

LAPORAN AKHIR
PENELITIAN FUNDAMENTAL



**PEMANFAATAN BERBAGAI JENIS BAKTERI DALAM
PROSES BIOLEACHING LIMBAH LOGAM BERAT**

Tahun ke 2 Dari Rencana 2 Tahun

Prof. DR. Ishak Isa, M.Si (NIDN: 0026056106) (Ketua)
Yuliana Retnowati, S.Si., M.Si (NIDN: 0017077710) (Anggota)

UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

September 2014

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Kegiatan : Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Bioleaching Limbah Logam Berat

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Prof. Dr. ISHAK ISA M.Si
NIDN : 0026056106
Jabatan Fungsional :
Program Studi : Pendidikan Biologi
Nomor HP : 081356139399
Surel (e-mail) : isi@ung.ac.id

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : YULIANA RETNOWATI S.Si, M.Si
NIDN : 0017077710
Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Gorontalo

Institusi Mitra (jika ada)

Nama Institusi Mitra :
Alamat :
Penanggung Jawab :
Tahun Pelaksanaan : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
Biaya Tahun Berjalan : Rp. 45.000.000,00
Biaya Keseluruhan : Rp. 96.200.000,00

Mengetahui
Dekan FMIPA UNG

(Prof. Dr. Evi Hulukati, M.Pd)
NIP/NIK 196005301986032001

Gorontalo, 26 - 9 - 2014,
Ketua Peneliti,

(Prof. Dr. ISHAK ISA M.Si)
NIP/NIK196105261987031005

Menyetujui,
Ketua Lembaga Penelitian

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

ABSTRAK

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tahun ke dua ini adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri resisten merkuri yang diisolasi dari daerah penambangan emas desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara dalam mereduksi (*Bioleaching*) merkuri (Hg). *Bioleaching* merupakan suatu proses pelarutan/ pelepasan logam dari sedimen/limbah oleh bakteri. Bakteri yang akan digunakan adalah bakteri hasil isolasi dari kawasan tambang emas di desa Hulawa kecamatan Sumalata Timur. Proses bioleaching dilakukan dengan memasukan HgCl_2 ke dalam wadah (botol) dan diinokulasi dengan 10% (v/v) bakteri. Pengujian merkuri pada sampel dilakukan saat 0 jam dan 72 jam hari setelah inokulasi bakteri dengan menggunakan *Flame Atomic Absorption Spectroscopy* (FAAS). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bakteri hasil isolasi dari daerah penambangan emas desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur mampu mereduksi merkuri (HgCl_2). Besarnya merkuri yang direduksi oleh isolat bakteri A dan Isolat B berturut-turut 6,955 ppm (99,34%) dan 6,994 ppm (99,91%).

Kata kunci: *Bioleaching, Flame Atomic Absorption Spectroscopy, Bakteri resisten merkuri, tambang emas Hulawa Sumalata*

KATA PENGANTAR

Punji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

Tujuan penelitian pada tahun ke dua adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri resisten merkuri yang diisolasi dari daerah penambangan emas desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara dalam mereduksi (*Bioleaching*) merkuri (Hg). *Bioleaching* merupakan suatu proses pelarutan/ pelepasan logam atau pengambilan (ekstraksi) logam dari sedimen atau mineral sukar larut menjadi bentuk yang larut dengan menggunakan bakteri. Bakteri yang akan digunakan adalah bakteri hasil isolasi dari kawasan tambang emas di desa Hulawa kecamatan Sumalata Timur. Proses *Bioleaching* merupakan teknologi alternative yang dapat dikembangkan sebagai salah satu alternatif untuk membersihkan limbah logam berat di masa datang.

Hasil yang telah diperoleh pada penelitian adalah isolat bakteri hasil isolasi dari daerah penambangan emas desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur mampu melakukan proses *bioleaching* dengan cara mereduksi merkuri (HgCl_2).

Laporan ini dibuat sebagai bentuk pertanggungjawaban dana hibah penelitian desentralisasi tahun 2014 dari DP2M Dikti. Untuk itu saya menyampaikan terima kasih kepada Direktur DP2M beserta staf atas bantuan dana diberikan.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Sampul.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi.....	v
Datra Tabel.....	vi
Daftar Gambar.....	vi
Lampiran.....	vii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Merkuri.....	3
2.1.2. Karakteristik Merkuri.....	3
2.1.3. Dampak Percermaran Merkuri.....	4
2.2. Bakteri Leaching.....	5
2.3. Resistensi Bakteri Terhadap Merkuri.....	5
2.4. Mekanisme Biobleaching.....	7
2.5. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Proses Biobleaching.....	8
BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN	
3.1 Tujuan Penelitian.....	10
3.2 Manfaat Penelitian.....	10
BAB IV. METODE PENELITIAN	
4.1. Pentahapan Penelitian.....	11
4.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	11
4.3. Prosedur Penelitian.....	13
BAB V. HASIL YANG DICAPAI	
5.1. Uji Kemampuan Bakteri dalam Mereduksi Merkuri.....	15
5.2. Pembahasan.....	15
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	
6.1 Kesimpulan.....	18
6.2 Saran.....	18
DAFTAR PUSTAKA.....	19
LAMPIRAN.....	21

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Hasil analisis kadar merkuri ($HgCl_2$) yang tersisa pada medium pertumbuhan yang diinokulasi dengan bakteri resisten merkuri (Hg).....	15

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 4.1. Bagan Alur Penelitian.....	12

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Foto Dokumentasi Penelitian.....	25

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dan pertumbuhan industri disamping memberikan kesejahteraan bagi masyarakat, juga menghasilkan limbah. Limbah yang dihasilkan dari proses industri antara lain mengandung logam berat yang dapat berasal dari industri peleburan baja, baterai, dan cat atau pewarna. Di lingkungan perairan logam-logam ini akan mengendap bersama lumpur atau sedimen sebagai sulfide, karbonat dan posfat yang tidak larut. Wong dan Heri (1984) dalam Coullard dan Zhu (1992) mengungkapkan bahwa kandungan logam berat dalam lumpur atau sedimen berkisar 0,5-2% berat kering. Sementara Lester et al (1983) dalam Coullard dan Zhu (1991) mengatakan bahwa beberapa kasus konsentrasi logam berat Cr, Cu, Pb, dan Zn dalam sedimen mencapai 4% (w/w) berat kering.

Logam berat timbal, cadmium, merkuri banyak digunakan dalam industri peleburan besi dan baja, industri baterai, industri electroplating, industri cat, warna/tekstil, kabel listrik dan bahan aditif pada bahan bakar kendaraan bermotor, amalgama gigi (Stokinger, 1981., WHO, 1995). Oleh sebab itu bila limbah industri tersebut dibuang ke lingkungan perairan yaitu sedimen atau lumpur maka akan menyebabkan penyemaran dari logam berat tersebut. Untuk menghilangkan dan mengekstrak logam berat yang terdapat pada lumpur atau sedimen maka diperlukan suatu teknologi baru dengan bantuan bakteri leaching. Dengan proses tersebut kadar logam berat pada lumpur atau sedimen dapat dihilangkan atau diminimalkan sehingga aman terhadap lingkungan (Chendan Lin, 2000).

Saat ini telah berkembang fenomena pemanfaatan mikroba dalam menangani limbah logam berat. Ehrlich (1992) mengungkapkan beberapa bakteri, fungi, alga, dan sebangsa tumbuhan lumut mampu melarutkan mineral, selain itu beberapa mikroba juga mampu untuk menghilangkan atau mengeluarkan logam dari larutan. Melalui proses bacterial leaching (*bioleaching*) dapat diperoleh kembali (*recovery*) dari batuan mineral atau sedimen yang mengandung logam yang berkadar rendah. Teknologi ini pada awalnya digunakan pada proses penambangan logam tembaga (Cu) dan emas (Au) dari bijinya dengan

pertimbangan bahwa mineral yang mengandung logam tersebut mempunyai prospek yang baik (Lawrence,1990). Namun saat ini kebanyakan logam seperti Cd, As, Mo, Ni, Ti, Pb dalam bentuk mineral sulfide atau dalam biji lain dapat diekstraksi atau diperoleh dengan metode bioleaching (Crueger dan Crueger,1984).

Bioleaching merupakan suatu proses untuk melepaskan (*remove*) atau mengekstraksi logam dari mineral atau sedimen dengan bantuan organisme hidup atau untuk merubah mineral sulfid yang sukar larut menjadi bentuk yang larut dalam air dengan memanfaatkan mikro organisme (Brandl, 2001). Sementara Bosecker (1987) mengungkapkan bahwa bioleaching merupakan suatu proses ekstraksi logam yang dilakukan dengan bantuan bakteri yang mampu mengubah senyawa logam yang tidak dapat larut menjadi senyawa logam sulfat yang dapat larut dalam air melalui reaksi biokimia. Bioleaching logam berat dapat melalui oksidasi dan reduksi logam oleh mikroba, pengendapan ion-ion logam pada permukaan sel mikroba untuk menyerap ion logam (Chen dan Wilson, 1997). Bioleaching merupakan teknologi alternative yang dapat dikembangkan sebagai salah satu teknologi untuk memperoleh (*recovery*) logam di masa yang akan datang.

Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat dua bakteri resisten yang dapat digunakan untuk pereduksi merkuri. Bakteri yang tumbuh pada media dengan konsentrasi merkuri tinggi digunakan untuk pengujian daya reduksi terhadap HgCl₂. Menurut Fatimawali, dkk (2011), bakteri spesies *Klebsiella pneumoniae*, mampu mereduksi HgCl₂ 75% dalam waktu 1 jam, 92% dalam waktu 12 jam dan 99,4% dalam waktu 24 jam.

Dengan demikian perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui potensi bakteri resisten merkuri dalam melakukan reduksi pencemaran merkuri melalui proses bioleaching.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan maka penelitian ini di rancang untuk menjawab pertanyaan penelitian “Apakah isolat bakteri dari kawasan penambangan emas Hulawa Sumalata Timur mampu mereduksi merkuri melalui proses bioleaching?”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Merkuri

Merkuri dalam bahasa Indonesia dikenal dengan nama air raksa, mempunyai nama kimia *hydragyrum* yang berarti perak cair. Merkuri dilambangkan dengan *Hg*. Pada tabel unsur-unsur kimia menempati urutan (NA) 80 dan mempunyai bobot atom (BA 200,59). Merkuri telah dikenal manusia sejak manusia mengenal peredaban (Palar, 2008).

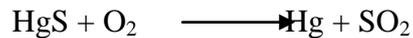
2.1.1 Karakteristik Merkuri

Kebanyakan merkuri di alam merupakan gabungan antar elemen alam dan elemen yang bersumber kepada kegiatan manusia, jarang dalam bentuk terpisah. Di alam merkuri tersebar di karang-karang, tanah, udara, air dan organisma hidup melalui proses fisik, kimia, biologi yang kompleks. Penggunaan merkuri sangat luas dalam berbagai bidang baik industri, pertanian, pendidikan, dan sebagainya. Merkuri mempunyai sifat:

- a. Merupakan satu satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar, dan mempunyai titik beku terendah dari semua logam.
- b. Mempunyai vatalitas tinggi.
- c. Memiliki tahanan listrik terendah dari semua logam sehingga merupakan konduktor terbaik.
- d. Banyak logam dapat larut dalam merkuri membentuk komponen yang disebut amalgam alloy).
- e. Semua komponennya mempunyai sifat racun terhadap semua makhluk hidup.

Merkuri (Hg) berbentuk cair keperakan pada suhu kamar. Merkuri membentuk berbagai persenyawaan baik anorganik (seperti oksida, klorida, dan nitrat) maupun organik. Merkuri dapat menjadi senyawa anorganik melalui oksidasi dan kembali menjadi unsur merkuri (Hg) melalui reduksi. Merkuri anorganik menjadi merkuri organik melalui kerja bakteri anaerobic tertentu dan senyawa ini secara lambat berdegredasi menjadi merkuri anorganik (Subanri, 2008).

Logam merkuri (Hg), mempunyai nama kimia *hydragyrum* yang berarti cair. Logam merkuri dilambangkan dengan Hg. Pada periodika unsur kimia Hg menempati urutan (NA) 80 dan mempunyai massa atom (Ar 200,59). Merkuri telah dikenal manusia sejak manusia mengenal peradaban. Logam ini dihasilkan dari bijih sinabar, HgS, yang mengandung unsur merkuri antara 0,1% - 4%.



Merkuri yang telah dilepaskan kemudian dikondensasi, sehingga diperoleh logam cair murni. Logam cair inilah yang kemudian digunakan oleh manusia untuk bermacam-macam keperluan (Subanri, 2008).

2.1.2 Dampak Pencemaran Merkuri

Aktivitas kehidupan yang sangat tinggi yang dilakukan oleh manusia ternyata telah menimbulkan bermacam-macam efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan tatanan lingkungan hidupnya (Palar, 2008). Gejala keracunan merkuri ditandai dengan sakit kepala, sukar menelan, penglihatan menjadi kabur, daya dengar menurun. Selain dari itu, orang yang keracunan merkuri merasa tebal di bagian kaki dan tangannya, mulut terasa tersumbat oleh logam, gusi membengkak dan disertai pula dengan diare.

Merkuri dan turunannya telah lama diketahui sangat beracun sehingga kehadirannya di lingkungan perairan dapat mengakibatkan kerugian pada manusia karena sifatnya yang mudah larut dan terikat dalam jaringan tubuh organism air. Selain itu pencemaran merkuri mempunyai pengaruh terhadap ekosistem setempat yang disebabkan oleh sifatnya yang stabil dalam sedimen, kelarutannya yang rendah dalam air dan kemudahannya diserap dan terakumulasi dalam jaringan tubuh organisme air, baik melalui proses bioakumulasi maupun biomagnifikasi yaitu melalui rantai makanan (Subanri, 2008)

Pelepasan merkuri di lingkungan menyebabkan pencemaran air, tanah, sedimen, dan atmosfer. Konsentrasi merkuri yang tinggi di biosfir akan terakumulasi dalam lingkungan, hal ini akan menyebabkan keracunan pada berbagai organisme, terutama pada manusia dan hewan (Fahrudin, 2010)

Persenyawaan merkuri pada sedimen dasar perairan mengalami biotransformasi yang diakibatkan oleh adanya aktivitas kehidupan bakteri yang mengubah persenyawaan merkuri menjadi Hg^{2+} dan Hg^0 . Logam merkuri yang dihasilkan dari aktivitas bakteri ini karena dipengaruhi oleh faktor fisika dapat langsung menguap ke udara. Tetapi pada akhirnya merkuri yang telah menguap dan berada dalam tatanan udara akan masuk kembali ke badan perairan oleh hujan. Ion Hg^{2+} yang dihasilkan dari perombakan persenyawaan merkuri pada endapan lumpur (sedimen), dengan bantuan bakteri akan berubah menjadi dimetil merkuri $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$, dan ion metil merkuri (CH_3Hg^+) . Dimetil merkuri mudah menguap ke udara, dan oleh faktor fisika di udara senyawa dimetil merkuri akan terurai kembali menjadi metana (CH_4), etana (C_2H_6) dan logam Hg^0 . Metil merkuri dapat dimetabolisme menjadi metil anorganik oleh hati dan ginjal. Metil merkuri dimetabolisme sebagai bentuk Hg^{2+} . Metil merkuri yang ada dalam saluran cerna akan dikonversi menjadi merkuri anorganik oleh flora usus (Lestaris, 2010)

2.2 Bakteri Leaching

Bakteri dapat dimanfaatkan untuk menghilangkan atau mengekstrak logam dari lingkungan (tanah, air, sedimen) yang terkontaminasi logam melalui mekanisme pengubahan sifat kimia dari struktur pembentuk senyawa sebagai bioakumulasi, biotransformasi dan bioremediasi. Melalui mekanisme tersebut bakteri dapat menurunkan atau menghilangkan sifat toksik dari bahan pencemar (detoksifikasi). Demikian pula melalui mekanisme *bioleaching*, bakteri dapat menghasilkan produk berupa asam organik atau anorganik dan ligan yang mampu memobilisasi logam sehingga logam dalam sedimen limbah dapat dikeluarkan (Lloyd, 2002). Dilain pihak proses *bioleaching* pada limbah logam berat dapat menyebabkan toksisitas terhadap lingkungan, karena pada proses ini dihasilkan logam yang larut dalam bentuk ion yang lebih bersifat toksik (Tuttle dan Dugan, 1976 dalam Atlas dan Barha, 1993).

2.3 Resistensi Bakteri Terhadap Merkuri (Hg)

Resistensi bakteri terhadap logam merkuri dapat melalui mekanisme biosorpsi dan biakumulasi. Mekanisme biosorpsi merupakan proses pasif,

sehingga logam tidak meracuni sel bakteri. Sedangkan mekanisme bioakumulasi merupakan proses aktif dimana logam berat dapat meracuni sel bakteri (Chojnacka, 2010 dalam Sholikah dan Kuswitasari).

Bakteri resisten merkuri terdistribusi secara luas di alam yang terdiri dari bakteri gram positif dan gram negatif. Beberapa contoh bakteri resisten merkuri gram negatif adalah *Serratia marcescens*, *Klebsiella Sp.*, *Thiobacillus ferrooxidans*, *Aleabigenes euthropus*, *Acinetobacterium erwina* dan bakteri gram positif yaitu : *Staphylococcus aureus*, Group B *Streptococcus*, *Streptomyces sp.*, *Bacillus sp.*, dan *Mycobacterium scrofulaceum*. Diantara strain bakteri yang resisten terhadap merkuri inorganik, kurang lebih 10-30% juga toleran terhadap senyawa organomerkuri (Barkay, 1992).

Menurut Liebert 1999 (dalam Nofiani dan Guzrisal, 2004) model mekanisme resisten merkuri bakteri gram negatif adalah sebagai berikut Hg (II) yang masuk periplasma terikat ke pasangan residu sistein MerP. Selanjutnya MerP mentransfer Hg (II) ke residu sistein MerT atau MerC. Akhirnya ion Hg menyeberang membran sitoplasma melalui proses reaksi pertukaran ligan menuju sisi aktif flavin disulfide oksidoreduktase, merkuri reduktase (MerA). Merkuri reduktase mengkatalisis reduksi Hg (II) menjadi Hg (0) volatil dan sedikit reaktif. Akhirnya Hg (0) berdifusi dilingkungan sel untuk selanjutnya dikeluarkan dari sel. Bakteri yang hanya memiliki protein merkuri reduktase (MerA) disebut dengan bakteri resisten merkuri spektrum sempit. Beberapa bakteri selain memiliki protein merkuri reduktase (MerA) juga memiliki protein organomerkuri liase MerB). MerB berfungsi dalam mengkatalisis pemutusan ikatan merkuri-karbon sehingga dihasilkan senyawa organik dan ion Hg yang berupa garam tiol. Bakteri yang memiliki kedua protein merkuri reduktase (MerA) dan organomerkuri liase (MerB) disebut dengan bakteri resisten merkuri spektrum luas.

Selain itu mekanisme resistensi bakteri adalah bioadsorpsi. Bioadsorpsi diantaranya dengan pembentukan polisakarida kompleks, pertukaran ion dan ikatan ligan (Srinath et al, 2002 dalam Barkay, 2003). Beberapa anggota species Bakteri mampu menghasilkan eksopolimer yang terdiri dari polisakarida, protein, asam organik, asam nukleat dan lipid. Beberapa gugus fungsional yang mampu

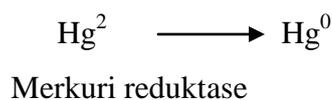
melakukan pertukaran ion dan pembentukan kompleks dengan logam termasuk merkuri adalah karboksil, amino, karbonil dan hidroksil. *Bacillus subtilis* merupakan salah satu species yang telah diketahui mampu melakukan proses bioadsorpsi terhadap ion merkuri (Hg^{2+}) dengan adanya eksopolimer poli asam glutamat (Inbaraj et al., 2009 dalam Barkay 2003).

2.4 Mekanisme *Bioleaching*

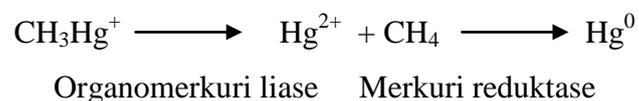
Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut. Pada saat proses bioremediasi berlangsung, enzim-enzim yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi struktur polutan beracun menjadi tidak kompleks sehingga menjadi metabolit yang tidak beracun dan berbahaya (Priadie, 2012).

Menurut Fahrudin, (2010) Proses biotransformasi merkuri secara umum terdiri dua proses. Pertama yaitu reduksi ion merkuri adalah Hg^{2+} menjadi Hg^0 oleh enzim merkuri reduktase yang membutuhkan reduktan NADPH dan menghasilkan logam merkuri. Kedua yaitu merombak metilmerkuri dengan pemutusan ikatan antara C-Hg oleh enzim organomerkuriliase. Adapun reaksi pada proses tersebut adalah sebagai berikut:

1. Reduksi Hg^{2+}



2. Demetilasi CH_3Hg^+



Mekanisme bioakumulasi berhubungan dengan adanya gen operon yang mengatur resistensi bakteri terhadap logam. Bakteri resisten merkuri mempunyai gen mer operon untuk mekanisme resistensi terhadap merkuri. Gen mer operon terdiri dari gen metaloregulator (*merR*), gen transpor merkuri (*merT*, *merP*,

merC), gen yang menyandi enzim merkuri reduktase (merA) dan gen yang menyandi enzim organomerkuri liase (merB) (Brown et al., 2002 dalam Sholikhah dan Kuswytasari). Proses resistensi bakteri terhadap merkuri ion (Hg^{2+}) melalui reaksi ikatan ligan dan reaksi enzimatik yang dapat mereduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0 volatil, sehingga Hg^{2+} tidak akan meracuni sel bakteri (Nascimento & Chartone-Souza, 2003 dalam Sholikhah dan Kuswytasari).

2.5 Faktor Yang Mempengaruhi Proses *Bioleaching*

Faktor yang mempengaruhi efektifitas *bioleaching* limbah logam JaS'dtf artate .laiP pH, suhu, keberadaan logam lain da lam larutan (jenis limbah), konsentrasi logam berat, waktu kontak bakteri, ukuran partikel (luas permukaan partikel) yang di *leaching*, serta kemampuan bakteri beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang ada (Atlas dan Bartha, 1993). Menurut Chen dan Wilson (1997) bahwa perbedaan pH di dalam air yang tercemar seringkali mempengaruhi proses pembersihan logam berat. Lebih lanjut Connel (1995); Darimont & Frenay dalam Chen & Wilson (1997); Kong *et al* (1995), mengemukakan bahwa pH merupakan salah satu faktor yang berpengaruh pada proses pembentukan spesies logam dan atau gerakan logam berat di dalam air.

Jenis limbah dan konsentrasi logam berat dapat mempengaruhi bakteri di dalam proses *bioleaching* logam. Tingginya kadar logam berat mengakibatkan pertumbuhan bakteri terganggu bahkan menyebabkan matinya sejumlah bakteri yang tidak tahan terhadap logam tersebut. Hal ini disebabkan karena setiap bakteri memiliki toleransi yang berbeda terhadap logam berat. Selain itu proses *leaching* dipengaruhi oleh waktu kontak bakteri dalam medium dengan permukaan partikel. Menurut Seidel *et al* (2001) bahwa pelekatan bakteri pada permukaan partikel dipengaruhi waktu, dimana makin lama waktu kontak bakteri dalam medium makin banyak bakteri yang melekat pada permukaan partikel dan makin banyak bakteri yang dapat melakukan aktivitas *leaching*nya.

Jenis bakteri juga berpengaruh pada pelepasan atau *leaching* logam, dengan kata lain bahwa *bioleaching* logam berat oleh setiap jenis bakteri berbeda. Perbedaan ini diakibatkan oleh produk metabolik yang dihasilkan selama proses berlangsung. Secara garis besar dapat dikatakan bahwa proses *leaching* logam berat oleh bakteri bergantung pada beberapa faktor yaitu; jenis dan komposisi

logam berat dalam limbah, kemampuan bakteri untuk melakukan *leaching*, dan faktor lingkungan yang mempengaruhi aktivitas bakteri. Kemampuan bakteri melakukan *bioleaching* Pb dan senyawanya bergantung pada bakteri untuk beradaptasi dengan lingkungannya.

BAB. III

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

3.1.1 Tujuan umum

Penelitian ini bertujuan mempelajari pengaruh beberapa jenis isolat bakteri terhadap peningkatan kadar logam berat Hg pada proses bioleaching.

3.1.2 Tujuan khusus

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan bakteri resisten merkuri yang diisolasi dari daerah penambangan emas desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara dalam mereduksi merkuri.

3.2 Manfaat Penelitian

1. Ditemukannya beberapa jenis isolat bakteri yang mampu meningkatkan proses bioleaching logam berat dalam limbah.
2. Ditemukannya suatu teknologi dalam pengolahan dan pemurnian logam berat dalam limbah.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Pentahapan Penelitian

Penelitian diawali dengan penyiapan bakteri dari alam yang bersumber dari tambang emas, kemudian diikuti dengan mengisolasi bakteri untuk mendapatkan isolat yang digunakan dalam proses bioleaching. Isolat yang diperoleh diperbanyak dalam media tumbuh bakteri (nutrien agar), kemudian dilakukan pemurnian untuk mendapatkan isolat murni. Selanjutnya isolat murni dikirim ke laboratorium mikrobiologi LIPI dan diidentifikasi untuk mengetahui jenis bakteri. Isolat murni bakteri yang sudah diketahui jenisnya diremajakan terlebih dahulu setelah itu sebagian isolat dilakukan uji aktivitasnya untuk mempelajari kemampuan bioleaching pada logam berat dan sebagian lagi disimpan sebagai stok untuk keperluan penelitian tahun ke dua. Tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini dirangkum pada gambar 3.1.

4.2 Bahan dan Alat Penelitian

4.2.1 Bahan Kimia

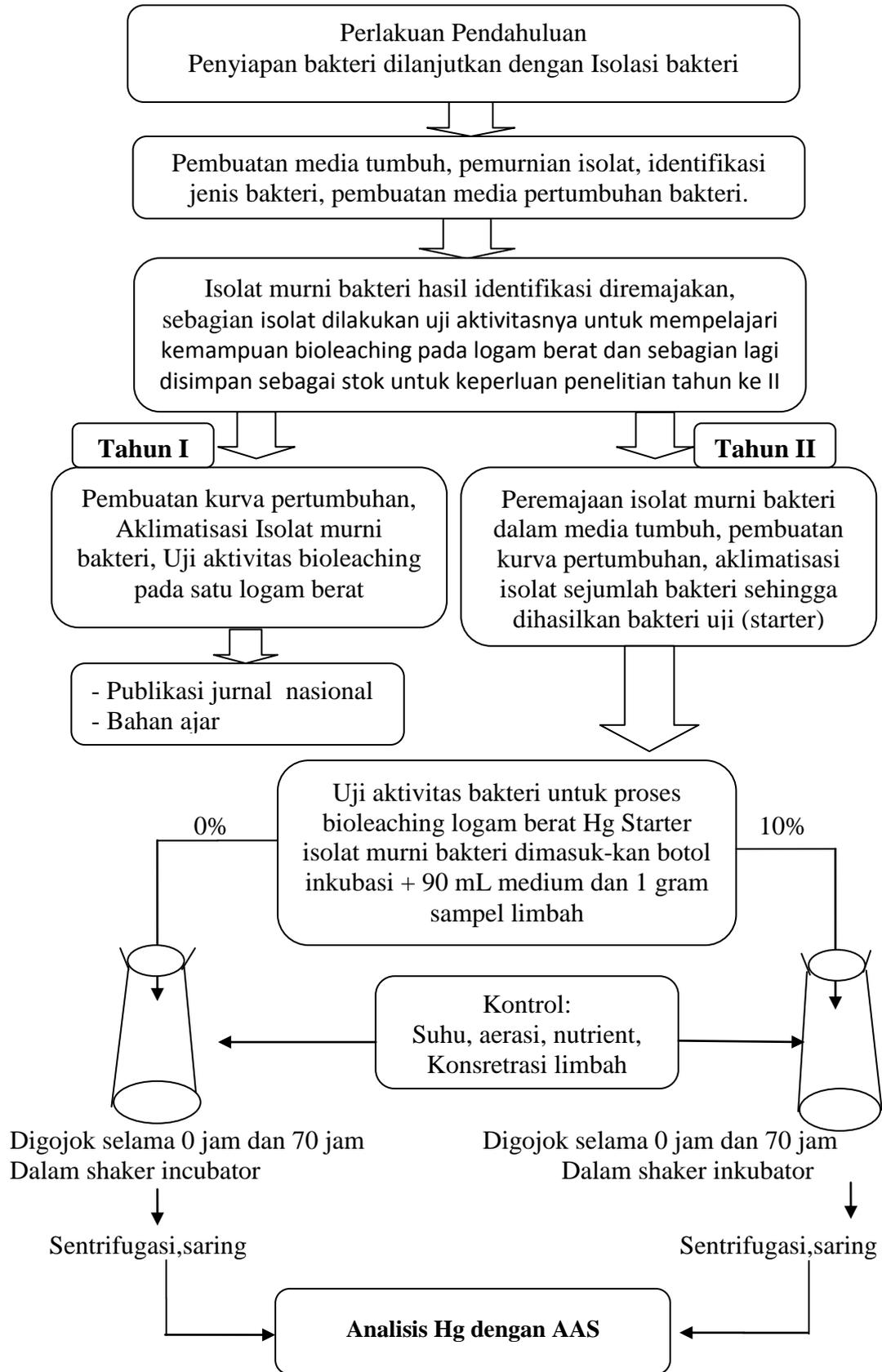
Semua bahan kimia yang di gunakan dengan kemurnian pro analisis (pa) dari E.Merck, kecuali bila disebutkan lain. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain medium *Nutrien Broth* (NB), $HgCl_2$, kertas label, H_2SO_4 , kapas, Alkohol dan Aquades.

4.2.2. Bakteri

Bakteri yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat bakteri hasil isolasi dari limbah daerah pertambangan emas yang resisten terhadap merkuri.

4.2.3. Sampel Limbah

Limbah yang digunakan adalah limbah artifisial yang dibuat dari mencampurkan sedimen dengan senyawa logam berat $HgCl_2$.



Gambar 3.1. Bagan Rangkuman Alur Penelitian

4.2.4 Alat

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini meliputi; *Flame Atomic Absorption Spectrophotometry* (FAAS) tipe Shimadzu AA-680, Mikroskop binokuler Nikon SE, mikroskop Nikon Transformation model XN, alat penghitung koloni model Quebec, Shaker incubator, pH meter Horiba, thermometer, autoclave Ogawa, neraca analitik Shimadzu Libro AEL-200, Centrifugase Jouan MR 1822, Incubator Cooling MG-KT-2, aluminium foil, labu takar, botol bioalching, batol sampel, kapas, cawan petri, pembakar spritus, pipet volum ukuran 1,5 dan 10 ml, mikro pipet, gelas ukur ukuran 50, 100, dan 250 ml, gelas Erlenmeyer ukuran 250, 500 dan 1000 ml, beaker gelas, tabung reaksi, dan plat tetes porselin, jarum ose, pembakar Bunsen, *Laminar Air Flow*, *Coloni Counter*, Mikro Pipet, *Erlenmeyer*, Lampu Spritus.

4.3 Teknik Pengumpulan Data

4.3.1 Pembuatan Stater Bakteri Resisten Merkuri

Secara aseptis sebanyak satu ose isolat bakteri resisten merkuri yang berumur 24 jam diinokulasikan pada 10 ml medium *Nutrien Broth* (NB), kemudian diinkubasi pada suhu 37⁰ C pada shaker inkubator (150 rpm) selama 1 x 24 jam. Selanjutnya dilakukan penyamaan massa secara spectrometri dengan menggunakan spectofotometer dengan panjang gelombang 600 nm menghasilkan OD 0,6 setara dengan 10⁶.

4.3.2 Uji Kemampuan Bakteri dalam Mereduksi Merkuri (Hg)

Starter bakteri resisten sebanyak 10 ml dimasukkan kedalam medium *nutrien broth* (NB) mengandung 7 ppm HgCl₂, kemudian diinkubasi pada shaker inkubator dengan kecepatan 100 rpm. Untuk uji reduksi merkuri (Hg) selama 12 jam, 24 jam, 48 jam, 72 jam. Pada akhir pengamatan uji reduksi ditambahkan H₂SO₄ pekat 2 tetes untuk membunuh bakteri. Kemudian media disentrifuge 120 rpm selama 20 menit untuk memisahkan sel kultur dengan filtratnya selanjutnya media dianalisis untuk mengetahui kadar merkuri dengan AAS.

4.3.3 Tehnik Analisis data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif yaitu dengan melihat dan mendeskripsikan kemampuan bakteri resisten yang di

isolasi dari Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo utara dalam mereduksi merkuri.

BAB V

HASIL YANG DICAPAI

5.1 Uji Kemampuan Bakteri dalam Mereduksi Merkuri (Hg)

Isolat bakteri resisten merkuri (Hg) yang diperoleh dari lokasi Penambangan Emas Desa Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupaten Gorontalo Utara diuji kemampuannya dalam mereduksi merkuri (Hg). Pengujian dilakukan untuk mengukur kadar merkuri ($HgCl_2$) yang tersisa pada medium pertumbuhan setelah diinokulasi menggunakan bakteri dan di inkubasi selama 72 jam, sebagaimana ditunjukkan pada tabel.1.

Tabel 1 :Hasil analisis kadar merkuri ($HgCl_2$) yang tersisa pada medium pertumbuhan yang diinokulasi dengan bakteri resisten merkuri (Hg)

Isolat	Kadar merkuri ($HgCl_2$) yang tersisa pada media pertumbuhan (ppm)		Pengurangan merkuri ($HgCl_2$)
	0 jam	72 jam	
Isolat A Gram negative	7	0,0452	6,9548
Isolat B Gram negativ	7	0,0055	6,9945

Sumber: Data primer 2014.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kedua bakteri mempunyai kemampuan dalam mereduksi merkuri ($HgCl_2$). Kemampuan reduksi merkuri ($HgCl_2$) dari isolat A yaitu sebesar 6,9548 ppm (99,34% dan pada isolat B yaitu 6,9945 ppm (99,91%) dari 7 ppm konsentrasi yang diujikan.

5.2 Pembahasan

Merkuri adalah salah satu jenis logam yang banyak ditemukan di alam dan tersebar di bebatuan, biji tambang, air dan udara sebagai senyawa organik dan non organik. Merkuri dalam keadaan normal berbentuk cairan berwarna abu-abu, tidak berbau dengan berat molekul 200.59 g/mol (Elberger & Brody 1993 dalam Partiwi, 2012).

Menurut Imamudin (2011), Pencemaran merkuri merupakan masalah yang serius terutama pada daerah pertambangan emas. Pencemaran merkuri yang berasal dari penggunaan bahan kimia di lahan pertambangan dapat menurunkan

kualitas sumber daya alam dan produktivitas tanah. Berbagai upaya telah dilakukan untuk bioremediasi lingkungan tercemar merkuri (Hg). Salah satu diantaranya adalah pemanfaatan mikroorganisme yang resisten terhadap merkuri (Hg) yang diperoleh dari lingkungan yang tercemar merkuri (Hg) yaitu bakteri resisten merkuri.

Pada hasil uji kemampuan bakteri dalam mereduksi merkuri ($HgCl_2$) pada tabel 1 dapat dilihat bahwa isolat A dan isolat B yang ditumbuhkan pada *Nutrien Broth* (NB) yang mengandung merkuri ($HgCl_2$) 7 ppm selama 72 jam, menunjukkan bahwa isolat A dan isolat B yang bersifat resisten merkuri dapat menurunkan kadar merkuri ($HgCl_2$) dalam 72 jam. Hasil analisis terlihat pada tabel 1.

Menurut Zulaikah, dkk (2012), bakteri yang resisten terhadap logam berat berpotensi digunakan sebagai biosorben dan bioakumulator sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agensia bioremediasi pencemaran logam berat. Bakteri mampu resisten terhadap logam berat karena pada bakteri mempunyai mekanisme biotransformasi, bioadsorpsi, biosorpsi dan bioakumulasi baik secara fisik, mekanis dan enzimatis.

Pada tabel 1 pada isolat A dan isolat B menunjukkan adanya kemampuan bakteri dalam mereduksi merkuri. Isolat A dan isolat B berdasarkan hasil pewarnaan gram merupakan gram negatif. Gram negatif menunjukkan toleransi terhadap logam yang lebih besar dibandingkan Gram positif karena memiliki struktur dinding sel yang lebih kompleks yang mampu mengikat dan mengimobilisasi ion logam termasuk Hg^{2+} . Kemampuan bakteri menghasilkan polisakarida ekstraselular dapat melindungi sel dari pengaruh toksik logam berat (Ahmad et al., 2005 dalam Pratiwi, 2012).

Menurut Liebert et al, 1999 (dalam Nofiani dan Guzrisal, 2004) menyatakan bahwa model mekanisme resisten merkuri bakteri gram negatif adalah sebagai berikut Hg^{2+} yang masuk periplasma terikat ke pasangan residu sistein MerP. Selanjutnya MerP mentransfer Hg^{2+} ke residu sistein MerT atau MerC. Akhirnya ion Hg menyeberang membran sitoplasma melalui proses reaksi pertukaran ligan menuju sisi aktif flavin disulfide oksidoreduktase, merkuri reduktase (MerA). Merkuri reduktase mengkatalisis reduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0

volatil dan sedikit reaktif. Akhirnya Hg^0 berdifusi dilingkungan sel untuk selanjutnya dikeluarkan dari sel.

Kemampuan bakteri dalam mereduksi merkuri (Hg) dipengaruhi oleh jenis bakteri dan metode kulturisasinya (Suhendrayatna, 2000). Menurut Nofiani dan Guzrisal (2004), bakteri yang dapat hidup untuk konsentrasi HgCl_2 10 ppm diduga hanya bakteri yang mengandung gen resisten merkuri. Oleh karena itu, diduga isolat A dan isolat B mengandung gen resisten merkuri spektrum sempit. Bakteri spectrum sempit adalah bakteri yang hanya memiliki protein merkuri reduktase (MerA).

Mengenai mekanisme transformasi merkuri yang dilakukan oleh bakteri, Barkay, 2000 (dalam Santi & Didiek, 2009) menjelaskan ada empat jenis mekanisme enzimatis terkait dengan hal tersebut yaitu: (1) reduksi Hg^{2+} menjadi Hg^0 , (2) pemecahan senyawa organomercuri (termasuk MeHg^+), yang menghasilkan bentuk Hg^0 , (3) metilasi Hg^{2+} , dan oksidasi Hg^0 menjadi Hg^{2+} . Reaksi reduksi dan pemecahan senyawa organomercuri dilakukan oleh enzim dan protein (mer) operon dari bakteri yang resisten terhadap merkuri dengan produk akhir Hg^0 . Operon mer memiliki situs pelekatan spesifik untuk protein (merT, merP, dan merC) yang mentransport Hg^{2+} ke dalam sitoplasma dan mencegah penghancuran sel. Di dalam sel, Hg^{2+} direduksi oleh NADPH menjadi Hg^0 oleh enzim merkuri reduktase (merA).

Namun, diantara kedua isolat bakteri terdapat perbedaan dalam mereduksi merkuri pada isolat A lebih rendah hasil reduksinya sedangkan pada isolat B lebih tinggi hasil reduksinya. Hal ini berkaitan dengan kemampuan beradaptasi bakteri tersebut terhadap merkuri tergantung jenis bakteri untuk mensintesis protein khusus yang dapat mentransformasi merkuri menjadi kurang toksik. Dimana kedua isolat bakteri tersebut diduga mempunyai kemampuan adaptasi, meliputi adaptasi genetik dan adaptasi fisiologis (Prasetyawati, 2009).

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan.

1. Isolat bakteri dari kawasan penambangan emas Hulawa Sumalata Timur mampu mereduksi merkuri pada proses bioleaching HgCl₂.
2. Besarnya merkuri yang direduksi oleh isolat bakteri A dan Isolat bakteri B berturut-turut 6,955 ppm (99,34%) dan 6,994 ppm (99,91%).

6.2. Saran

Perlu nutrisi yang seimbang untuk meningkatkan kemampuan leaching bakteri terhadap logam merkuri.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosecker, K, 1987, Microbial Leaching, in Prave, P., Faust, U., Sitting, W., Sukacath, D.A (eds), Fundamentals of Biotechnology, VCH, Weinheim.s
- Brandl, H, 2001, Microbial Leaching of Metal, Switzerland.
- 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 Biotechnology. Vol.75, p. 649-656.
- Chen S., Wilson DB, 1997, Genetic Engineering of Bacteria and Their Potential for Hg²⁺ Bioremediation, J. Biodegradation, Vol. 8
- Chen S., Wilson DB, 1997, Construction and Characterization of *Escherichia coli* Genetically Enggineered for Bioremediation of Hg²⁺ Conminated Environments, J. Appl. Environ. Microbiol. Vol. 63.
- Couillard, D and Zhu, S, 1992, Bacterial Leaching of Heavy Metals From Sewage Sludge For Agricultural Application, Water, Air, and Soil Pollution, vol.63, p.67-80
- Crueger, W. and Crueger, A, 1984, Biotechnology: A Textbook of Industrial Microbiology, Science Tech, Inc.
- Ehrlich, H.L, 1992, Metal Extraction and Ore Discovery, in Lederbeg (Eds) Encyclopedia of Microbiology, vol.3, Academic Press, Inc.
- Kong I.C., Bitton G., Koopman B., Jung K.H, 1995 Heavy Metal Toxicity Testing in Environmental Samples, Reviews of Environmental Contamination and Toxicology, Vol.142.
- Octavia, B, 1995, Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pengikat Merkuri, Tesis PPs Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Rossi, G., Ehrlich HL., 1990, Other Bioleaching Processes, in Ehrlich HL., Brierley CL (Eds.), Microbial Mineral Recovery, McGraw-Hill, New York.
- Seidel, A., Zimmels, Y., and Armon, R, 2001, Mechanism of Bioleaching of Coal Fly Ash by *Thiobacillus thiooxidans*, Chemical Engineering Journal, vol.88, p.123-130
- 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
- Suharti, P, 1998, Studi Bioremediasi Limbah Yang Tercemar Logam Berat Melalui Proses Bioleaching, Tesis PPs Universitas Airlangga Surabaya.

Ulfin, I, 2000, Dekonsentrasi Logam Berat Timbal dan Kadmium Dalam Larutan Oleh Kayu Apu (*Pistia stratiots L.*), Tesis PPs. Universitas Airlangga Surabaya.

Wang, C.L., Michels, P.C., Dawson, S.C., Kitisakkul S., Baross, J.A., Keasling, J.D, and Clark D.S, 1997, Cadmium Removal by a New Strain of *Pseudomonas aeruginosa* in Aerobic Culture, J. Applied and Environmental Microbiology, vol.63, No. 10, p.4075-4078.

WHO, 1995, Environmental Health Criteria 165: Inorganic Lead, Word Health Organization, Geneva.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Ketua dan Anggota tim peneliti

Ketua Peneliti

1. Identitas Diri

Nama Lengkap : Prof. DR. Ishak Isa, M.Si
NIP : 196105261987031005
Tempat Tanggal Lahir : Limboto, 26 Mei 1961
Instansi/Lembaga : Universitas Negeri Gorontalo
Pangkat/Golongan/Jabatan : Pembina Utama Madya/IVd/Guru Besar
Alamat Kantor : Jl.Jend. Sudirman No. 6 Kota Gorontalo
Telepon Kantor/Fax : 0435-827213
Alamat Rumah : Jl.Jend. Sudirman No.39 Kayubulan Limboto
Telepon Rumah : 0435-880074
Hand Phone (HP) : +6281356139399

2. Riwayat Pendidikan :

1. S1 : Pendidikan Kimia IKIP Manado Lulus tahun 1986
2. S2 : Kimia Analisis UGM Lulus tahun 1996
3. S3 : Analisis Lingkungan MIPA Unair Lulus tahun 2004

1. Pelatihan dan karya ilmiah:

1. Kursus Penilai Analisis Mengenai Dampak Lingkungan angkatan XV Tahun 2005.
2. Tim Penyusun UKL dan UPL pada PETI Desa Buladu Kecamatan Sumalata tahun 2004.
3. Tenaga ahli pengelolaan limbah pada Badan Penelitian Pengembangan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Provinsi Gorontalo Tahun 2005
4. Tingkat Pencemaran Logam Berat Timbal (Pb) Di Kali Surabaya. Disampaikan pada Seminar Nasional Kimia Lingkungan FMIPA Unair tahun 2005.

5. Biobleaching Logam Berat Pb Dari Sedimen Tercemar Dengan Menggunakan Bakteri *Bacillus. Sp.* Disampaikan pada Seminar Nasional Kimia, Untad Palu tahun 2005.
6. Peran Bioteknologi Dalam Penyediaan Protein, Jurnal Sainstek Vol.1 No.1 Tahun 2006
7. Penetapan Timbal, Kadmium dan Tembaga Secara Voltametri Pelarutan Kembali, Jurnal Sainstek Vol.1. No.2 Tahun 2006
8. Penetapan Tembaga Pada Muara Sungai Bone Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom. Jurnal Sainstek Vol.1. No.3 Tahun 2006
9. Analisis Pestisida Golongan Organo Posfat pada Beberapa Jenis Buah Dengan Metode Kromatografi Gas, Jurnal Sainstek Vol.2. No.1 Tahun 2007
10. Kajian Pencemaran Merkuri di Sungai Taluduyunu Kecamatan Marisa Kab. Pohuwato, Penelitian Lemlit, tahun 2006
11. Pemanfaat Limbah Tongkol Jagung Sebagai Bahan Baku Pembuatan Arang Aktif, Lomba Inovasi tahun 2007.
12. Kemampuan dalam memecahkan soa-soal kinetika kimia pada mahasiswa Jurusan Pendidikan Kimia UNG
13. Briket Arang dan Arag Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung, Penelitian PNBPU UNG 2012

Gorontalo, Agustus 2014

Prof. DR. Ishak Isa, M.Si
NIP. 196105261987031005

Anggota

Nama : Yuliana Retnowati, S.Si, M.Si
Tempat Tanggal Lahir : Sleman, 17 Juli 1977
NIP : 19770717 200604 2 001
Pangkat / Golongan : Penata/IIIc
Jabatan Fungsional : Lektor
Jenis Kelamin : Perempuan
Alamat Kantor : Universitas Negeri Gorontalo.
Jl. Jend. Soedirman No. 6, Kel. Dulalowo
Kecamatan Kota Tengah, Kota Gorontalo. KP.
96128
Telp Kantor : (0435) 821125
Alamat email : yuliana_ri@yahoo.com
Alamat Rumah : Jl. Makassar, Kelurahan Dulalowo, Kecamatan
Kota Tengah, Kota Gorontalo Provinsi Gorontalo.
Telp. HP : 085256196677

Riwayat Pendidikan :

1. SDN Randusari Sleman Yogyakarta Tahun 1989
1. SMP Negeri Ngemplak Sleman Yogyakarta Tahun 1992
2. SMA Negeri 9 Yogyakarta Tahun 1995
3. S1 Universitas Gajah Mada, (Biologi) Tahun 2000
4. S2 Universitas Gajah Mada, (Biologi/Mikrobiologi) Tahun 2005

Pengalaman Penelitian dan Publikasi :

1. Peran Kultur Murni (*Starbio plus*) Pada Fermentasi Silase Rumput Alang-alang (*Imperata cylindrica, Merr*), Tahun 2000
2. Bakteri yang tumbuh pada Susu Kedelai Penyimpanan Suhu Dingin, Tahun 2005
3. Bioakumulasi Merkuri Oleh Bakteri Sedimen pada lingkungan yang terkontaminasi limbah Tambang Emas, (jurnal tahun 2005)
4. Klasifikasi strain genus *Actinobacillus*, *Haemophilus* dan *Pasteurella* berdasarkan metode taksonomi numerik, (jurnal Sains Tek, vol 1, no 3, November 2006).
5. Biomassa mikroba dan aktivitasnya pada sedimen dan air danau Limboto dengan teknik pengayaan *ex-situ* mikrokosmos (2007).
6. Pembentukan Biofilm oleh *Echerichia coli* dan resistensinya terhadap klorin (2008)
7. Karakteristik Tiga Kultivar Jagung Yang Bersimbiosis dengan FMA (Fungi Mikoriza Arbuskular) (2008)
8. Pertumbuhan Kapang *Monascus purpureus*, *Aspergillus flavus* dan *Penicillium sp* pada media Beras, Jagung dan Kombinasi Beras Jagung (jurnal SainsTEK,2010)
9. Pola pertumbuhan kapang *Monascus purpureus* pada media beras, jagung dan kombinasi beras jagung (Jurnal entropi, 2010)
10. Isolasi dan identifikasi bakteri pengguna merkuri dari sedimen sungai yang terkontaminasi limbah tambang emas (Jurnal saintek Vol 6 (1), 2011.

11. Pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* pada media yang diekspos dengan infus daun sambiloto (*Andrographis paniculata*) Jurnal saintek Vol 6 (2), 2011
12. Potensi penghasian hormon IAA oleh Mikroba Endofit akar tanaman jagung (*Zea mays*). 2011

Gorontalo, Agustus 2014
Yang membuat :

Yuliana Retnowati,S.Si.,M.Si
NIP. 19770717 200604 2 001

Lampiran 2

Foto Lokasi Pengambilan Sampel Limbah Air dan Sedimen Tambang Emas Hulawa Kecamatan Sumalata Timur Kabupten Gorontalo Utara









Proses Uji Reduksi Merkuri



Gambar 1 : Pembuatan stater untuk uji reduksi



Gambar 2 : Persiapan media untuk uji reduksi



Gambar 3 : media uji reduksi

Rekapitulasi Penggunaan Dana Penelitian

Judul : Pemanfaatan Berbagai Jenis Bakteri Dalam Proses Bioteaching Limbah Logam Berat
 Skema Hibah : Penelitian Fundamental
 Peneliti / Pelaksana : Prof. Dr. ISHAK ISA M.Si
 Nama Ketua : Universitas Negeri Gorontalo
 Perguruan Tinggi : 0026056106
 NIDN : YULIANA RETNOWATI S.Si, M.Si
 Nama Anggota (1) : Tahun ke 2 dari rencana 2 tahun
 Tahun Pelaksanaan : Rp 45.000.000,00
 Dana Tahun Berjalan :
 Dana Mulai Diterima Tanggal :

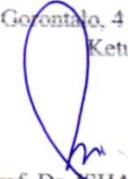
Rincian Penggunaan

1. HONOR OUTPUT KEGIATAN				
Jenis Honor	Volume	Satuan	Honor/lasm (Rp)	Total (Rp)
1. Ketua peneliti	120.00	jam	60.000	7.200.000
2. Honor anggota	96.00	jam	50.000	4.800.000
3. Honor laboran 1	80.00	jam	20.000	1.600.000
4. Honor laboran 2	80.00	jam	20.000	1.600.000
Sub Total (Rp)				15.200.000,00
2. BELANJA BAHAN				
Jenis Bahan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1. H ₂ SO ₄ 98%	1.00	L	4.000.000	4.000.000
2. PDA	1.00	Kg	2.500.000	2.500.000
3. PDB	1.00	Kg	2.500.000	2.500.000
4. Alkohol	5.00	L	200.000	1.000.000
5. Hg ₂ Cl ₂	50.00	gr	60.000	3.000.000
6. Aluminium foil	10.00	rol	100.000	1.000.000
7. Aluminium foil	5.00	dos	200.000	1.000.000
8. ATK	1.00	paket	1.000.000	1.000.000
9. Pembuatan dan penggandaan laporan	1.00	paket	500.000	500.000
Sub Total (Rp)				16.500.000,00

3. BELANJA BARANG NON OPERASIONAL LAIN LAINYA				
Item Barang	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1. Pemeriksaan Merkuri	1.00	paket	3.000.000	3.000.000
2. Pendaftaran seminar internasional Trepsea	1.00	kali	500.000	500.000
3. Konsumsi seminar hasil	1.00	kali	500.000	500.000
4. Administrasi lab. Biologi	1.00	paket	1.000.000	1.000.000
5. Sewa peralatan Lab. Kimia	1.00	paket	3.000.000	3.000.000
Sub Total (Rp)				8.000.000,00
4. BELANJA PERJALANAN LAINNYA				
Item Perjalanan	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1. Transportasi Gorontalo-Manado pp	1.00	kali	1.250.000	1.250.000
2. Transportasi Gorontalo-Makasar pp dan akomodasi	1.00	paket	2.000.000	2.000.000
3. Biaya transport lokal dan akomodasi di Manado	1.00	paket	2.000.000	2.000.000
Sub Total (Rp)				5.250.000,00
Total Pengeluaran Dalam Satu Tahun (Rp)				44.950.000,00

Mengetahui,
 Ketua Lembaga Penelitian

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

Gorontalo, 4 - 10 - 2014
 Ketua,

 (Prof. Dr. ISHAK ISA M.Si)
 NIP/NIK 196105261987031005