbagai usaha diantaranya memperluas dan mengintensifkan areal tanaman tebu serta mendirikan pabrik gula baru baik di pulau Jawa

maupun di luar pulau Jawa. Namun demikian Indonesia masih tetap menghadapi masalah kekurangan gula yang cukup besar. Keadaan ini sangat mendasar karena setiap tahunnya Indonesia masih mengimpor gula dari negara lain.

Meskipun pemanis konvensional seperti sukrosa dan glukosa dengan kemanisan yang baik dan berkualitas, diolah dengan teknologi tinggi dan mempunyai biaya produksi yang rendah serta aplikasi yang luas, namun belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan akan gula. Hal ini mendorong para peneliti, untuk meningkatkan kegiatan penelitian secara aktif untuk mendapatkan alternatif sumber-sumber gula yang lain untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan membuahkan hasil dengan ditemukannya sejumlah pemanis baik yang alamiah maupun sintesis, yang di peroleh dari alam dengan menggunakan teknologi yang dimodifikasi, maupun senyawa yang seluruhnya sintetik. Diantaranya yang banyak digunakan adalah *high fructose syrup* (HFS) atau sirup yang mengandung kadar fruktosa tinggi, pemanis sintetik seperti sakarin (biang gula), natrium siklamat (bibit gula) dan

aspartam. Penggunaan sakarin dan natrium siklamat di banyak negara telah dibatasi dengan alasan efeknya terhadap kesehatan (Doty, 1980; Tjokroadikoesoemo, 1986).

Inulin sebagai material polidispersi karbohidrat, yang mengandung ikatan β -(2-1) *fructosyl-fructosa*, dijumpai pada beberapa tumbuhan, famili monokotiledon atau dikotiledon, seperti *Liliaceae*, *Amaryllidaceae*, dan *Compositae*. Inulin yang asli diproses secara industri menghasilkan senyawa fruktan rantai pendek.

Fruktosa dapat dibentuk dari hasil hidrolisis inulin (gula dari umbi tanaman bunga Dahlia). Inulin terdapat banyak di dalam umbi tanaman bunga dahlia yang jumlahnya sekitar 10 % - 12 % (Bahl and Bahl, 1979), yang dapat bermanfaat sebagai prebiotik. Tanaman bunga dahlia banyak dibudidayakan di daerah Manado, Bolaangmongondo dan Gorontalo, hingga saat ini diproduksi hanya sebagai bunga potong dan belum dimanfaatkan untuk produksi pemanis (fruktosa).

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, maka penulis melakukan penelitian dengan mensintesis fruktosa dari umbi tanaman bunga dahlia dengan menggunakan asam sulfat encer.

KAJIAN LITERATUR DAN PEGEMBANGAN HIPOTESIS

Kandungan Kimia Umbi Tanaman Bunga Dahlia

Dalam umbi dahlia terkandung polimer-polimer pemanis alami yang disebut inulin. Inulin adalah suatu zat yang dapat diolah lebih lanjut menjadi gula cair yang disebut sirup fruktosa seperti HFS (*High Fructose Syrup*) yang banyak dimanfaatkan untuk keperluan industri makanan, minuman, farmasi, rumah tangga, restoran dan kegunaan lainnya (Lutony, 1993). Inulin itu sendiri merupakan karbohidrat yang mengandung oligosakarida di atas 99 % β (2-1) (Macfarlane and Cummings, 1999). Menurut sumber lain, rata-rata komponen-komponen yang terkandung dalam setiap 100 gram umbi dahlia terdiri dari inulin 65,70 %, air 2,97 %, abu 4,52 %, protein 3,71 %, dan bahan-bahan lain 23,10 % (Lutony, 1993 dan Rukmana, 2000). Dari setiap hektar tanaman dahlia, dapat dihasilkan antara 590-1.500 ton karbohidrat (inulin), bergantung pada kondisi lahan,

lingkungan, cara pemeliharaan dan galur dahlia yang diusahakan.

Karbohidrat

Karbohidrat merupakan bagian yang paling penting di dalam proses kimia kehidupan. Karbohidrat dalam tumbuh-tumbuhan terbentuk melalui proses foto sintesis (Matsje, 1996). Oleh karena itu karbohidrat merupakan hasil utama dari proses perubahan molekul anorganik menjadi benda hidup dengan adanya tenaga matahari. Inulin sebagai salah satu contoh molekul karbohidrat yang mempunyai berat molekul sangat tinggi dan merupakan polimer (makro molekul) dari fruktosa sebagai unit terkecil.

Fruktosa

Fruktosa terdapat di alam baik dalam bentuk bebas maupun dalam bentuk terikat. Dalam bentuk bebas terdapat bersama-sama dengan glukosa dalam kebanyakan buah-buahan yang berasa manis dan dalam madu. Dalam keadaan terikat membentuk komponen utama dalam oligosakarida-oligosakarida misalnya sukrosa atau gula tebu. Fruktosa merupakan konstituen utama inulin, suatu polisakarida yang terdapat dalam artichoke dan dahlia. Dalam bentuk bebas, fruktosa terdapat dalam bentuk piranosa, tetapi dalam gabungan dengan gula lain, seperti dalam sukrosa atau dalam polisakarida, bentuk sikliknya adalah furanosa (Berk, 1976; Sakidja, 1989).

Inulin

Inulin adalah polisakarida rantai lurus yang terdiri atas sekitar 30 unit D-fruktofuranosa. Unit-unit ini dihubungkan satu dengan lainnya melalui ikatan β -glikosidik antara C-1 unit fruktosa yang satu dan C-2 unit fruktosa berikutnya. Terdapat bukti-bukti yang menunjukkan bahwa satu unit glukosa terdapat pada setiap akhir rantai unit fruktofuranosida. Berat molekul inulin sekitar 5.000 yaitu sesuai dengan 30 unit D- Fruktofuranosa (Bahl dan Bahl, 1979).

Hidrolisis inulin dengan asam encer yang panas menghasilkan D- Fruktosa bersama-sama dengan sejumlah kecil D- Glukosa. Senyawa ini tidak mereduksi larutan Fehling, dan tidak membentuk osazon dengan fenilhidrazin berlebihan dan tidak dapat difermentasi oleh ragi (*yeast*).

Inulin biasa ditemukan sebagai makanan cadangan, seperti halnya pati, dalam bentuk larutan di dalam getah sel tumbuhan

dicuci dengan alkohol dan eter, dan dikeringkan dalam eksikator dengan menggunakan H₂SO₄ pekat. Untuk menguji inulin yang di dapatkan, diuji secara kualitatif dengan menentukan titik lebur dan rotasi spesifiknya.

Penentuan Kadar Air (AOAC, 1980)

Pinggang aluminium dipanaskan pada suhu 105° C, kemudian didinginkan dalam eksikator dan ditimbang beratnya. Kurang lebih dua gram contoh ditimbang dan dimasukkan ke dalam pinggan aluminium, kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 105° C selama 1 jam (pengukuran satu jam dimulai sejak oven bersuhu 105° C). Setelah itu pinggan aluminium segera dimasukkan ke dalam eksikator dan ditimbang secepatnya setelah mencapai suhu kamar. Pemanasan diulangi sampai diperoleh berat konstan. Sisa contoh dihitung sebagai total padatan dan berat yang hilang sebagai air. Kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat awal}} \times 100 \%$$

Konversi Inulin menjadi Fruktosa.

Penentuan fruktosa dari inulin dilakukan melalui hidrolisis inulin dengan asam sulfat encer dengan konsentrasi yang divariasikan (0,1 M, 0,5 M, 1,0 M dan 1,5 M) pada suhu 100°C dan waktu hidrolisis yang juga bervariasi (2 jam, 3 Jam, 4 Jam dan 5 Jam). Larutan yang diperoleh kemudian dinetralisasi dengan barium hidroksida dan endapan barium sulfat yang terbentuk dipisahkan melalui filtrasi. Larutan yang diperoleh selanjutnya dipekatkan pada tekanan rendah dengan menggunakan alat evaporator yang dilengkapi dengan pompa vakum

Penentuan sifat fisiko-kimia fruktosa

Untuk mengetahui hasil sintesis akan dilakukan baik uji kualitatif maupun kuantitatif terhadap hasil sintesis.

a. Uji kualitatif. Uji kualitatif yang akan dilakukan mencakup uji kromatografi lapis tipis (KLT), uji Seliwanoff dan indeks bias, sedangkan uji kuantitatif yang dilakukan adalah uji aktivitas optik.

1) Uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Fruktosa hasil hidrolisis dilakukan uji kromatografi yaitu sirup fruktosa 1 gram, dilarutkan dalam aquades sebanyak 4 mL kemudian ditotolkan pada plat KLT dari aluminium ukuran 20 x 5 cm dengan eluen I: n-butanol- asam asetat- eter- dan air dengan perbandingan 9 : 6 : 3 : 1 dan eluen II yang terdiri dari n- butanol : etanol

: air dengan perbandingan 4 : 1 : 2,2 (Harborne, 1996), dikembangkan selama 4 jam. Setelah dikeringkan plat divisualisasi dengan menyemprotkan asam sulfat encer untuk menampakkan noda.

2) Uji Seliwanoff

Penentuan uji Seliwanoff dilakukan sebagai berikut:

Pereaksi Seliwanoff : 50 mg. resorsinol dilarutkan dalam 100 mL ½ pekat (HCl pekat = 11,3 N = ± 35 %.)

Ke dalam 5 mL pereaksi Seliwanoff yang baru dibuat ditambahkan 10 tetes larutan gula (fruktosa 1 %). Dididihkan di atas api selama 20 detik atau dalam penangas air mendidih selama 60 detik reaksi positif ditunjukkan dengan endapan warna merah (Kusnawidjaja, 1984).

3) Penentuan Indeks Bias

Untuk menentukan indeks bias sampel yang diperoleh dari hasil hidrolisis digunakan alat refraktometer. Penentuan indeks bias dilakukan sebagai berikut:

Alat dikalibrasi terlebih dahulu dengan menggunakan aquades, kemudian larutan gula (fruktosa) diteteskan pada plat kaca secara merata, kemudian diamati melalui lensa maka terlihat dua garis perpotongan pada bidang gelap dan terang, lalu dibaca skala pada perpotongan dua garis tepat pada bidang gelap dan terang titik potong tersebut menunjukkan harga indeks bias larutan yang diamati.

b. Uji Kuantitatif

1) Uji Optik Aktif

Salah satu Uji kuantitatif yang akan dilakukan adalah penentuan rotasi optiknya dengan menggunakan polarimeter (Pomeranz dan Meloan 1978; Kusnawidjaja, 1984; Tjokroadikoesoemo, 1986).

Bidang cahaya terpolarisasi akan diputar jika cahaya dilewatkan pada suatu larutan yang mengandung senyawa optik aktif.

Prosedur pengujian optis aktif dilakukan sebagai berikut:

1) Alat dihidupkan kemudian dibiarkan menyala selama 5 menit untuk menstabilkan alat.

2) Alat dikalibrasi dengan aquades yang diisikan pada alat (labu observasi) dan diletakkan pada dudukannya. Dan pastikan lampu penanda nol menyala, Jika tidak berarti terjadi pergeseran titik sekitar 3° maka tekan kunci dan

geser saklar rotasi kiri dan rotasi kanan bersama-sama sampai lampu penanda nol menyala.

- 3) Amatilah lewat lensa dan samakan kebenderangan cahaya dan kemudian tekan pengatur nolnya.
- 4) Masukkan sampel ke dalam tabung observasi dan dudukkan pada tempatnya dan amati lewat lensa bila terjadi perbedaan kebenderangan yaitu gelap dikanan dan terang dibagian kiri berarti rotasi kekiri
- 5) Karena fruktosa secara teori memutar kiri maka tekan tombol rotasi kiri dan penekanan dihentikan bila telah terjadi dua bidang yang sama kebenderangannya tetapi agak sedikit gelap itu menunjukkan angka titik untuk sampel dimaksud. Rumus yang digunakan dalam perhitungan adalah:

$$\left[\alpha \right]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

Keterangan:

[α] = rotasi optik spesifik; untuk fruktosa adalah $-92,3^{\circ}$

α = rotasi optik yang di amati

l = Panjang tabung dalam dm

c = konsentrasi fruktosa di dalam larutan, g/mL

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Inulin Dari Umbi Bunga Dahlia

Dari proses isolasi inulin dari umbi tanaman bunga dahlia sebanyak 2215.025 gram yang dijadikan sampel dihasilkan inulin murni kering sebesar 240.00 gram atau sekitar 10,84 %, dengan kadar air 2,87 % dan titik lebur 178° dengan rotasi spesifik $-35,99^{\circ}$. Besarnya rendemen yang dihasilkan ini masih sesuai dengan apa yang dikemukakan dalam literatur bahwa kandungan inulin dalam umbi tanaman bunga dahlia berkisar antara 10 - 12 %, (Bahl and Bahl, 1979). Pada proses penjenuhan dengan H_2S perlu dilakukan secara sempurna karena bila penjenuhan tidak dilakukan secara sempurna akan berpengaruh pada kemurnian inulin karena masih terdapat garam timbal yang terlarut yang merupakan garam dari logam berat yang dapat membahayakan kesehatan.

Hidrolisis Inulin Menjadi Fruktosa

Data hasil pengamatan terhadap rendemen fruktosa pada proses hidrolisis inulin menggunakan asam sulfat konsentrasi divariasikan (0,1 M, 0,5 M, 1,0 M, 1,5 M) dan

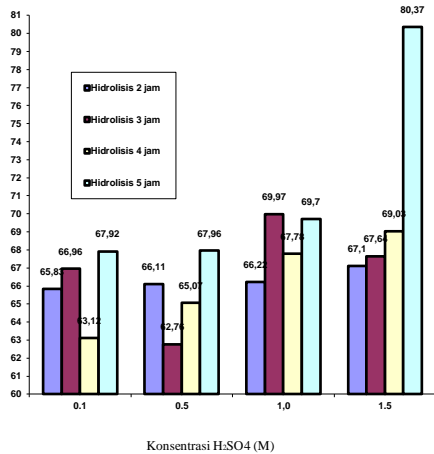
lama waktu hidrolisis yang divariasikan pula (2 jam, 3 jam, 4 jam 5 jam) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil Hidrolisis Inulin dengan Asam Sulfat Encer (%)

Perlakuan	Konsentrasi Katalis				Total Kelompok
	0,1 M	0,5 M	1,0 M	1,5 M	
Waktu Hidrolisis					
2 Jam	65,83	66,11	66,22	67,10	
3 Jam	66,96	62,76	69,97	67,64	
4 Jam	63,12	65,07	67,78	69,03	
5 Jam	67,92	67,96	69,70	80,37	
Total Perlakuan	65,96	65,98	68,42	71,03	67,70

Dari Tabel 1, terlihat rendemen fruktosa dari hasil hidrolisis berkisar antara 62,76 – 80,37 % ini berarti telah terjadi konversi dari inulin (polisakarida) menjadi gula-gula sederhana yaitu fruktosa (monosakarida). Dan dari hasil yang ada bila diperhatikan terjadi pengurangan sebesar 19,63 – 37,24 % sebagai akibat proses pencucian (penyaringan), butiran fruktosa yang berukuran kecil ikut terbawa dengan air cucian/kertas saring; dan kemungkinan teruapkan bersama-sama dengan air pada waktu proses hidrolisis dilakukan.

Dari data hasil pengamatan, secara umum untuk masing-masing konsentrasi mengalami kenaikan rendemen dengan semakin tingginya konsentrasi. Data rendemen fruktosa untuk masing-masing konsentrasi disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Analisis rendemen fruktosa dari umbi tanaman Dahlia pada konsentrasi yang berbeda dan waktu hidrolis yang berbeda

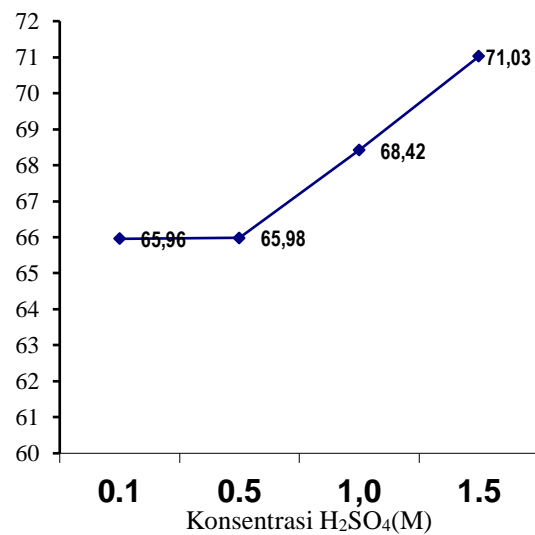
Dari rendemen fruktosa yang diperoleh dapat dijelaskan di sini bahwa makin tingginya konsentrasi asam sulfat, memberikan rendemen fruktosa yang makin banyak, hal ini terjadi karena semakin banyaknya jumlah pereaksi yang teraktifkan, sehingga reaksi semakin cepat pula (Slistiyo, 1984).

Demikian pula variasi waktu hidrolisis juga sangat mempengaruhi rendemen fruktosa yang dihasilkan. Ini terlihat dari rendemen yang diperoleh pada masing-masing waktu yang ditentukan, di mana rendemen tertinggi diperoleh pada waktu hidrolisis 5 jam untuk masing-masing perlakuan konsentrasi dan rendemen terendah diperoleh pada lama waktu hidrolisis 2 jam.

Dari hasil analisa terlihat adanya kecenderungan naiknya kadar atau rendemen fruktosa seiring dengan makin lamanya waktu hidrolisis pada masing-masing konsentrasi. Peningkatan kadar atau rendemen fruktosa ini dapat dijelaskan bahwa karena makin banyaknya ikatan-ikatan glikosidik yang terpotong dalam hubungannya membebaskan unit-unit fruktosa dari inulin (polisakarida) yang dalam hal ini merupakan polimer tak bercabang dari fruktosa yang dihubungkan melalui ikatan 2 - 1 β glikodidik. Makin lama waktu pemanasan untuk empat waktu yang ditetapkan (B1= 2 jam, B2= 3 jam, B3 = 4 jam dan B4 = 5 jam) makin banyak pula rendemen yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena makin lama waktu pemanasan (hidrolisis), makin banyak molekul gula sederhana (gula reduksi) yang dihasilkan atau dapat dikatakan, makin banyak ikatan glikosidik dalam molekul polisakarida (inulin) yang dapat dipecah, maka

semakin banyak molekul sederhana (fruktosa) yang dihasilkan; setiap pemutusan ikatan glikosidik akan menarik air kedalam molekul gula sederhana yang dihasilkan Sa'id dkk (1994).

Rendemen fruktosa yang diperoleh secara total perlakuan untuk masing-masing konsentrasi H₂SO₄ bertambah secara teratur dengan naiknya konsentrasi. Hubungan konsentrasi H₂SO₄ terhadap total rendemen fruktosa tiap konsentrasi dengan waktu hidrolisis 2 jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam masing-masing 3 kali pengulangan disajikan pada Grafik 2.



Grafik 2. Total rendemen fruktosa (tiap konsentrasi ada 60 gr sampel dengan waktu hidrolisis 2, jam, 3 jam, 4 jam dan 5 jam masing-masing 3 kali perlakuan)

Hasil analisis sidik ragam (Lampiran 1) penggunaan konsentrasi asam sulfat yang bervariasi dan lama waktu hidrolisis memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap rendemen fruktosa. Pengaruh Faktor konsentrasi (Faktor A) sangat nyata dengan nilai $F_{hitung} 34,1196 > F_{tabel}$. Dan pengaruh Faktor B sangat nyata dengan nilai $F_{hitung} 87,2096 > F_{tabel}$. Dan pengaruh interaksi antara Faktor A dan Faktor B sangat nyata dengan nilai $F_{hitung} 31,2851 > F_{tabel}$. Berdasarkan analisis lebih lanjut dengan Uji Selang Berganda Duncan menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata pada semua perlakuan konsentrasi (faktor A), kecuali pada perlakuan waktu hidrolisis B2 dan B1, serta B2 dan B3, tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Pada Gambar 1 terlihat bahwa rendemen fruktosa pada keempat konsentrasi (0,1 M, 0,5 M, 1,0 M dan 1,5 M), terdapat kenaikan rendemen yang tidak sesuai yang diharapkan. Untuk waktu hidrolisis 2 jam, 4 jam dan 5 jam pada masing-masing konsentrasi mengalami kenaikan rendemen secara teratur, sedangkan pada waktu hidrolisis 3 jam rendemen yang dihasilkan tidak teratur. Keadaan ini peneliti berasumsi telah terjadi kesalahan pada saat pemekatan.

2 Uji Kualitatif Fruktosa Hasil Hidrolisis

a. Uji Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

- 1) Fruktosa hasil hidrolisis dengan eluen n-butanol : asam asetat : Eter : Air (9 : 6 : 3 : 1) diperoleh satu noda dengan harga Rf sebesar :

$$R_f = \frac{7,5}{19} = 0,39 \text{ atau } 0,39 \times 100 = 39$$

Fruktosa Standar (fruktosa murni) dengan eluen n-butanol : asam asetat : eter : Air (6 : 3 : 3 : 1) diperoleh harga Rf :

$$R_f = \frac{6,8}{19} = 0,35 \text{ atau } 0,35 \times 100 = 35$$

- 1) Fruktosa hasil hidrolisis dengan eluen n-butanol : etanol : Air (4 : 1 : 2,2) diperoleh satu noda dengan harga Rf :

$$R_f = \frac{11,3}{19} = 0,59 \text{ atau } 0,59 \times 100 = 59$$

- 2) Fruktosa standar dengan eluen n-butanol : etanol : air dengan perbandingan (4 : 1 : 2,2) diperoleh harga Rf :

$$R_f = \frac{11,1}{19} = 0,58 \text{ atau } 0,58 \times 100 = 58$$

Dari uji kromatografi fruktosa hasil hidrolisis dengan menggunakan dua jenis eluen ternyata keduanya menunjukkan satu noda, tetapi pada eluen yang kedua kedudukan noda lebih tinggi karena eluen ini lebih tinggi perbandingan kepolarannya sehingga lebih kuat mengangkat noda lebih naik dan hal ini terlihat dari nilai Rf-nya lebih besar.

b. **Uji Seliwanoff.** Setelah 5 mL pereaksi Seliwanoff yang baru dibuat ditambahkan 10 tetes larutan gula (fruktosa 1 %) dan dididihkan selama 30 detik, maka terbentuk endapan yang berwarna merah. Hal ini dapat dijelaskan bahwa karena pada pereaksi seliwanoff mengandung resorsinol, maka warna merah yang terjadi disebabkan terjadinya reaksi kondensasi antara resorsinol dengan furfural atau hidroksi metil furfural yang berasal dari fruktosa..

c. Penentuan Index Bias Dengan Refraktometer.

Larutan dibuat dengan konsentrasi 2 % atau 2 gram fruktosa hasil hidrolisis dilarutkan dalam aquades 100 mL kemudian diteteskan pada refraktometer setelah sebelumnya digunakan aquades, dan diperoleh indeks bias dari pembacaan skala adalah 1,3368

3. Uji Kuantitatif Fruktosa Hasil Hidrolisis

a. Penentuan Aktifitas Optik

- 1) Penentuan Rotasi Spesifik

Dibuat larutan fruktosa murni di dalam air dengan konsentrasi $c = 0,3$ gram/mL kemudian diukur sudut rotasi. Ternyata dari hasil pengukuran diperoleh $\alpha = -53,99^\circ$, sehingga rotasi spesifik dari larutan fruktosa $[\alpha]$ dapat dihitung dengan rumus:

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

$[\alpha]$ = rotasi spesifik

l = Panjang tabung dalam desimeter =

2 dm

t = Suhu = 30°C

λ = Panjang gelombang radiasi yang digunakan

c = Konsentrasi dalam gr/mL.

$$[\alpha]_D^{30} = \frac{-53,99}{2 \times 0,3} = -89,98$$

Harga α tidak dikurangi dengan rotasi pelarut (air) oleh karena air tidak optis aktif atau α -nya = 0.

- 2) Penentuan Konsentrasi Fruktosa Hasil Hidrolisis

Dibuat larutan dari fruktosa hasil hidrolisis inulin di dalam air dengan konsentrasi 0,21 gram/mL. Selanjutnya diukur sudut rotasinya. Ternyata larutan itu menunjukkan sudut rotasi $\alpha = -35,99^\circ$, sehingga konsentrasi fruktosa di dalam

fruktosa hasil hidrolisis inulin adalah:

$$-89,98 = \frac{-35,99}{2 \times c}$$
$$C = \frac{-35,99}{2 \times 89,98} = 0,20 \text{ gr/mL}$$

Konsentrasi fruktosa di dalam fruktosa hasil hidrolisis adalah

$$= \frac{0,2}{0,21} \times 100 \% = 95 \%$$

Jadi konsentrasi fruktosa yang diperoleh dari hidrolisis inulin adalah 95 %.

Dari 240 gram inulin yang dihidrolisis diperoleh 171,02 gram fruktosa. Jadi fruktosa murni yang diperoleh dari 240 gram inulin yang dihidrolisis adalah:

$95 \% \times 171,02 = 162,47$ gram. Jadi rendemen fruktosa yang diperoleh adalah

$$\frac{162,47}{240} = 0,67695 \text{ gram atau } 67,70 \% \text{ dari}$$

240 gram inulin kering. Bila dihitung berdasarkan banyaknya sampel umbi tanaman bunga dahlia yang dijadikan sampel maka diperoleh: $95 \% \times 171,02$ gram fruktosa yang diperoleh dari hasil hidrolisis dibagi dengan banyaknya sampel umbi dahlia 2215,03 gram, maka diperoleh rendemen fruktosa sebanyak $162,47 / 2215,03 = 0,07335$ gram atau 7,33 %.

Harga aktif optik fruktosa yang diperoleh dari hasil penelitian (-89,98°) masih berada diantara angka yang dikemukakan oleh Hawley (1981) yaitu -89 s/d - 91°

KESIMPULAN

Penggunaan konsentrasi asam sulfat yang bervariasi sangat mempengaruhi rendemen fruktosa yang dihasilkan. Pada konsentrasi 0,1 M, 0,5 M dan 1,5 M dalam waktu hidrolisis 2 jam, 4 jam dan 5 jam memberikan rendemen semakin banyak dan bertambah secara teratur sesuai dengan kenaikan konsentrasi dan lama waktu hidrolisis. Sedangkan pada waktu hidrolisis 3 jam memberikan rendemen yang tidak sesuai yang diharapkan.

Penggunaan konsentrasi 1,5 M dan lama waktu hidrolisis 5 jam lebih efektif dan sangat potensial memberikan rendemen fruktosa lebih banyak.

REFERENSI

- Alles, M.S., N. M de Roos, J. C. Bakx, E. V. d. Lisdonk., P.L. Zock, and J.G.A.J. 1999. Houtvast, Consumption of fructooligosaccharides does not favorable affect blood glucose and serum lipid concentration in pasien with type 2 diabetes, *Am. J. Clin. Nutrition.*, 69: 64-69.
- Anwar C, Purwono B, Pranowo D. H, Wahyuningsih T.D, 1996. *Pengantar Praktikum Kimia Organik*. Depdikbud. Proyek Pembinaan Tenaga Akademik. FPMIPA UGM. Yogyakarta
- Arbianto, P. 1993. *Biokimia Konsep-Konsep Dasar*. Depdikbud. Proyek Pembinaan Tenaga Kependidikan Pendidikan Tinggi. ITB. Bandung.
- Badan Pusat Statistik, 2001. Kota Gorontalo Dalam Angka. Kerja sama BPS dengan BAPPEDA Kota Gorontalo.
- Bahl, B.S. and A. Bahl. 1979. *Advanced Organic Chemistry*. S. Chand & Company Ltd. Ram Nagar, New Dehli.
- Belitz, H. D. and W. Grosch. 1987. *Food Chemistry*. Heidenberg: Springer-Verlag. Berlin.
- Berk, Z. 1976. *Braverman's Introduction to the Biochemistry of Foods*. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.
- Clydesdale, F.M. 1977. *Carbohydrate Sweeteners in Nutrition: Fact and Fantasy*. Di dalam L.F Hood, E. d. Wadrip, dan G.N. Bollenback (eds). Carbohydrates and Healt. Avi Publishing Co, Inc. Westport, Connecticut.

Electrospray Mass Spectrophotometry of Linear Ligands and their metal ion complexes

Vanny Tiwow

Faculty of Education Tadulako University Palu

Email : Vanny.Tiwow@gmail.com

Abstract

The aim of this research is to determine if the linear N2 Ligand and the linear N2S3 ligand in solution in the absence and presence of a range of mainly M(II) ion survive the electrospray process, and whether the mass spectra reflect likely species that are present in bulk solution. The application of electrospray mass spectrometry (ESMS) method which consisted of a vacuum system, an inlet system, an ESI sources, a quadrupole mass filter and an electron multiplier detector. Each part of these contents had their technique, condition and processing. Sample solutions of complexes of ligand were prepared in milli-Q water (to $10^{-4}M$). Aliquots of these solution 20 μ l were stirred and gently heated, mixed, with the solution of the metal ion salts in water, stirred and the pH adjusted. All sample solutions were directly infused into the electrospray sources using a 10-microliter syringe assisted by the flow of mobile phase which was fed by the binary pumps of the HPLC system. The result showed that both these linear ligands clearly went through a various of range cleavage reaction under ESMS conditions but keep their consistency in part as free and complexed species. Fragmentation appeared indiscriminantly at the weaker C-S and C-N bonds rather than at C-C bonds. A wide range of transition metals formed dominantly 1;1 complexes with the ligands reflecting the behavior in bulk solution.

Key words: linear ligand, complexes, ESMS

1. Introduction

The development of ESMS has had a profound impact on the mass spectrometric analyses of a broad range of analytes, notably inorganic and inorganic and bioinorganic systems. One of the potential areas of investigation involving ESMS has been the detection and analysis of transition metal ion complexes in aqueous and non- aqueous solution. The focus in ESMS is on studies of the gas-phase metal ion chemistry, which may reflect the chemistry in the bulk solution employed in analysis. The technique appears 'soft' enough to often preserve complexes in the gas phase. Despite these and other studies, it is surprising that no examination of simple linear saturated polymines and polyaminothio ethers have appeared. A range of inorganic system has been examined to date. For example, Lover *et al* had characterized by ESMS the chemistry of anionic metal sulfide thiolate clusters, such as $[E_4CD_{10}(SPh)_{16}]^{4-}$ (E=S,Se), $[SZn_{10}(SPh)_{16}]^-$ and $[S4Cd_{17}(SPh)_{28}]^-$ and of the metal thiopenolate complexes $[M(SPh)_4]^{2-}$ and $[M(SPh)_{10}]^{2-}$ (where M = Cd, Zn), and $[Cd_4X_4(SPh)_4]^{2-}$ (X = Cl, Br, I).¹ Exchanges of M, E and X were detected in

various mixtures of these clusters and the fragmentation have been investigated

The distribution of simple hydrated and complexes metal species in solution was also determined using ESMS for complexes formed by selected metal ions with added organic ligands using water/acetonitrile and 50: 50water: methanol solvents under acidic, neutral and basic conditions.¹ The metal ions examined $Mn^{2+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Cd^{2+}, Pb^{2+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}$ and Al^{3+} are known to be of both biological and geochemical importance. Simple organic ligands used, namely 8-hydroxyquinoline (a N,O⁻ donor), N,N-diethyldithiocarbamate (S,S⁻), diphenylthiocarbazone (N,S), and dimethylglyoxime (N,N). metal species containing acetate and nitrate ions as well as solvent molecules predominated in acidic solution, but became less abundant at higher pH. Interaction between metal ions and added organic ligands become more selective with increasing pH, showing the expected preference of hard and soft ligands for metal ions of the corresponding type. Species distributions also tended toward larger complexes as the pH increased. Reduction of

copper (II) in aqueous acetonitrile resulted in the detection of copper (I) complexes for certain ligands.³

This research surveys some aspects of the characterisation by ESMS of the binding of metal ions with both the linear N⁵ ligand (1) and the linear N₂S₃ ligand (2).

The objectives were to determine if these ligands in the solution in the absence and presence of a range of mainly M(II) ion survive the electrospray process, and whether the mass spectra reflect likely species that are present in the bulk solution. A limited examination of two linear Schiff base diimines based on (2) and an oxo analogue is also included, where the imine bond is a candidate for hydrolytic cleavage.

2. Reading reviews

Alvare, *et al* found that the electrospray analysis of a series of methanolic solutions composed of a quinoline antibiotic, a transition metal ion salt and auxiliary diimine ligands yields mass spectra that indicate the formation of metal complexes.³ The quinolone-metal complexes generated are of the type [M^{II}(L-H⁺)(bipy)]⁺, where M (II) is either Cu, Co, or Ni and 2,2'-bipyridine is the auxiliary ligands.

Bond and coworkers examined a range of ionic platinum (II) complexes by ESMS, and related these to parallel NMR studies.⁴ The main identifying feature of compounds was their rich isotopic pattern, which dominates the appearance of the mass spectrum. The polyphosphine derivatives of a series of ionic Pt(II)-dithiolate complexes all produced the intact cation in their mass spectrum, usually as the base peak. With certain phosphine and dithiolate combinations, dications were formed in the solution, and these invariably formed an ion-paired adduct with the acetate ion from the mobile phase. The association of anionic groups with multiply-charged cation is found for inorganic systems under ESMS conditions, since charge reduction to mainly 1⁺ or 2⁺ ions is a feature noted in many ESMS studies where appropriate mechanisms of charge reduction can operate. Another series examined studied cationic complexes generated by the reaction of solutions of neutral iron (III), cobalt(III), nickel(II) and copper(II) dithiocarbamate (R₂dtc⁻) with nitrosonium tetrafluoroborate.⁶ The major reaction of the metal dithiocarbamate with NOBF₄ studied

here correspond to NO⁺ acting as an innocent one-electron oxidant. However, the ions [Fe^{IV}(R₂dtc)]³⁺, [Co^{IV}(R₂dtc)₃]⁵⁺, [Ni^{IV}(R₂dtc)₃]⁺ and [Cu^{III}(R₂dtc)₂]⁺ ions are the dominant species formed, as is the case with electrochemical oxidation. However, the ions [Fe(R₂dtc)₂NO]⁺ and [Co₂(R₂dtc)₅S]⁵⁺ and [Cu(R₂dtc)₂S]⁺ resulting from oxidant addition or ligand dissociation reaction were also observed as products.

Faizar and coworkers studied both Cu(I) and Cu(II) species extracted from jet fuel that was exposed to copper metal by using ESMS.⁵ The detection of the copper species by the electrospray method depends on the ligand introduced during the analysis or present in the carrier stream. Detection limits in the 30-150ppb range are achieved for the copper (II) N,N'-disalicylidene-1,2-propylenediamine complex, detected as its protonated ion.

Recently, Ralph *et al* examined a series of cationic metal complexes of the bicyclic hexamine cage compound 1,5,9,13,20-pentamethyl-3,7,11,15,18,22-hexaazabicyclo[7.7.7] tricosane by using ESMS, together with metal complexes of related smaller and larger hexamine 'cage' complexes.⁶ The most abundant ion observed in the ESMS of divalent metal-ion cage complexes was the doubly-charged molecular ion, [M(cage)]²⁺. For trivalent metal ion complexes, spectra obtained using a low resolution quadrupole mass spectrometry suggested that the most abundant ion is the mono-deprotonated metal(III) ion of the type [M^{III}(cage-H)]²⁺, whereas when the spectra of several of these cage complexes were obtained using a high-resolution sector instrument it was shown that the most intense peaks were due to mixtures of this and the reduced metal (II) ions, [M^{II}(cage)]²⁺, formed by reduction of the metal(III) ion complex in the ion source.

3. Experimental Method

Sample Preparation and Analysis

Sample solution of (2) for ESMS were prepared by dissolving the solid 1,11-diamino-3,6,9-trithiaundecane dihydrobromide in milli-Q water (to 10⁻⁴ M). The solution was stirred and gently heated. A 20 mL aliquot of this solution was mixed into a solution of the metal ion salt (10⁻⁴ M) in milli-Q water (20 mL). The hydrated salts of Cu (ClO₄)₂, Ni (ClO₄)₂, COCl₂, ZnCl₂, CrCl₂, CdCl₂ and Fe(NO₃)₂ were used. After stirring, each of the mixed

solution was adjusted to pH 6, usually by adding to the solution 0.1 M aqueous sodium hydroxide. A Hanna HI8521 pH meter (Hanna Instruments, Italy) was used for measuring pH values, and was calibrated at room temperature using buffers of pH 4.0 and 7.0 (BDH, Australia).

Sample solutions of complexes of (1) were prepared by dissolving the ligand tetraethylenepentamine in milli-Q water (to 10^{-4} M). Aliquots of these solution (20 mL) were stirred and gently heated, mixed with the solution of the metal ion salts in water (10^{-4} M, 20 mL), stirred, and the pH adjusted to 6.

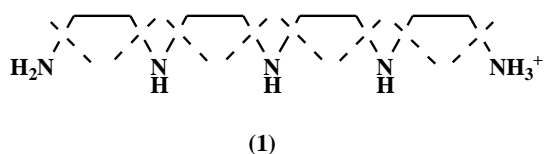
All sample solution were directly infused into the electrospray source using a 10-microliter syringe assisted by the flow mobile phase (which was fed by the binary pump of the HPLC system).

Mass spectra were acquired by scanning the quadrupole mass filter from m/z ratio of the most abundant peak in the parent group

Results and Discussion

Metal Ion Complexes of Tetren

The pentaamine tetren (1) is chemically stable and forms thermodynamic- cally stable complexes with a wide range of metal ions. Cyclic polyamines and their complexes are generally even more stable, and this is reflected in their ESMS behaviour, where dissociation processes are modest.^{6,10} The stability of saturated, linear polyamines under ESMS is less well probed, if studied at all, to date. The example tetren (1) has been examined in this work. Under mild ESMS conditions, fragments consistent with N-C bond breakages and some following reactions occur; in fact, all of the N-C bonds appear to be implemented. Potential sites of cleavage in the molecule are indicated below.



The peak due to the monoprotonated (1) is the peak, at m/z 190.1 under the pH condition present in the bulk solution, polyprotonated species would not be present in high amounts in the bulk. Since ESMS favours charge-reduced species, it is not surprising that the absence of polyprotonated species carries

through from the bulk solution. In this case, even (1) H_2^{2+} is detectable only at high cone voltage (C.V), and then as a small peak ; it is absent at the relatively low 20V C.V. conditions used routinely in this study. However, even at 20V C.V., significant fragmentation of (1) occurs, if a random sequence of C-N cleavages (including successive cleavages) occurs, fragment of the type depicted in Scheme 1 may form. These arise by loss to yield smaller polyamine. Alternatively, cleavage at C-N bonds towards the centre can occur, giving rise to fragments containing a range of different numbers of amine groups. In addition, if some of the radical intermediates of bond scission undergo cyclisation rather than proton abstraction, di-, tri- and tetra-aza cyclic species may form, also depicted in the Scheme, and are included in assignments made in **Table 1**. as the cone voltage is increased, fragmentation increases (Figure 1), with (F8)H⁺ becoming the dominant peak at 40V C.V.

This is behaviour observed generally in ESMS; although considered a 'soft' MS technique, and hence capable of preserving molecular ion integrity, some fragmentation is frequently observed and increases at higher cone voltage.

All metal ions studied from 1:1 complexes with (1) (Table 1). These are dominantly simple $[M(1)]^{2+}$ and or $[M(1)]^{2+} \cdot xH_2O$ species. An example of the ESMS of a metal complex appears in Figure 2. Since (1) is capable of five-coordination, it is assumed that the gas-phase $[M(1)]^{2+}$ complexes are five-coordinate species, although lower coordination can be achieved with a dangling arm and higher coordination can be achieved in the solvated species by complexation of water molecule(s).

Table 1. Major metal complex ions observed in the ESMS of tetren (1) ligand in the presence of added metal (II) ions.

Metal ion	complexes	m/z_{obsd} % BPI	m/z_{calcd}
Copper(II)	$Cu(I)^{2+}$	190.1, 100%	126.4
	$[Cu(I)(ClO_4)]^+$	216.7, 64%	352.3
	$[Cu(I)(OH)]^{2+} \cdot H_2O$	287.3, 17%	287.8
	$Cu(I)^+$	251.3, 3%	252.8
	$[Cu(I)H^+(ClO_4)]^+$	177.9, 36%	176.7
	$[Cu(I)]^{2+} \cdot 6H_2O$	180.0, 16%	180.4
Cobalt(II)	$Co(I)^{2+}$	123.9, 100%	124.1
	$[Co(I)(OH)]^{2+} \cdot H_2O$	283.6, 40%	283.2
	$Co(I)^+$	247.6, 1%	248.2
Nikel(II)	$Ni(I)^{2+}$	123.9, 100%	124.0
	$[Ni(I)]^{2+} \cdot 2H_2O$	283.6, 40%	142.0
	$Cu(I)^+$	247.6, 1%	248.0

Iron(II)	[Fe(I)] ²⁺ .H ₂ O	129.9, 100%	129.2
	Fe(I) ⁺	242.3, 9%	245.1
	[Fe(I)(OH)] ⁺	247.2, 1%	262/1
Chromium (II)	Cr(I) ²⁺ .H ₂ O	130.1, 34%	129.1
	[Cr(I)] ²⁺ .3H ₂ O	147.3, 100%	147.1
	[Cu(I)(OH)] ⁺	259.3, 4%	258.3
Zink(II)	Zn(I) ²⁺	126.5, 100%	127.3
	[Zn(I)(OH)] ⁺	271.0, 12%	271.7
	[Zn(I)] ²⁺ .2H ₂ O	289.4, 27%	290.7
Cadmium (II)	Cd(I) ²⁺	150.4, 100%	150.8
	Cd(I) ²⁺ .2H ₂ O	338.4, 96%	337.0

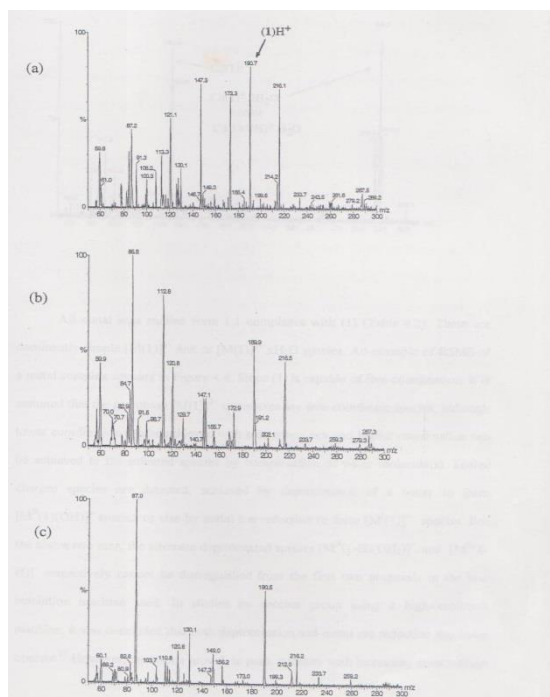


Figure 1. Variation in ESMS spectrum of (1) in water at pH 6 cone voltage (a) 20 V, (b) 30V(c)40V

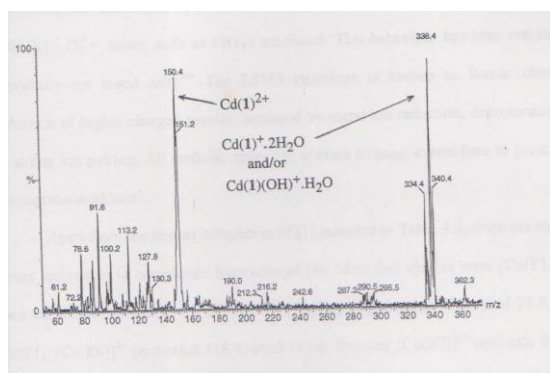


Figure 2. The ESMS spectrum of(1) with an equimolar amount of cadmium(II) ion in water (at a cone voltage of 20 V).

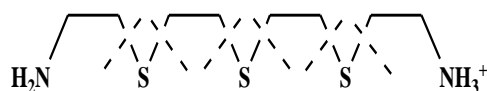
Lower charges species are detected, achieved by deprotonation of a water to from

[M^{II}(1)(OH)]⁺ species or else by metal ion reduction to form [M^I(1)]⁺ species. For the above two ion, the alternate deprotonated species [M^{II}(1-H)(OH₂)]⁺ and [M^{II}(1-H)]⁺ respectively cannot be distinguished from the first two proposals in the low resolution machine used. In studies by another group using a high-resolution machine, it was concluded that both deprotonation and metal ion reduction processes operate.⁹ However, the strong growth in peak intensity with increasing cone voltage for the latter of the first two choices in this study favours [M^I(1)]⁺ rather than the [M^{II}(1-H)]⁺ as the major species observed. In some cases, complexes such as [M(1)X]⁺(X⁻=anion, such as ClO₄⁻) are found. This behaviour has been reported previously for metal salt.¹⁰ The ESMS technique is known to favour charge reduction of higher charged species, achieved by metal ion reduction, deprotonation, or strong ion pairing. All methods appear to operate to some extent here to produce monoprotated ions.

Apart from the copper complexes of (1) reported in table 2, there are some peaks assignable to complexed fragment of (1). Identified species were [Cu(F1)]²⁺.

Metal ion Complexes of N₂S₃-Tetren

The free mixed-heteroatom ligand (2) appears to undergo substantial cleavage in the ESMS process, although the simple ion (2)H⁺ is the major peak at low cone voltage (Table 2). As the cone voltage is raised, the fragmentation increase (Figure 3). All of the fragments identified appear to result from C-S bond cleavage, consistent with this being the weakest bond in the compound. Fragment observed are consists cleavage at any of the C-S bonds, as identified in the sketch below.



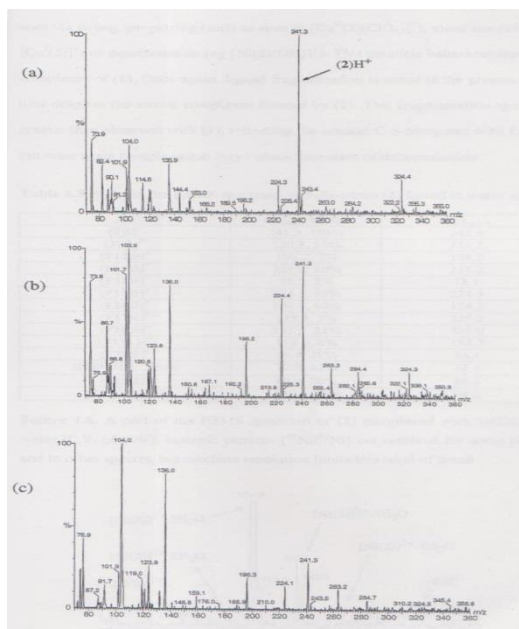
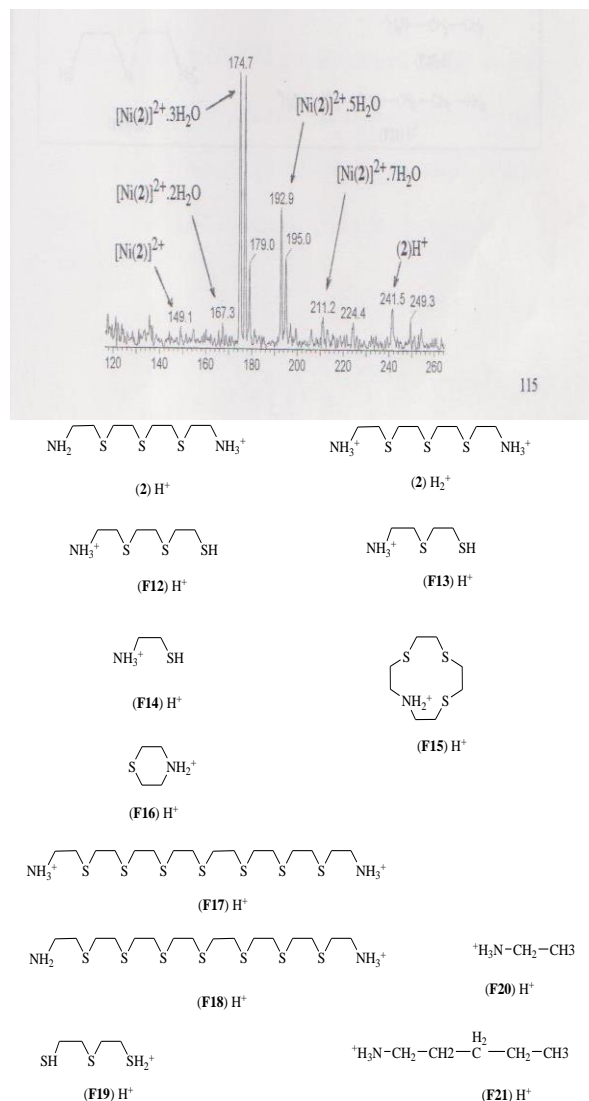


Figure 3: Variation in the ESMS spectrum of (2) in water at pH with cone voltage; (a) 20V, (b).30 V, (c) 40 V.

This produces a range of fragments (Scheme 1), some of which arise from subsequent cyclisation and or bond formation reactions of short-lived radicals. The fragment (F12) Form by loss of $\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2$ fragment via C-S cleavage and presumably subsequent proton abstraction. (F13) and (F14) subsequently can form from loss of further $\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-SH}$ unit. Alternatively, (F13) and (F16) can form from cleavage of a C-S at the central thioether, with the smaller of the two fragment formed initially cyclising to form (F16). Since (F13) and (F16) vary in

Figure 4: A part of the ESMS spectrum of (2) complexed with nickel(II) ion in water (C.V. of 20 V), isotopic patterns [$^{58}\text{Ni}/^{60}\text{Ni}$] are resolved for some peaks here and in other spectra, but machine resolution limits this level of detail.

Scheme 1. Fragmentation Species of N_2S_3 -Tetren (2) ligand in ESMS



relative size in approximately the same manner as the C.V. is raised, this suggests that this may be plausible and dominant reaction. (F18). Cyclisation of fragments is observed, with macrocycle (F15), formed. The amount of (2)H+ observed decreases as the C.V. increases, while amounts of fragments generally increase. This is consistent with greater fragmentation under increased collision activation.

Reformation of thiol and carbon radical fragments can account for formation of (F17), whereas combination of two thiol radicals leads to formation of disulphide with metal complexation of (2) leads to dominantly 1:1 species (Table 3) particularly $[\text{M}(\text{2})]^{2+} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ($x \geq 0$) (Figure 4). Once again charge reduction is seen via strong ion-pairing (such as seen in $[\text{Cu}^{\text{II}}(\text{2})(\text{ClO}_4)^+]$, metal ion

reduction (eg. $[\text{Cu}^{\text{II}}(2)]^+$) or the protonation (eg. $[\text{Ni}(2)(\text{OH})]^+$).

Table 1. Major metal complex ions observed in the ESMS of N_2S_3 -Tetren (2) ligand in the presence of added metal (II) ions.

Metal ion	complexes	$m/z_{\text{obsd}} \% \text{BPI}$	m/z_{calcd}
Copper(II)	$\text{Cu}(2)^{2+}$	152.3, 39%	152.0
	$[\text{Cu}(2)(\text{OH})]^{2+} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	179.2, 78%	179.0
	$\text{Cu}(2)^+$	303.7, 19%	303.9
	$[\text{Cu}(2)(\text{ClO}_4)]^+$	402.4, 100%	403.4
	$[\text{Cu}(2)(\text{OH})]^+$	561.3, 8%	561.3
Cobalt(II)	$\text{Co}(2)^{2+}$	148.8, 100%	149.7
	$[\text{Co}(2)(\text{OH})]^{2+} \cdot \text{H}_2\text{O}$	298.5, 8%	299.3
	$\text{Co}(2)^+$	390.7, 65%	388.4
Nikel(II)	$\text{Ni}(1)^{2+}$	149.1, 2%	149.5
	$[\text{Ni}(1)]^{2+} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	167.3, 3%	167.5
	$[\text{Ni}(1)]^{2+} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	177.1, 48%	176.5
	$[\text{Ni}(1)]^{2+} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	195.0, 13%	194.5
	$[\text{Ni}(1)]^{2+} \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	211.5, 4%	212.5
	$[\text{Ni}(1)]^+(\text{OH})^+$	317.0, 90%	316.0
Iron(II)	$[\text{Fe}(2)]^{2+} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	167.0, 100%	166.1
	$\text{Fe}(2)(\text{OH})^+ \cdot \text{H}_2\text{O}$	330.7, 25%	331.2
Chromium (II)	$\text{Cr}(2)^{2+}$	145.2, 100%	146.2
	$[\text{Cu}(2)(\text{OH}_2)]^+$	103.0, 23%	103.5
	$[\text{Cr}(2)(\text{OH})]^+ \cdot \text{H}_2\text{O}$	327.0, 90%	327.4
Zink(II)	$\text{Zn}(2)^{2+}$	151.8, 100%	152.7
	$[\text{Zn}(2)]^{2+} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	162.2, 24%	161.7
	$[\text{Zn}(2)(\text{OH})]^+$	323.0, 4%	322.8
Cadmium (II)	$\text{Cd}(1)^{2+}$	178.1, 100%	176.4
	$\text{Cd}(1)]^{2+} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	194.9, 42%	194.4
	$\text{Cd}(1)]^{2+} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	222.3, 75%	221.4
	$\text{Cd}(1)]^+ \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	390.3, 38%	388.8

This is parallel behaviour discussed for complexes of (1). Once again, ligand fragmentation is noted in the presence of metal ions despite the strong complexes formed by (2). This fragmentation appear to be greater than observed with (1), reflecting the weaker C-S compared with C-N bonds, but once again complexation may reduce the extent of decomposition

4. Conclusion

Liner polydentate ligands with N and S heteroatoms clearly undergo a range of bond cleavage reactions under ESMS conditions, yet maintain their integrity in part as both free and complexes species. Fragmentation occurs fairly indiscriminately at the weaker C-S and C-N bonds rather than at C-C bonds. A wide range of transition metals form dominantly 1:1

complexes with the ligands examined here reflecting the behavior in bulk solution. There is some evidence to suggest that cyclic ligands undergo less fragmentation than analogous acrylic ligands, particularly when present as their metal complexes. Further and more detailed examination of this observation is warranted.

This study has identified that the 'soft' ESMS technique, though to produce structural retention in polydentate ligands and their complexes, can exhibit significant cleavage of at least acyclic ligands even at low cone voltage. This behavior is even more marked at higher cone voltages. This caution in the use and interpretation of the technique, powerful though it may be for studies of coordination chemistry, is required.

5. Reference

1. A. R. Ross, M. G. Ikononou, J.A. Thomson and K. J. Orians, *Anal. Chem.*, 1998, **70**, 2225.
2. E. J. Alvares, V. H. Vartanian and S.J. Borodbelt, *Anal. Chem.*, 1997, **67**, 1147.
3. A. M. Bond, J. Harvey and S. J. Traeger, *Inorg. Chem. Acta.*, 1995, **288**, 193.
4. A. M. Bond, R. Coton, A. D. Agostino, J. Harvey and J. C. Traeger, *Inorg. Chem. Soc. Dalton Trans.*, 1993, **32**, 3952.
5. T. Vaisar, F. Turecek, L. C. Galtlin, *Anal. Chem.* 1994, **66**, 3950.
6. S. F. Ralph, M. M. Shiel, A. L. Hick, R. J. Geue, and A. M. Sargeson, *J. Chem. Soc., Dalton Trans.* 1996, 4417.
7. Sutrisno, *doctor thesis*, University of Newcastle, 2000.

