

**LAPORAN TAHUNAN**  
**PENELITIAN HIBAH FUNDAMENTAL**



**JUDUL PENELITIAN**  
**PEMBUATAN KATALIS MODIFIKASI Cu/BATU APUNG**  
**UNTUK MENDUKUNG REAKSI KONVERSI**  
**3-METIL-1-BUTANOL**

**LAPORAN TAHUNAN PERTAMA**  
**PENELITIAN HIBAH FUNDAMENTAL**

**KETUA : DRS. MARDJAN PAPUTUNGAN, M.Si**  
**NIDN : 0015026004**  
**ANGGOTA : RAKHMAWATY AHMAD ASUI, S.Pd. M.Si**  
**NIDN : 0027028202**

**UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

**SEPTEMBER 2014**

**LAPORAN TAHUNAN**  
**PENELITIAN HIBAH FUNDAMENTAL**



**JUDUL PENELITIAN**

**PEMBUATAN KATALIS MODIFIKASI Cu/BATU APUNG  
UNTUK Mendukung REAKSI KONVERSI  
3-METIL-1-BUTANOL**

**LAPORAN TAHUN PERTAMA  
PENELITIAN HIBAH FUNDAMENTAL**

**KETUA : DRS. MARDJAN PAPUTUNGAN, M.Si**  
**NIDN : 0015026004**  
**ANGGOTA : RAKHMAWATY AHMAD ASUI, S.Pd. M.Si**  
**NIDN : 0027028202**

**UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO**

**SEPTEMBER 2014**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**PENELITIAN FUNDAMENTAL**

**Judul Kegiatan** : Pembuatan Katalis Modifikasi Cu/Batu Apung Untuk Mendukung Reaksi Konversi 3-Metil-1-butanol

**Kode>Nama Rumpun Ilmu** : 112 / Kimia

**Ketua Peneliti**

A. Nama Lengkap : Drs. MARDJAN PAPUTUNGAN M.Si

B. NIDN : 0015026004

C. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

D. Program Studi : Pendidikan Kimia

E. Nomor HP : 085299165784

F. Surel (e-mail) : marpa@ung.ac.id

**Anggota Peneliti (1)**

A. Nama Lengkap : RAKHIMAWATY AHMAD ASUI S.Pd., M.Si.

B. NIDN : 0027028202

C. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Gorontalo

**Lama Penelitian Keseluruhan** : 2 Tahun

**Penelitian Tahun ke** : 1

**Biaya Penelitian Keseluruhan** : Rp 148.525.000,00

**Biaya Tahun Berjalan** :

- diusulkan ke DIKTI	Rp. 30.000.000,00
- dana internal PT	Rp 0,00
- dana institusi lain	Rp 0,00
- inkind sebutkan	



Mengemahi  
Dekan Fakultas MIPA UNG

(Prof. Dr. Hj. Evi Hulukati, M.Pd)  
NIP/NIK 196005031986032001

Gorontalo, 16 - 9 - 2014,  
Ketua Peneliti,

(Drs. MARDJAN PAPUTUNGAN M.Si)  
NIP/NIK 196002151988031001



Menyetujui,  
Kepala Lembaga Penelitian ↓

(Dr. Fitriyane Lihawa, M.Si)  
NIP/NIK 196912091993032001

## RINGKASAN

Akan dilakukan penelitian hibah fundamental dengan Judul " Pembuatan Katalis Modifikasi Cu/Batu Apung Untuk Mendukung Reaksi Konversi 3-metil-1-butanol". Tujuan penelitian ini adalah: 1) mendapatkan katalis Cu/batu apung yang baik untuk mendukung reaksi konversi, 2) seberapa besar hasil konversi katalis modifikasi Cu/batu apung terhadap 3-metil-1-butanol pada kondisi reaksi tertentu, dan 3) mengusulkan kemungkinan mekanisme reaksi hasil konversi katalis modifikasi Cu/Batu Apung terhadap 3-metil-1-butanol.

Untuk mencapai tujuan penelitian di atas, maka Tahap I dilakukan adalah a) menentukan komponen logam dalam batuan apung melalui metode MP-AES 4100, b) membuat katalis modifikasi batu apung dengan mengimpregnasikan logam Cu diikuti dengan aktivasi pada suhu 500 °C, c) karakterisasi katalis Cu/Batu Apung meliputi; Morfologi sebaran permukaan logam Cu dengan SEM, luas pori katalis dengan Nova Quantacrom serta. Tahap II adalah; a) dilakukan uji aktivitas katalis terhadap 3-metil-1-butanol dalam suatu reaktor (furnace) pada suhu 400 – 500 °C dengan sistem flow (aliran) terhadap umpan, b) analisis hasil konversi melalui kromatogram GC dan GC-MS, c) mempelajari mekanisme dan laju reaksi konversi hasil uji aktivitas katalis modifikasi Cu/Batu Apung terhadap 3-metil-1-butanol melalui diagram GC dan GC-MS dengan melihat produk selain sampel terhadap standard.

Hasil tahap I awal dilakukan baru mencapai pengolahan sampel batuan (batu apung) dan karakteristik komponen logam batu apung sebelum dimodifikasi. Hasil pengukuran berdasarkan MP-AS 4100 menunjukkan bahwa Batu apung yang berasal dari Buol Toli-Toli mengandung logam sebagai berikut: Fe 20,29 ppm, Ba 5,07 ppm, Cu 13,78 ppm, K 13,28 ppm, Mn 14,32 ppm, Sr 45,82 ppm, dan Al sekitar 904 ppm. Pengolahan sampel tahap berikutnya berupa pembuatan pellet dan impregnasi dengan logam Cu dan aktivasi serta karakterisasinya meliputi; morfologi komponen kimia batu apung aktif Hasil EDS menunjukkan element; C (20,4 %), O (36,78 %), Na (2,32 %), Mg (0,71 %), Al (6,21 %), Si (23,66 %), K (2,97 %), Ca (2,97 %), Fe (4,75 %). Dan ratio Si/Al sekitar 3,80. Sedangkan hasil morfologi katalis modifikasi Cu/BA aktif sebagai berikut : logam Cu 4,80 % dan ratio Si/Al sebesar 3,64. Dapat disimpulkan di sini bahwa secara kualitatif hasil modifikasi mendapatkan sebaran logam (situs aktif) yang lebih merata (luas permukaan besar) dan secara kuantitatif hasil modifikasi Cu/BA aktif menunjukkan ratio Si/Al yang besar 3,64. Kesimpulan hasil modifikasi Cu/BA aktif dapat diusulkan sebagai katalis konversi.

*Kata Kunci: Katalis Modifikasi Cu/Batu Apung, Karakterisasi Katalis.*

## PRAKATA

Puji syukur senantiasa hanya dipanjatkan kehadirat Illahirabbi, karena hanya dengan izinnya semata laporan kemajuan penelitian fundamental ini dapat diselesaikan. Maksud laporan ini tidak lain adalah memberi informasi tentang pelaksanaan penelitian beserta kemajuan yang dibiayai melalui BOPTN UNG Tahun anggaran 2014.

Adapun judul yang diajukan melalui proposal Fundamental adalah **Pembuatan Katalis Modifikasi Pt/Batu Apung Untuk Mendukung Reaksi Konversi 3-metil-1-butanol (multi tahun)**, namun karena kesulitan dalam pengadaan logam Pt, maka kami tim peneliti mengambil kesimpulan untuk menggantinya dengan logam tembaga Cu. Walaupun ada perbedaan sifat kimia antara logam Pt dengan Cu, akan tetapi ditinjau dari sifat logam keduanya tergolong transisi, Sifat transisi logam inilah yang dijadikan sebagai acuan dalam pembuatan atau modifikasi katalis padatan. Sampel Batu Apung berasal dari Kepulauan Raja Kabuptaen Buol Sulawesi Tengah. Dipilihnya batu apung ini disebabkan batu tersebut memiliki sifat tertentu yakni terapung di dalam air. Sifat terapung tersebut dapat disebabkan antara lain massa jenisnya lebih kecil dari air atau pori batuan yang banyak terisi oleh udara menjadikan batuan tersebut tidak tenggelam dan lain-lain.

Penelitian ini dilakukan selama 2 tahun, tahun pertama yakni pembuatan katalis modifikasi Cu/Batu Apung, sehingga diperoleh katalis padatan dengan karakter pori yang maksimal, sifat asam tinggi serta susunan logam Cu aktif dalam permukaan katalis. Kesemuanya itu merupakan pendukung terjadinya reaksi konversi 3-metil-1-butanol. Laporan tahunan ini berisi tentang pelaksanaan penelitian tahun pertama atau tahap I. Dengan hasil yang diperoleh tersebut, penelitian ini dapat diusulkan tahun kedua atau tahap II untuk uji konversi katalis hasil modifikasi terhadap 3-metil-1-butanol.

Terima kasih.

Gorontalo, 18 September 2014  
Ketua Tim Peneliti

Drs. Mardjan Paputungan, M.Si  
NIP. 19601502 198803 1001

## DAFTAR ISI

	<b>hal</b>
HALAMAN SAMPUL .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
RINGKASAN .....	iv
PRAKATA .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	vii
BAB 1. PENDAHULUAN .....	1
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....	7
BAB 4. METODE PENELITIAN .....	8
BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	11
BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA (untuk laporan tahunan).	16
BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN .....	17
DAFTAR PUSTAKA .....	18
LAMPIRAN	
- Lampiran 1. Hasil SEM EDS-1 BA Aktif dan	20
- Lampiran 2 Hasil SEM EDS-1 CU/Batu Apung Aktif	21
- Lampiran 3 Bagan Alir Penelitian Tahap 1	22
- Lampiran 4 Foto Sampel batu apung	24
- Personalia tenaga peneliti beserta kualifikasinya .....	26
- Pengiriman sampel (surat) .....	27
- Publikasi ( Penerimaan Abstrak Hasil penelitian) pada Seminar Nasional Kimia ; 09 November 2014 di Universitas Negeri Gorontalo.	

## Daftar Tabel

- Tabel 1. Komposisi Kandungan Logam dan semi logam  
Batu Apung Buol (BA-B) Hasil Pengujian MP-AS 4100
- Tabel 2 Morfologi (sebaran) komposisi kimia BA Aktif .  
Hasil pengujian SEM; EDS BA aktif dan EDS Cu-BA aktif
- Tabel 3 Morfologi (sebaran) komposisi kimia Cu-BA Aktif .  
Hasil pengujian SEM; EDS BA aktif dan EDS Cu-BA aktif

## Daftar Gambar

- Gambar 1. Batu Apung (Pumace)
- Gambar 2. Morfologi Batu Apung (BA) aktif
- Gambar 3. Morfologi Cu/BA aktif

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

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 adalah harus ada sumber energi alternatif lainnya. 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 disupport dengan logam tembaga (Cu).

Bertitik tolak dari uraian di atas, penulis memilih kajian dalam penelitian ini yaitu: ” *Pembuatan Katalis Modifikasi Cu/Batu Apung Untuk Mendukung Reaksi Konversi 3-metil-1-butanol* ”.

### **1.2 Permasalahan**

- a. Bagaimana membuat modifikasi Cu/Batu Apung menjadi suatu katalis?
- b. Seberapa besar konversi katalis modifikasi Cu/Batu Apung terhadap 3-metil-1-butanol?
- c. Bagaimanakah mekanisme reaksi hasil konversi dilihat dari sudut kinetik?

### **1.3 Tujuan Khusus dan Urgensi Penelitian**

- a. Mendapatkan katalis Cu/Batu Apung yang baik untuk mendukung reaksi konversi 3-metil-1-butanol

- b. Mendapatkan hasil konversi hingga 70 % dengan penggunaan katalis modifikasi Cu/batu apung terhadap 3-metil-1-butanol pada kondisi reaksi tertentu
- c. Mengusulkan kemungkinan mekanisme reaksi hasil konversi katalis modifikasi Cu/Batu Apung terhadap 3-metil-1-butanol.

Untuk mencapai tujuan penelitian di atas, maka penulis melakukan target penelitian ini yakni;

1. Sebagai tahap pendahuluan dalam penelitian ini, maka pertama dilakukan adalah menentukan komposisi mineral berupa Fe, Mn, Cr, Ca, dan Mg pada batu apung sebagai sampel penelitian
2. Bagaimana membuat katalis modifikasi batu apung dengan logam Cu untuk menghasilkan katalis Cu/Batu Apung dengan sifat (karakteristik) pori, susunan kristalnya dan sebaran logam Cu, serta keasaman yang lebih mendukung terjadinya reaksi konversi.
3. Menguji aktivitas katalis Cu/Batu Apung terhadap reaksi konversi 3-metil-1-butanol pada temperatur 400 - 500 °C dengan hasil konversi hingga 70 %.
4. Mendapatkan mekanisme reaksi konversi 3-metil-1-butanol menggunakan katalis modifikasi Cu/batu apung, serta mengusulkan persamaan laju reaksi konversi berupa:

$$-\frac{d[3\text{-metil-1-butanol}]}{dt} = k[3\text{-metil-1-butanol}]^m$$

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Batu Apung

Batu apung (*pumice*) adalah jenis batuan yang berwarna terang, mengandung buih yang terbuat dari gelembung berdinding gelas, dan biasanya disebut juga sebagai batuan gelas vulkanik silikat. Gambar I di bawah adalah ngambaran fisik batu apung secara alami.



Gambar 1. Batu apung.

Batu apung (*Pumice*) terjadi bila magma asam muncul ke permukaan dan bersentuhan dengan udara luas secara tiba-tiba. Buih gelas alam dengan gas yang terkandung di dalamnya mempunyai kesempatan untuk keluar dan magma membeku dengan tiba-tiba. *Pumice* umumnya terdapat sebagai fragmen yang terlemparkan pada saat gunung api dengan ukuran dari kerikil sampai bongkah. *Pumice* umumnya terdapat sebagai lelehan atau aliran permukaan, bahan lepas, atau fragmen dalam reksi gunung api. Batu apung dapat pula dibuat dengan cara memanaskan obsidian, sehingga gasnya keluar. Pemanasan yang dilakukan pada obsidian dari Krakatau, suhu yang diperlukan untuk mengubah obsidian menjadi batu apung rata-rata  $880^{\circ}\text{C}$ . Berat jenis obsidian yang semula 2,36 turun menjadi 0,416 sesudah perlakuan tersebut oleh sebab itu mengapung di dalam air. Batu apung ini mempunyai sifat hydraulis. Batu apung berwarna putih abu-abu, kekuningan sampai merah. Tekstur vesikuler dengan ukuran lubang yang bervariasi baik berhubungan satu sama lain atau tidak, struktur skorios dengan lubang yang terorientasi. Kadang-kadang lubang tersebut terisi oleh zeolit atau kalsit. Batuan ini tahan terhadap pembekuan embun (frost), tidak begitu higroskopis (mengisap air). Mempunyai sifat pengantar panas yang rendah. Kekuatan tekan antara  $30\text{-}20\text{ kg/cm}^2$ .

Komposisi utama mineral silikat amorf. Jenis batuan lainnya yang memiliki struktur fisika dan asal terbentuknya sama dengan batu apung adalah pumicit, vulkanik cinter, dan scoria. Sedangkan mineral-mineral yang terdapat dalam batu apung adalah feldspar, kuarsa, obsidian, kristobalit, dan tridimit, (Ridwan. at al : 2009). Keunikan lain dari batu apung adalah memiliki sifat dapat menyaring atau filter secara kimia, dan hal ini menarik dipelajari bila dimodifikasi dengan logam tertentu seperti tembaga (Cu).

## 2.2 Studi Pendahuluan

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 m<sup>2</sup>/gr.

Dari berbagai laporan di atas, belum ada data mengenai karakteristik pori katalis yang memadai untuk terjadinya penyerapan umpan (reaktan) dalam katalis secara maksimal. Idealnya luas pori katalis berukuran  $> 600 \text{ m}^2/\text{gr}$  katalis dan terdapat situs aktif yang banyak pada permukaannya untuk mendukung reaksi konversi pada suhu tinggi.

### 2.3 Preparasi Katalis

Telah banyak dilakukan preparasi katalis dengan menggunakan berbagai metode, pada sub bab ini akan dibahas dua metode yang sering digunakan yaitu impregnasi dan presipitasi. Metode impregnasi terbagi menjadi dua bagian yaitu *incipient wetness impregnation* dan *dipping impregnation*. *Incipient wetness impregnation* merupakan tahap impregnasi dengan menambahkan larutan garam tetes demi tetes pada permukaan penyangga. Sedangkan *dipping impregnation* adalah mencelupkan penyangga ke dalam larutan garam.

Metode presipitasi juga terbagi dua bagian, yaitu *co-precipitation* dan *deposition-coprecipitation*. *Co-precipitation* dilakukan dengan mencampurkan larutan garam dan penyangga lalu diaduk secara perlahan-lahan, kemudian ditetaskan dengan reagen pengendap seperti basa kuat (NaOH). Untuk *deposition-coprecipitation* dilakukan dengan mencampurkan larutan garam, penyangga dan presipitasi seperti basa kuat kemudian diaduk secara perlahan-lahan (Bowker 1998)

Suatu katalis sebelum dipergunakan, terlebih dahulu dilakukan aktivasi. Ada tiga tahap aktivasi yaitu pengeringan (*drying*) katalis, kalsinasi (*calcination*) dan reduksi (*reduction*). Fungsi pengeringan adalah untuk menghilangkan pelarut yang masih tersisa di dalam katalis dan umumnya dilakukan pada temperatur 100-120°C. Fungsi kalsinasi adalah untuk menghilangkan oksida yang terbentuk pada bagian katalis. Fungsi reduksi adalah untuk menghasilkan logam yang murni. Umumnya suhu reaksi sangat bergantung pada masing-masing katalis.

## **2.4 Penentuan Morfologi Permukaan dengan Menggunakan Metode SEM**

*Scanning Electron Microscopy* atau SEM merupakan suatu instrumen yang dapat digunakan untuk melihat partikel-partikel yang berukuran mikro. Biasanya mikroskop ini menggunakan rangkaian untuk membelokkan gelombang cahaya dan menghasilkan suatu gambaran yang diperbesar dengan perbesaran yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan mikroskop biasa. Alat ini menggunakan elektron berenergi tinggi sebagai pengganti gelombang cahaya. Gambaran yang diperoleh dari instrumen ini berupa gambaran hitam-putih karena tidak adanya gelombang cahaya.

Elektron inilah yang akan menentukan gambaran morfologi permukaan sampel. Sebelum proses penembakan elektron dilakukan, biasanya sampel dilapisi dengan emas tipis menggunakan alat sputtering tujuannya agar sampel konduktif.

Prinsip analisis SEM adalah sampel ditembaki dengan berkas elektron diameter 5-10 nm berenergi tinggi sehingga menghasilkan pantulan elektron dengan energi yang lebih rendah. Elektron ini merupakan suatu sinyal yang memodulasi berkas dalam tabung sinar katoda, yang menghasilkan suatu citra. Jika permukaan spesimen tidak rata atau terdapat lubanglubang, maka tiap-tiap bagian dari spesimen akan memantulkan elektron dengan jumlah dan arah yang berbeda. Umumnya, SEM mempunyai perbesaran dari 20x sampai dengan 100.000x. Perbesaran pada SEM didefinisikan sebagai perbandingan panjang salah satu sisi dari layar tabung sinar katoda dengan daerah yang dipindai pada permukaan spesimen. Jika spesimen bukan merupakan suatu konduktor yang baik, maka spesimen harus dilapisi dengan material konduktor, misalnya emas, perak, karbon, dan emas-palladium.

### **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

#### **3.1 Tujuan Penelitian adalah :**

- a. Mendapatkan katalis Cu/Batu Apung yang baik untuk mendukung reaksi konversi 3-metil-1-butanol
- b. Mendapatkan hasil konversi hingga 70 % dengan penggunaan katalis modifikasi Cu/batu apung terhadap 3-metil-1-butanol pada kondisi reaksi tertentu
- c. Mengusulkan kemungkinan mekanisme reaksi hasil konversi katalis modifikasi Cu/Batu Apung terhadap 3-metil-1-butanol.

#### **3.2 Manfaat Penelitian :**

- a. Katalis heterogen berupa Cu/Batu Apung berguna untuk mengkatalisis reaksi konversi 3-metil-1-butanol
- b. Bila hasil konversi 3-metil-1-butanol mencapai 70 % secara selektif dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif.

## **BAB 4. METODE PENELITIAN**

### **4.1 Penelitian Tahap I Tahun 2014**

#### **A. Penentuan komponen mineral berupa logam Mg, Ca, Cr, Mn dan Fe dalam batu apung melalui alat Microplasma AES 4100.**

- a. Penyiapan larutan standar masing-masing logam semaua tersedia dalam microplasma, 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 HNO<sub>3</sub> 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 CuCl<sub>2</sub> ke dalam larutan HCL sebagai prekursornya sampai volume larutan mencapai 250 mL. **Kedua**, dilakukan perendaman pelet Batu Apung aktif ke dalam larutan CuCl<sub>2</sub> 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 , Cu
- b. Pengukuran luas muka, volume pori, dan rerata jejari pori dengan alat "Surface Area Analyzer" NOVA 1000 di UIN Yogyakarta.
  - Dari data yang dihasilkan pada pengukuran dengan alat tersebut, kemudian dianalisis luas muka spesifik dengan rumus :  $S = \frac{St}{W}$ , (Lowell dkk, 1984) dimana S = luas spesifik, St = luas total dan W = berat sampel katalis.

Sedang untuk Volume pori dianalisis menggunakan rumus  $V_p = \frac{W_a}{\rho_{N_2}}$ ,

dengan  $W_a$  = gram  $N_2$  yang teradsorb pada P/Po tertinggi,  $\rho_{N_2}$  = densitas  $N_2$  pada 77 K yang memiliki harga 0,808. Dan untuk rerata jejari pori

dianalisis dengan rumus  $\frac{V_p}{S} = \frac{r_p}{2}$ , dengan S adalah  $S_{BET}$  (Lowell dkk, 1984)

d. Uji sebaran logam tembaga pada kristal batu apung melalui SEM

SEM adalah salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi. Permukaan benda yang dikenai berkas elektron akan memantulkan kembali berkas tersebut atau menghasilkan elektron sekunder ke segala arah. Tetapi ada satu arah dimana berkas dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detektor di dalam SEM akan mendeteksi elektron yang dipantulkan dan menentukan lokasi berkas yang dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Arah tersebut memberi informasi profil permukaan benda.

Distribusi ukuran partikel foto SEM dapat ditentukan dengan cara sebagai berikut, setiap foto SEM memiliki bar skala yang panjangnya sudah terkalibrasi. Bar ini menjadi acuan penentuan ukuran partikel atau profil lainnya yang diamati kemudian menggunakan aplikasi OriginLab

## BAB 5. 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 1.**  
**Komposisi Kandungan Logam dan semi logam Batu Apung Buol (BA-B) Hasil Analisis Instrumen MP-AES 4100 Lab. UNG**

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 2. Komposisi Kimia BA-Aktif Hasil Analisis Instrumen SEM (EDS-BA Aktif)**

Sampel	% C	% O	% Na	% Al	% Si	% Ca	% Fe	% K
BA	20,4	36,78	2,32	6,21	23,66	2,97	4,75	2,97

**Tabel 3. Komposisi Kimia Cu-BA Aktif Hasil Analisis Instrumen SEM (EDS-Cu-BA Aktif)**

Sampel	% C	% O	% Na	% Mg	% Al	% Si	% Cl	% K	% Ca	% Fe	% Cu
BA	19,92	35,6	2,53	0,7	6,3	21,9	0,39	1,40	2,48	4,76	3,89

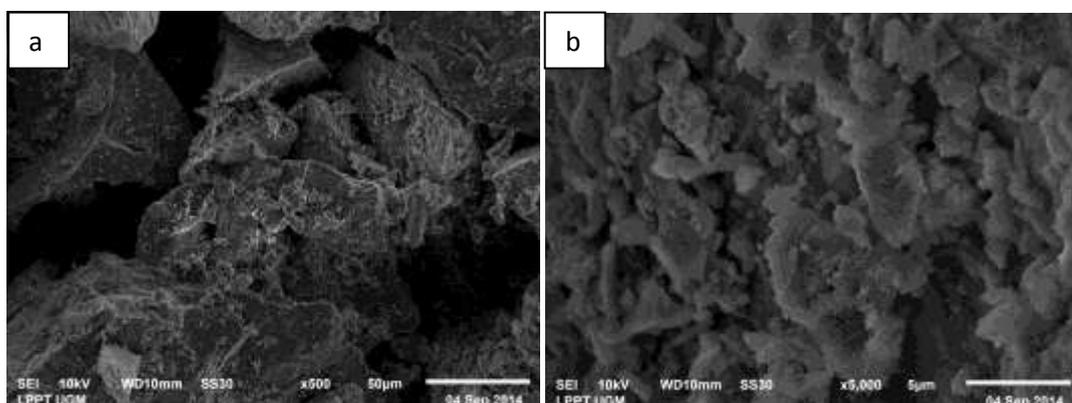
## B. Pembahasan

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 prosentasenya ketika melalui perendaman asam. Namun demikian dapat dikatan 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 subsrat dan pembentukan senyawa baru.

### 5.1 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 5.1 berikut :

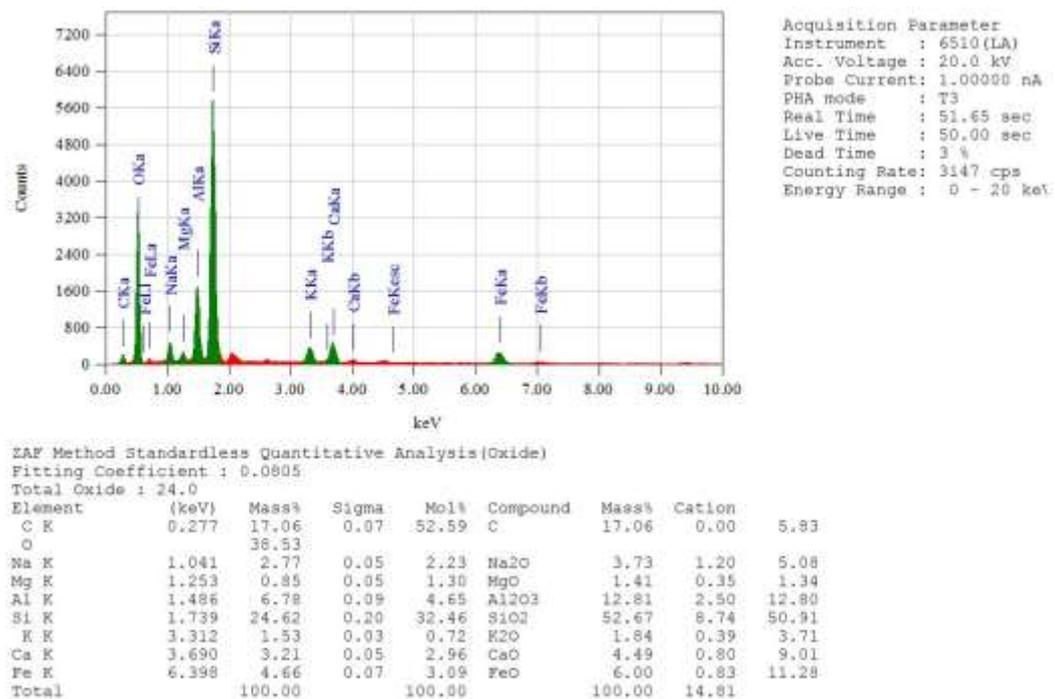


**Gambar 5.1** : Profil permukaan katalis BA-Aktif; (a) perbesaran 500x; (b) perbesaran 5000x

Pada Gambar 5.1 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.

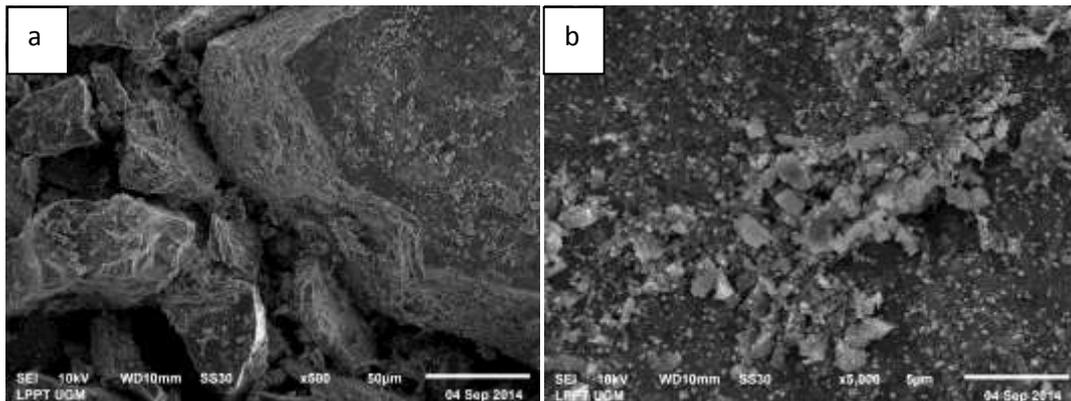
Perbandingan ratio persen massa oksida logam yang terbentuk pada katalis BA aktif dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut ini.



**Gambar 5.2** Perbandingan ratio persen massa logam oksida pada katalis BA aktif

Pada Gambar 5.2 teramati perbandingan ratio  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  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.

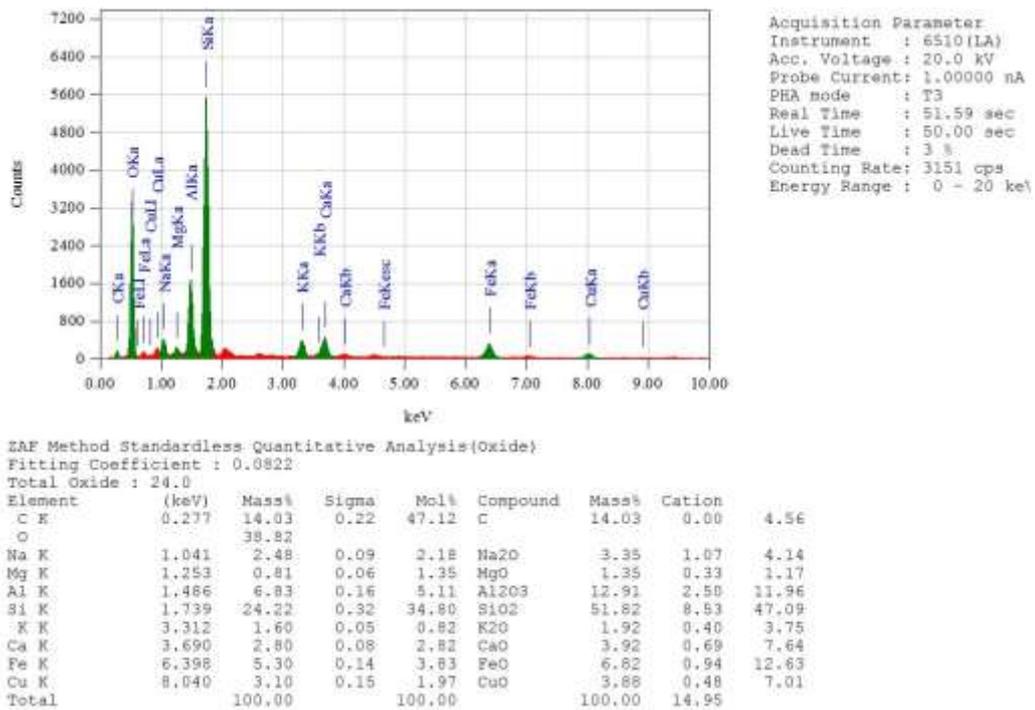
Katalis Batu Apung yang di doping dengan tembaga (Cu/BA) aktif, diamati profil permukaannya menggunakan SEM dengan perbesaran yang sama yaitu 500x dan 5000x, yang disajikan pada Gambar 5.3 berikut :



**Gambar 5.3** : Profil permukaan katalis Cu/BA-Aktif; (a) perbesaran 500x; (b) perbesaran 5000x

Pada Gambar 5.3a 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 5.3b 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 5.4 :



**Gambar 5.4** Perbandingan ratio persen massa logam oksida pada katalis Cu/BA aktif

Pada Gambar 5.4 perbandingan ratio karbon menurun 14% massa, dan meningkatkan logam-logam oksidanya, seperti  $\text{SiO}_2$  24.22% massa dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  6.83% massa setelah di impreg logam Cu ke permukaan katalis. 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 5.3b) 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.

## **BAB 6. RENCANA TAHAPAN BERIKUTNYA**

**(untuk laporan tahunan)**

Sebagaimana pada BAB IV di atas, bahwa karakterisasi modifikasi batu apung dengan logam tembaga sudah memberikan penyebaran logam secara lebih merata dibanding sebelumnya tanpa modifikasi, namun masih ada tahapan berikutnya yang dilakukan pada awal tahap II, yakni:

- a. Penyiapan serbuk batu apung yang berukuran 100 Mesh atau lebih
- b. Modifikasi logam tembaga pada batu apung melalui proses impregnasi larutan  $\text{CuCl}_2$  harus dimodifikasi waktunya untuk optimalisasi
- c. Uji Katalis modifikasi Cu/BA aktif terhadap reaksi konversi 3-metil-1-butanol melalui reactor fixed bed dengan laju alir dan konsentrasi yang divariasikan
- d. Menuji laju reaksi konversi 3-metil-1-butanol menggunakan katalis modifikasi CU/BA aktif.
- e. Kemungkinan mempelajari mekanisme reaksi konversi.

Pengerjaan lanjutan tahap II tersebut diperkirakan setelah memperoleh undangan untuk presentasi Tahap II dan mendapat rekomendasi dari DP2M Dikti untuk melanjutkan 2015.

## **BAB 7. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **A. Kesimpulan**

Kesimpulan dari tahapan awal penelitian tahun pertama ini adalah bahwa 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/Al sangat tinggi yakni 3,49 dan logam Cu terimpregnasi sekitar 3,84 %.

Dengan demikian katalis modifikasi Cu-BA aktif dapat diusulkan menjadi katalis reaksi konversi 3-metil-1-butanol.

### **B. Saran**

1. Perlu adanya metode yang ditempuh untuk menurunkan kadar silikon dalam Batu Apung.
2. Perlunya Optimasi impregnasi logam ke dalam material Batu apung untuk mendapatkan hasil penyebaran logam dipermukaan katalis dengan baik. Hal ini penting karena semakin homogen penyebaran logam pada permukaan, semakin besar pula luas permukaan katalis. Dan reaksi semakin terjadi bila luas sentuh dengan situs aktif dalam katalis semakin besar.

## DAFTAR PUSTAKA

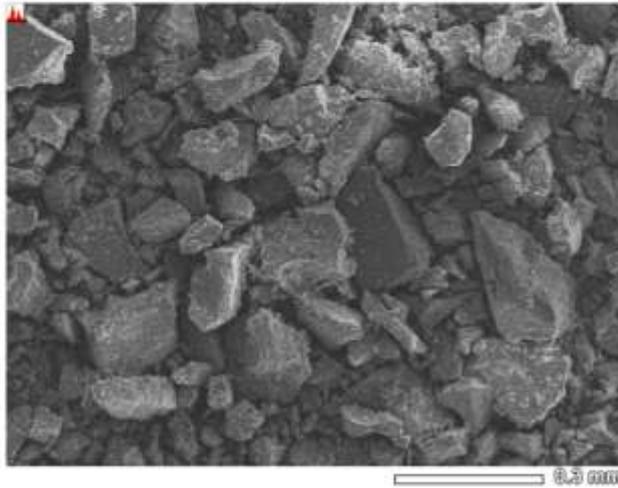
- Atkins, P.W., 1985, *Physical Chemistry* Third Ed, W.H., Freeman and Company New York
- Augustin, R.L., 1996, *Heterogeneous Catalysis For Chemis*, Marcel Dekker Inc, New York
- Babu, G.P., Murty, R.J., Krisman, V., 1977, *Conversion of Isoamil alcohol Over Acid Catalysis : Reavction Dependence on Natural of Active Center*, *Journal Of Catalysis*, 166:111-114.
- Bowker, M. (1998), *The Basic and Applications of Heterogeneous Catalysis*, Oxford University Press Inc, New York.
- Chambell, I.M., 1988, *Catalyst at Surface*, Chapman and Hall Ltd, London
- Gates, B.C., 1979, *Chemistry of Catalytic Propertis*, Mc-Graw Hill Boo Company, New York
- Losell, S., and Shield, Joan, E., 1984, *Power Surface Area and Porosity*, Second Edition, Chapman and Hall Ltd, New York.
- Mardjan, P., 2003, *Karakteristik Batuan Aktif Gorontalo* (Laporan penelitian), FMIPA IKIP Negeri Gorontalo.
- 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.
- Mardjan, P., 2009, *Laporan Hasil Penelitian, Karakterisasi Katalis Modifikasi Pd/Batuan Aktif Gorontalo.*, Tidak dipublikasikan.
- Abdullah, Mikrajuddin. (2009), *Pengantar Nanosains*. Penerbit ITB, Bandung, 137-138
- 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.
- Sigit, P., 1999, *Optimasi dan Studi Kinetika Konversi 3-metil-1-butanol Menggunakan katalis Pt/zeolit alam*, Tesis UGM, Yogyakarta.
- Sutarti, M., dan Minta, R., 1994, *Zeolit : Tinjauan Literatur*, Pusat Dokumentasidan Informasi Ilmiah LIPI

- Tjiptasurasa., 1991, *Komponen Minyak Fusel Indonesia, Isolasi dan Oksidasinya, Sintesis dan Evaluasi Farmakokimia Beberapa Senyawa Turunannya*, *DisertaseS-3 Universitas Gajah Mada, Yogyakarta*.
- 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

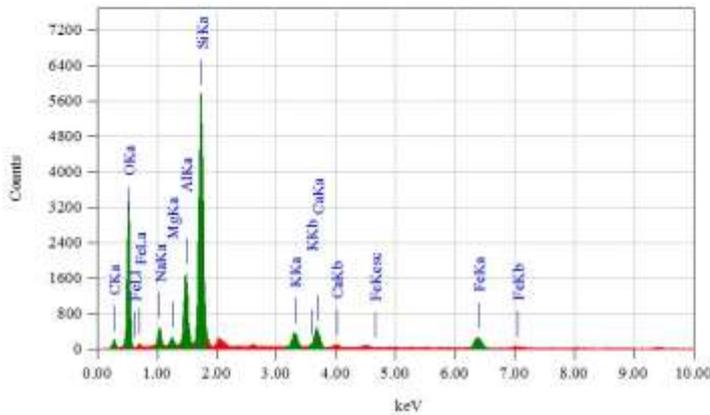
# Lampiran 1: SEM-EDS Batu Apung (BA) aktif

EDS-3

JEOL 1/1



Title : IMG1  
 Instrument : 6510(LA)  
 Volt : 20.00 kV  
 Mag. : x 100  
 Date : 2014/09/04  
 Pixel : 512 x 384



Acquisition Parameter  
 Instrument : 6510(LA)  
 Acc. Voltage : 20.0 kV  
 Probe Current: 1.00000 nA  
 PHA mode : T3  
 Real Time : 51.65 sec  
 Live Time : 50.00 sec  
 Dead Time : 3 %  
 Counting Rate: 3147 cps  
 Energy Range : 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis(Oxide)  
 Fitting Coefficient : 0.0805  
 Total Oxide : 24.0

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	
C K	0.277	17.06	0.07	52.59	C	17.06	0.00	5.83
O		38.53						
Na K	1.041	2.77	0.05	2.23	Na2O	3.73	1.20	5.08
Mg K	1.253	0.85	0.05	1.30	MgO	1.41	0.35	1.34
Al K	1.486	6.78	0.09	4.65	Al2O3	12.81	2.50	12.80
Si K	1.739	24.62	0.20	32.46	SiO2	52.67	8.74	50.91
K K	3.312	1.53	0.03	0.72	K2O	1.84	0.39	3.71
Ca K	3.690	3.21	0.05	2.96	CaO	4.49	0.80	9.01
Fe K	6.398	4.66	0.07	3.09	FeO	6.00	0.83	11.28
Total		100.00		100.00		100.00	14.91	

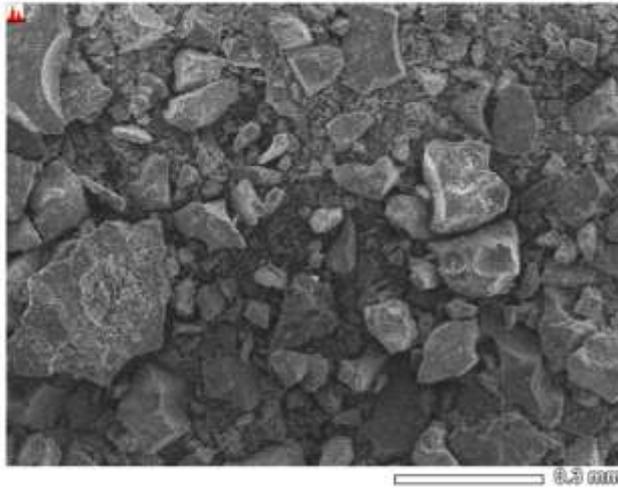
JED-2300 Analytical Station

JEOL

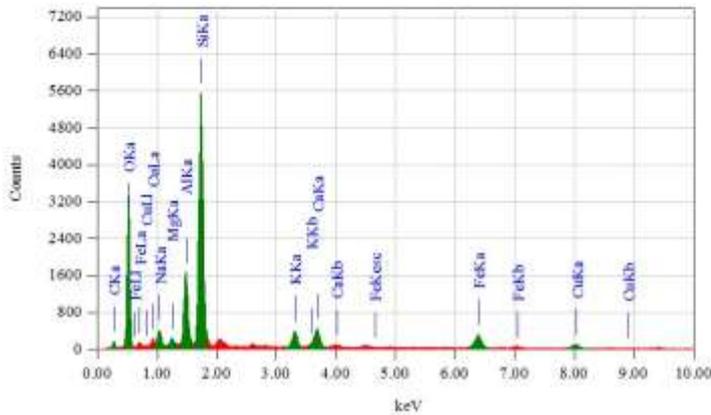
## Lampiran 2: SEM-EDS Modifikasi Cu/Batu Apung (Cu/BA) aktif

EDS-4

JEOL 1/1



Title : IMG1  
 Instrument : 6510(LA)  
 Volt : 20.00 kV  
 Mag. : x 100  
 Date : 2014/09/04  
 Pixel : 512 x 384



Acquisition Parameter  
 Instrument : 6510(LA)  
 Acc. Voltage : 20.0 kV  
 Probe Current: 1.00000 nA  
 PHA mode : T3  
 Real Time : 51.59 sec  
 Live Time : 50.00 sec  
 Dead Time : 3 %  
 Counting Rate: 3151 cps  
 Energy Range : 0 - 20 keV

ZAF Method Standardless Quantitative Analysis(Oxide)  
 Fitting Coefficient : 0.0822  
 Total Oxide : 24.0

Element	(keV)	Mass%	Sigma	Mol%	Compound	Mass%	Cation	
C K	0.277	14.03	0.22	47.12	C	14.03	0.00	4.56
O		38.82						
Na K	1.041	2.48	0.09	2.18	Na2O	3.35	1.07	4.14
Mg K	1.253	0.81	0.06	1.35	MgO	1.35	0.33	1.17
Al K	1.486	6.83	0.16	5.11	Al2O3	12.91	2.50	11.96
Si K	1.739	24.22	0.32	34.80	SiO2	51.82	8.53	47.09
S K	2.312	1.60	0.05	0.82	K2O	1.92	0.40	3.75
Ca K	2.989	2.80	0.08	2.82	CaO	3.92	0.69	7.64
Fe K	6.398	5.30	0.14	3.83	FeO	6.82	0.94	12.63
Cu K	8.040	3.10	0.15	1.97	CuO	3.89	0.48	7.01
Total		100.00		100.00		100.00		14.95

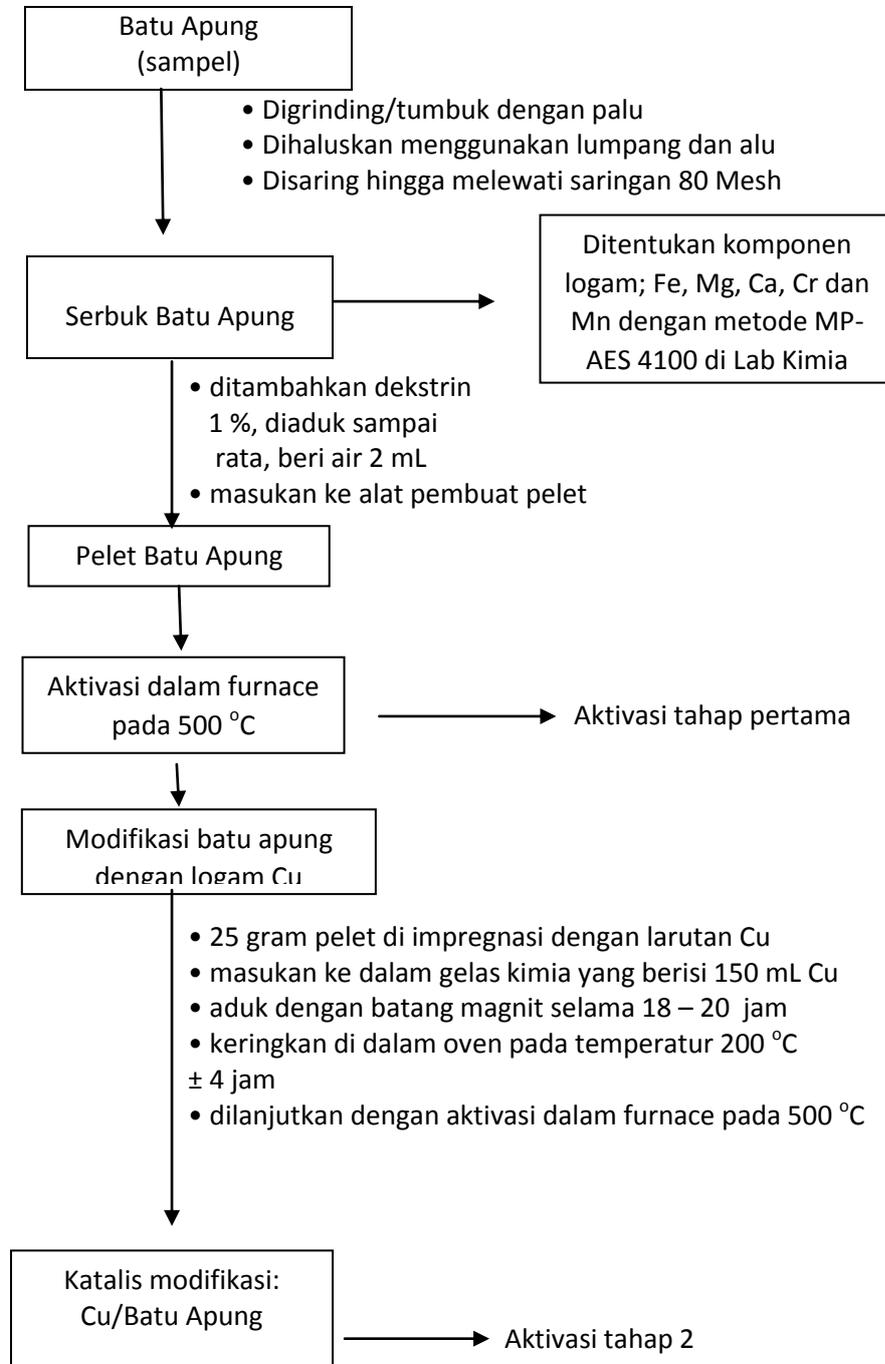
JED-2300 Analytical Station

JEOL

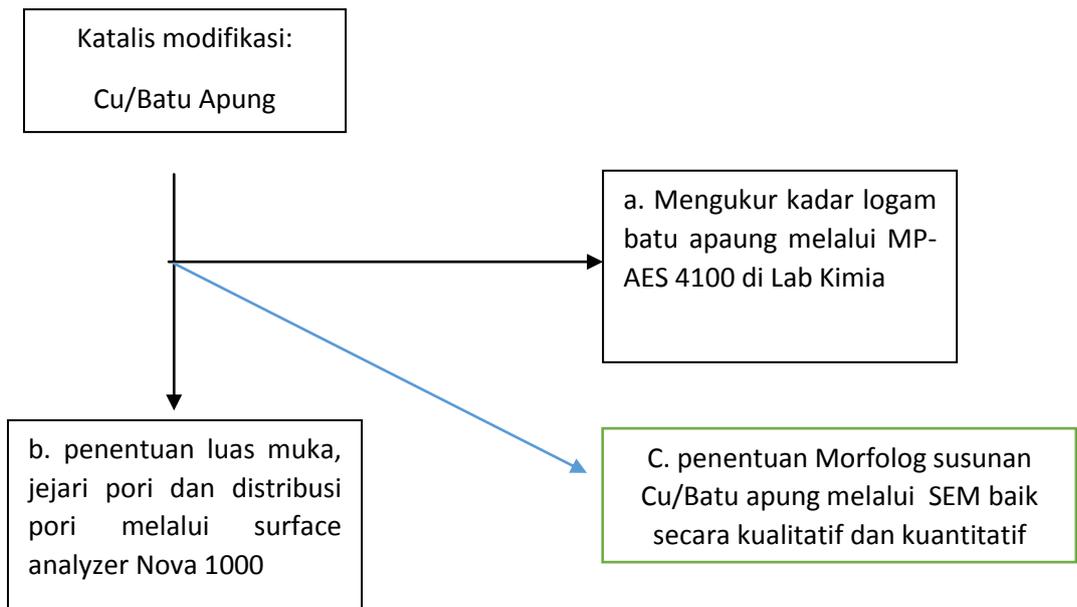
### Lampiran-3:

#### A. Bagan Alir Penelitian Tahap Pertama Tahun 2014.

##### 1. Penentuan komponen logam Batu Apung.



## 2. Karakterisasi Katalis Modifikasi



Lampiran- 4

Foto Sampel Batu Apung



Gambar 1. salah seorang masyarakat Buol sedang memegang batu apung warna putih kecoklatan dan hitam (lokasi kepulauan Raja Kabupaten Buol)



Gambar 2. Hariadi (mahasiswa Pendidikan kimia semester 8) sedang memegang batu apung



Gambar 3. Batu Apung (Pumace)

### Personalia Peneliti

1. Ketua Peneliti; Drs. Mardjan Paputungan, M.Si, Bidang Kimia Fisik
2. Anggota ; Rakhmawaty Akhmad Asui, M.Si , Bidang KimiaAnorganik

Publikasi : dipresentasikan pada Seminar Nasional Kimia UNG Bulan Oktober 2014 mendatang. (sudah mendaftar dan mengirim abstrak sebagai pemakalah oral)

Gorontalo, 26 Agustus 2014

Kepada Yth,

Bapak/Ibu ,

Penanggung Jawab Operasional Instrumentasi khususnya Operator Pengukuran Luas permukaan Quantacrom NOVA 1000 atau sejenis alat tersebut.

Bersama ini saya kirim sampel untuk dianalisa luas area, pori, dan jenis porinya

Sampel Batuan aktif yang ditentukan luas area, pori dan jenis porinya terdiri dari :

1. Sampel Batu Apung (BA) aktif,
2. Sampel Cu/Batu Apung ( Cu/BA) aktif,
3. Sampel Zeolit aktif,
4. Sampel Cu/Zeolit aktif

Pengirim :

Mardjan Paputungan,

d/a. Perum Awara Karya Liluwo Blok E. No 9 Kelurahan Liluwo Kec. Kota Tengah  
Kota Gorontalo.

Kode pos 96129

Email : [marpa@ung.ac.id](mailto:marpa@ung.ac.id)

HP : 085299165784

Saya mengikuti semua ketentuan yang berlaku di unit kerja Bapak/Ibu. Terima kasih

Salam saya,

Mardjan Paputungan

Gorontalo, 26 Agustus 2014

Kepada Yth,

Bapak/Ibu ,

Penanggung Jawab Operasional Instrumentasi khususnya Operator SEM di FMIPA UGM.

Bersama ini saya kirim sampel untuk dianalisa sebaran logam tembaga hasil impregnasi dan blanko.

Sampel Batu Apung Modifikasi dengan Tembaga ditentukan sebarannya melalui "SEM" terdiri dari:

1. Sampel Batu Apung (BA) aktif
2. Sampel Cu/Batuan Apung ( Cu/BA) aktif

Pengirim :

Mardjan Paputungan,

d/a. Perum Awara Karya Liluwo Blok E. No 9 Kelurahan Liluwo Kec. Kota Tengah  
Kota Gorontalo.

Kode pos 96129

Email : [marpa@ung.ac.id](mailto:marpa@ung.ac.id)

HP : 085299165784

Saya mengikuti semua ketentuan yang berlaku di unit kerja Bapak/Ibu. Terima kasih

Salam saya,

Mardjan Paputungan

