



LAPORAN PKMP

JUDUL KEGIATAN:

PENCARIAN BAKTERI PELEPAS LOGAM EMAS (*Thiobacillus thiooxidans* & *T. ferrooxidans*) UNTUK PELINDIAN LOGAM EMAS (BIOLEACHING)

Oleh:

Ketua	:	Andrianur Hanafi	J3M107040	2007
Anggota	:	Mia Jamilah F.B.	J3M107043	2007
		Anikmah Ridho P.	J3M107048	2007
		Latif Hidayat	J3M108038	2008
		Khairani Wahyuni	J3M109026	2009

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2010



HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA

1. Judul Kegiatan : Pencarian Bakteri Pelepas Logam Emas (*Thiobacillus thiooxidans* & *T. ferrooxidans*) untuk Pelindian Logam Emas (*Bioleaching*)
2. Bidang Kegiatan : PKMP
3. Bidang Ilmu : MIPA
4. Ketua Pelaksana Kegiatan/Penulis Utama
 - a. Nama Lengkap : Andrianur Hanafi
 - b. NIM : J3M107040
 - c. Jurusan : Teknik dan Manajemen Lingkungan
 - d. Universitas/Insitut/Politeknik : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah dan No. Tel./HP: Komplek Bogor Baru Blok A VIII, No 3 – 4 Bogor
0251-8328861/081931109571
 - f. Alamat email : andrianur.hanafi@gmail.com
5. Anggota Pelaksana Kegiatan/Penulis : 4 orang
6. Dosen Pendamping
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Ir. D. Dodit Hadijoyo
 - b. NIP : 19610923 199002 1 001
 - c. Alamat Rumah dan No. Tel./HP: Jl. Pabaton No 40 Bogor Tengah Bogor
0251-8314316/08174820258
7. Biaya Kegiatan Total :
 - a. Dikti : Rp 7.000.000,-
 - b. Sumber lain : Rp -
8. Jangka Waktu Pelaksanaan : 6 (enam) bulan

Bogor, 14 Juni 2010

Menyetujui
Ketua Program Keahlian
Teknik dan Manajemen Lingkungan

Ketua Pelaksana Kegiatan

(Prof. Dr. Ir. H. Dede Setiadi, MS)
NIP. 19510402 197903 1 004

(Andrianur Hanafi)
NIM. J3M107040

Wakil Rektor Bidang Akademik dan
Kemahasiswaan

Dosen Pendamping

(Prof. Dr. Ir. H. Yonny Koesmaryono, MS)
NIP. 19851228 198503 1 003

(Ir. D. Dodit Hadijoyo)
NIP. 19610923 199002 1 001

Abstrak

Bioleaching merupakan proses pelindian logam menggunakan komponen biologi seperti bakteri dan mikroba lainnya. Penelitian *bioleaching* ditujukan untuk mencari bakteri pribumi yang mampu melindikan logam emas yang terjebak dalam batuan. Penelitian dilakukan dengan mengisolasi bakteri dari tanah yang diperkirakan mengandung logam emas. Isolasi bakteri dilakukan menggunakan media selektif yakni media 9K untuk bakteri *Thiobacillus ferrooxidans* dan media 35 untuk bakteri *T. thiooxidans*.

Kata Kunci: *Bioleaching*, Bakteri Pribumi, Emas

Kata Pengantar

Segala puji bagi Allah ‘azza wa jalla atas segala nikmat-Nya. Kami bersaksi bahwa tiada *Ilah* yang berhak diibadahi dengan benar selain Allah semata yang tiada sekutu bagi-Nya di bumi dan langit-Nya. Kami bersaksi bahwa Muhammad SAW adalah hamba dan utusan-Nya serta penutup para nabi-Nya. Shalawat dan salam yang melimpah semoga tercurah atas beliau, keluarga, dan para sahabat beliau sampai hari Kiamat.

Laporan ini merupakan hasil dari kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa Penelitian (PKMP) yang telah dilakukan kelompok kami dari tanggal 15 Januari sampai 30 Juni 2010. Kegiatan PKMP tersebut merupakan kegiatan pencarian bakteri yang mampu melepaskan logam emas dari bijihnya. Bakteri tersebut adalah *Thiobacillus thiooxidans* dan *T. ferrooxidans* pribumi yang telah beradaptasi dan memiliki kinerja yang optimal dengan keadaan tambang emas yang telah tercemar khususnya di daerah Jawa Barat.

Penulis bersyukur kepada Allah atas segala nikmat yang dikaruniakan, baik berupa kesehatan, bimbingan, pertolongan, kemampuan berpikir dan bertindak dengan benar, serta keteguhan iman. Penulis juga berterima kasih kepada orang tua kami masing-masing di rumah yang terus mendukung dan mengamati pencapaian-pencapaian kami. Terima kasih penulis sampaikan pula kepada dosen pembimbing kami, Ir. D. Dodit Hadijoyo. Kemudian, kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan ini, penulis sampaikan banyak terima kasih.

Bogor, 14 Juni 2010

Penulis

I. Pendahuluan

1. Latar Belakang Masalah

Selama ini, dalam memperoleh logam emas yang bernilai tinggi dari bijih emas, digunakan metode-metode yang menggunakan bahan-bahan kimia yang meracuni lingkungan, misalnya air raksa (Hg) dan Sianida (CN). Beberapa metode tersebut antara lain: gravitasi, amalgamasi, flotasi dan sianidasi. Diantara metode-metode tersebut, metode amalgamasi dan sianidasi yang banyak digunakan, tetapi metode tersebut juga yang paling banyak memberi bahan racun ke lingkungan.

Dengan berbagai kendala yang dihadapi dalam memperoleh emas, para pakar mulai mengembangkan proses lain sebagai bantuan proses amalgamasi, sianidasi, flotasi atau berpaling sama sekali dari proses-proses tersebut. Pada proses amalgamasi kelebihan Hg yang tidak terkontrol akan menyebabkan kerusakan lingkungan. Demikian juga pada metode sianidasi, air limbahnya bila tidak diolah, mengandung sianida (CN⁻) yang akan meracuni lingkungan karena sianida merupakan racun yang kuat bagi lingkungan dan kehidupan.

2. Perumusan Masalah

Di Indonesia, sampai saat ini pemanfaatan mikroorganisme untuk bidang pertambangan logam mulia (misal: logam emas (Au)) masih belum optimal atau bisa dikatakan belum dimulai, atau baru sekedar wacana. Sementara potensi atau kemampuan mikroorganisme dalam membantu menambang logam Emas dengan menghancurkan “pembungkus logam Au” di alam sudah terbukti nyata.

Indonesia sebagai negara tropis yang kaya akan cadangan berbagai mineral tambang dalam jumlah banyak dan berlimpah dengan berbagai mikroorganisme, mempunyai peluang yang cerah untuk melaksanakan *bioleaching*. Dari sisi mikroorganismenya, kondisi iklim yang tropis mendukung keberadaan kelompok bakteri “Pelepas Logam” yang hidup baik pada kondisi mesofilik, yang mengendaki suhu yang hangat.

3. Tujuan Program

Memperoleh galur-galur bakteri *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans* asli Indonesia yang unggul dalam melindikan emas yang terdapat dalam batuan (*ore*). Bakteri-bakteri tersebut akan sangat efektif dalam melindikan batuan emas berkadar cebakan rendah yang sulit diekstraksi dengan metode lainnya.

4. Luaran yang Diharapkan

Mendapatkan biakan *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans indigeneous* yang telah beradaptasi dengan berbagai faktor lingkungan tambang di Indonesia, khususnya wilayah Jawa. Biakan yang didapat tersebut berpotensi sebagai bahan penelitian selanjutnya, baik yang unggul maupun yang tidak unggul.

5. Kegunaan Program

Penelitian ini dapat membantu perusahaan pertambangan emas untuk melakukan penambangan yang ramah lingkungan sekaligus efisien dan menguntungkan. Disamping itu, dapat ditemukan bakteri *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans* yang dapat dimanfaatkan bagi penelitian-penelitian selanjutnya.

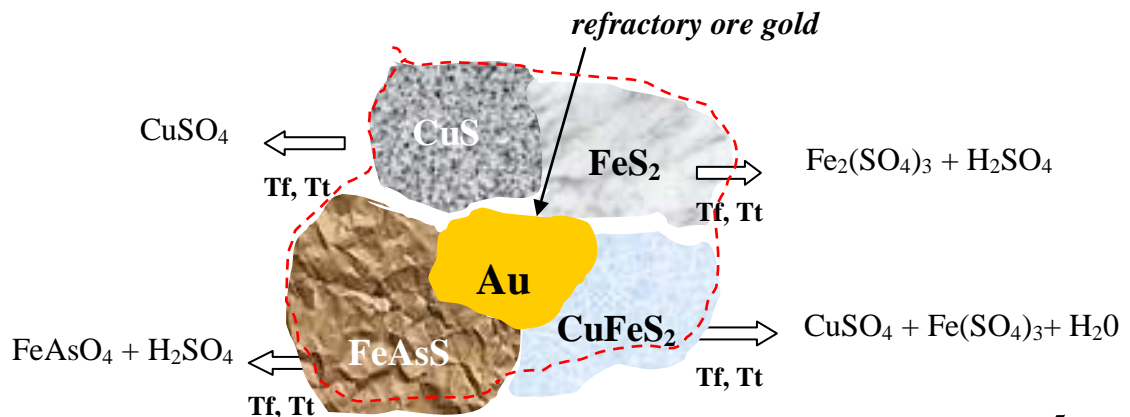
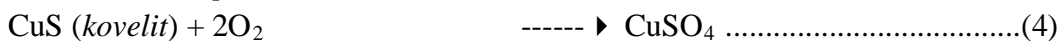
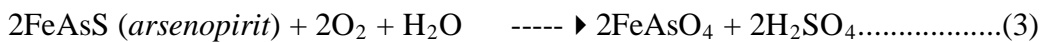
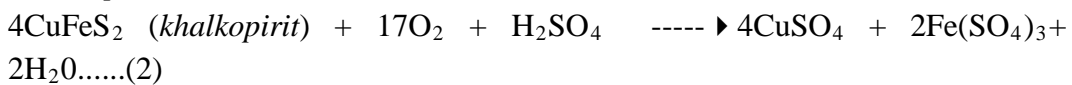
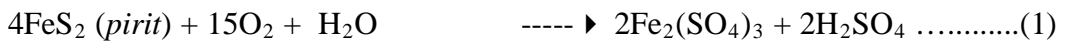
II. Tinjauan Pustaka

Peranan bakteri dalam melepaskan logam dari cebakan batuan bumi baru diketahui belum lama berselang. Laporan pertama menyatakan bahwa baru pada tahun 1920-an diketahui ada bakteri tertentu yang berperan dalam melepaskan Zn dan FeS dari batuan, meskipun saat itu belum teridentifikasi. (Weiss, 1973; Miller & Risatti, 1988). Peranan sesungguhnya bakteri didalam melepaskan logam baru diketahui pada tahun 1947, yaitu ketika Arthur Colmer & M.E. Hinkie dari West Virginia University di Morgantown dapat mengidentifikasi jenis bakteri tersebut. Bakteri tersebut kini disebut *Thiobacillus ferrooxidans*, yang berperan utama melepaskan logam dari *sulfide* cebakan. (Lundgren & Silver, 1980).

T. ferrooxidans adalah bakteri pelepas logam yang paling banyak diteliti, berbentuk batang (*bacillus*) kecil, menyukai tempat yang sangat asam dengan pH optimum berkisar antara 1,5 – 2,5 (Chang & Myersomn, 1982). Bakteri ini mampu mendapatkan energi dari oksida besi ferro (Fe^{2+}) menjadi ferri (Fe^{3+}) dan dengan mengoksidasi bentuk tereduksi sulfur menjadi asam sulfat (Corbett & Ingledew, 1987). Oksigen adalah penerima terakhir elektron yang lepas ketika reaksi oksidasi, tetapi jika oksigen tidak ada, bakteri ini dapat menggunakan besi ferri sebagai ganti penerima terakhir elektron untuk mengoksidasi sulfur yang tereduksi.

Reaksi pelepasan logam biasanya meliputi perubahan cebakan logam yang tidak larut, biasanya berupa sulfida, menjadi senyawa yang larut dan logam yang diinginkan lebih mudah dimurnikan atau diekstrak. Bakteri pelepas logam dapat melakukan perubahan ini langsung dengan mengoksidasi sulfida logam sehingga terbentuk besi ferri, asam sulfat dan sulfat logam dan hasil logam tergantung jenis cebakannya (Maha dan Cork, 1990; Torma, 1977; Ohmura *et al.* 1993).

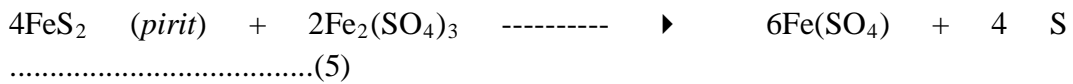
Beberapa contoh reaksi pelepasan logam sebagai hasil serangan bakteri langsung adalah:



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 1. Proses pelepasan atau pelapukan logam (*bioleaching*) “pembungkus Emas” oleh bakteri *T. ferrooxidans* (Tf) & *T. thiooxidans* (Tt) pada bijih emas yang sudah tidak dapat diproses secara kimiawi (*tailing*)

Pelepasan logam dari mineral oleh bakteri dapat juga secara tidak langsung. Seperti diperlihatkan pada reaksi (5) sampai (6):



Besi ferri dan asam sulfat terbentuk melalui oksidasi langsung *sulfide* logam mampu mengoksidasi sendiri cebakan tertentu untuk membentuk oksida dan sulfat yang larut dalam larutan asam (Sugio *et al.* 1986). Apabila besi ada, kedua pekerjaan bakteri langsung dan serangan kimiawi yang tidak langsung kelihatannya berperan dalam melepaskan logam dari cebakan. Metode *bioleaching* dapat dimanfaatkan untuk mengambil logam yang berharga dari eposit mineral yang berkadar rendah dan berkadar tinggi (Espejo dan Ruiz, 1987) dengan cara yang berbeda.

III. Metode Pendekatan

1. Pengambilan contoh tanah tambang

Contoh-contoh tanah tambang diambil dari daerah tambang emas tradisional di daerah Pelabuhan Ratu. Contoh-contoh yang diambil, mewakili 5 jenis tanah yang berbeda di daerah tersebut. Masing-masing tanah diambil sebanyak ± 25 gram lalu dimasukkan ke dalam plastik. Di laboratorium, sebagian contoh-contoh tersebut dikulturkan pada media selektif untuk *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans* dan sebagian lainnya disimpan.

2. Isolasi bakteri pelarut logam, *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans*

T. ferrooxidans dikulturkan dalam media 9K yang mengandung (per liter): KH_2PO_4 (0,4 gr); $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,2 gr); $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,4 gr); NH_4Cl (0,4 gr); $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (33,3 gr); PH: 1,5-2 pada 30°C. *T. thiooxidans* dikulturkan dalam media 35 yang mengandung (per liter): NH_4Cl (0,1 gr); KH_2PO_4 (0,3 gr); $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (0,1 gr); $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,14 gr); Sulfur (10 gr); pH: 3 pada 30°C. Sebanyak 0,1 gram sampel dilarutkan dalam 9,9 ml larutan garam fisiologis. Larutan tersebut diambil 1 ml lalu diinkubasi dalam ± 25 ml media 9K dan 35 untuk setiap cawan petri. Kultur diinkubasi selama 1 sampai 8 minggu hingga pertumbuhan dapat diamati. Dalam kultur, pertumbuhan *T. ferrooxidans* dicirikan dengan presipitasi besi dan warna oranye dari media. Sedangkan pertumbuhan *T. thiooxidans* dikonfirmasi dengan perubahan pH.

3. Analisis bijih emas

Sebanyak 7 gram butiran biji emas dilarutkan pada 4 tabung yang masing-masing berisi 200 ml media 0,9K yang mengandung (per liter): KH_2PO_4 (0,4 gr);

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang memurnikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

CaCl₂.2H₂O (0,2 gr); MgSO₄.7H₂O (0,4 gr); (NH₄)₂SO₄ (0,4 gr); FeSO₄.7H₂O (3,33 gr); PH: 1,5-2. Kemudian inokulum *T. ferrooxidans* ditambahkan ke dalam tabung nomor 1, *T. thiooxidans* ditambahkan ke dalam tabung nomor 2, *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans* ditambahkan ke dalam tabung nomor 3, dan tabung nomor 4 digunakan sebagai kontrol negatif. Sampel-sampel ini diinkubasi pada 30°C. Kandungan Au terlarut setiap tabung diukur pada minggu ke-2 dan ke-4 dengan *Atomic Absorption Standards* (AAS). Hal ini dilakukan dengan 5 jenis tanah (5 kultur *T. ferrooxidans* dan *T. thiooxidans*).

IV. Pelaksanaan Program

1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dari bulan Januari 2010 sampai Juni 2010. Tempat pelaksanaan penelitian adalah Laboratorium Lingkungan, Laboratorium Mikrobiologi Kampus IPB Cilibende, Laboratorium Terpadu IPB, dan Laboratorium RPI.

2. Tahapan Pelaksanaan/Jadwal Faktual

No	Tanggal	Kegiatan	Hasil
1	05-Jan-10	Pengumuman dana DIKTI	Dana Penelitian
2	19-Jan-10	Penerimaan dana DIKTI	
3	29-Jan-10	Pertemuan untuk membahas rencana kegiatan	Rencana kegiatan penelitian
4	30-Jan-10	Pertemuan untuk meminimalisasi dana penelitian	
5	01-Feb-10	Konsultasi tentang metode alternatif yang hasilnya sama dengan metode sebelumnya	Metode alternatif pembiakan bakteri
6	04-Feb-10	Pertemuan dengan dosen pembimbing untuk membahas lokasi sampling tanah dan air	Lokasi Sampling Tanah dan Air
7	09-Feb-10	Pertemuan dengan Wakil direktur II Program Diploma untuk meminta izin pemakaian peralatan dan laboratorium	Jadwal Pemakaian alat dan laboratorium
8	18-Feb-10	Pertemuan dengan penanggung jawab lab.	
9	20-Feb-10	Pembelian bahan	Bahan untuk penelitian tersedia
10	18-Mar-10	Sampling	Tanah dan air yang mengandung emas
11	20-Mar-10	Perlakuan tanah menjadi 5 sampel	-
12	25-Mar-10	Persiapan alat dan bahan beserta laboratorium yang akan digunakan	-

No	Tanggal	Kegiatan	Hasil
13	26-Mar-10	Mulai pembuatan media	Media selektif
14	08-Apr-10	Isolasi bakteri	Biakan bakteri Tf dan Tt
15	25-Apr-10	Melaksanakan Monitoring dan Evaluasi di Dramaga	
16	01-Mei-10	Pembelian bahan yang kurang	
17	25-Mei-10	Pemurnian bakteri	Biakan murni bakteri Tf dan Tt
18	08-Jun-10	Pembuatan agar miring untuk menyimpan bakteri	Kultur murni bakteri Tf dan Tt
19	09-Jun-10	Inokulasi bakteri ke dalam agar miring	
20	11-Jun-10	Pembuatan media cair selektif untuk pembiakan bakteri Tf dan Tt	Bakteri Tf dan Tt yang akan digunakan untuk uji pelindian
21	12-Juni-10	Inokulasi bakteri ke media cair selektif	
22	15-Jun-10	Penulisan laporan akhir	Laporan akhir

3. Pelaksanaan

Kegiatan penelitian dilakukan sejak Februari hingga saat ini dengan beberapa tahapan pelaksanaan. Tahap awal yang dilakukan adalah tahap pra penelitian yang dilakukan dari Februari – Maret dengan pengurusan administrasi dan persiapan alat, bahan dan tempat penelitian. Tahapan selanjutnya adalah kegiatan sampling tanah yang diduga mengandung emas yang dilakukan di kawasan tambang rakyat Pelabuhan Ratu, Sukabumi. Setelah alat, bahan dan sampel tersedia dilakukan pembuatan media selektif untuk isolasi bakteri. Kegiatan isolasi dilakukan pada bulan Maret-April. Isolasi bakteri dilakukan menggunakan media 9K dan media 35. Setelah media disiapkan, tanah yang diduga mengandung emas dimasukkan ke dalam media dan diinkubasi dengan suhu 30 °C selama 72 jam. Setelah koloni bakteri tumbuh dilakukan identifikasi terbatas dengan teknik visual dan pengamatan lekapan basah.

Kegiatan yang dilakukan setelah koloni bakteri tumbuh adalah pemurnian bakteri dengan teknik cawan gores. Biakan murni selanjutnya diidentifikasi dengan teknik pewarnaan gram dan pewarnaan sederhana. Selanjutnya dilakukan penyimpanan biakan bakteri dalam kultur miring, dan isolasi bakteri dalam media cair. Isolat dalam media cair akan digunakan dalam uji pelindian yang saat ini masih dalam proses pelaksanaan.

4. Instrumen Pelaksanaan

Instrumen – instrumen yang digunakan pada *bioleaching* ini adalah *Autoclaf*, inkubator, neraca analitik, AAS, *freezer*, *shaker*, mikroskop, kamar hitung (hematositometer)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

5. Rancangan dan Realisasi Biaya

a. Pemasukan

- Dana DIKTI tahap pertama **Rp 7.000.000**

b. Pengeluaran

Transaksi	Uraian	Jumlah (Rp)
Pembelian bahan	Agar bacto 50 gr CaCl ₂ 20 gr FeSO ₄ 11 gr KH ₂ PO ₄ 20 gr	251.000
Pembelian bahan	FeSO ₄ 29 gr	29.000
Pembelian bahan	Amonium Klorida 75 gr Magnesium Sulfat 37,5 gr	86.089
Pembelian bahan	Sulfur bubuk 80 gr	44.000
Pembelian bahan	H ₂ SO ₄ 3 liter	1.300.000
Transportasi	Bensin dan angkutan umum	50.000
Pembelian bahan	Aluminium foil dan tusuk gigi	12.490
Biaya penulisan	Cetak laporan, fotokopi, dan CD	47.700
Pembelian bahan	Tisu, kapas, dan sabun	17.870
Total		1.838.149

c. Saldo

- Pemasukan	Rp	7.000.000,-
- Pengeluaran	Rp	1.838.149,-
Total	Rp	5.161.851,-

d. Rencana Pengeluaran

Transaksi	Uraian	Jumlah (Rp)
Pengujian AAS	2 kali uji Au terlarut untuk 28 sampel @ Rp 80.000,-	3.840.000
Pengambilan sampel	Biaya transportasi pulang-pergi 2 orang @ Rp 34.000,-	68.000
Pembelian bahan	Bahan untuk media 9K, 35, dan 0,9K	1.321.851
Total		5.161.851

V. Hasil dan Pembahasan

Mikroba yang digunakan dalam penelitian bioleaching adalah bakteri *T. ferrooxidans* (Tf) dan *T. thiooxidans* (Tt). Sampel tanah untuk penelitian diambil dari tambang rakyat di Pelabuhan Ratu, Sukabumi. Dari tahapan isolasi bakteri didapatkan biakan murni bakteri Tf dan Tt yang diidentifikasi dengan cara visual dan pengamatan lekapan basah. Gambar bakteri dapat dilihat di lampiran. Biakan murni yang telah didapat kemudian disimpan dalam kultur miring. Penyimpanan biakan bakteri ditujukan supaya bakteri dapat diambil dan diinokulasi jika dibutuhkan.

Sebelum melaksanakan uji pelindian, dilakukan perbanyakan bakteri menggunakan media cair. Penggunaan media cair dimaksudkan untuk mempercepat pertumbuhan bakteri. Hasil yang didapat adalah bakteri Tf dan Tt yang berada dalam fase log dan siap digunakan untuk uji pelindian. Uji pelindian saat ini sedang dilakukan. Kadar emas terlarut dalam air lindi akan diuji 2 (dua) kali sehingga diperoleh persentase kenaikan jumlah emas terlarut per satuan waktu.

VI. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa *Thiobacillus thiooxidans* dan *Thiobacillus ferrooxidans* dari sampel telah beradaptasi dengan kondisi tambang emas di Pelabuhan Ratu. Namun, kemampuan bakteri-bakteri tersebut dalam melindungi emas masih perlu dibuktikan dengan pengujian logam terlarut dari air lindi hasil bioleaching yang lebih banyak.

VII. Daftar Pustaka

- Chang YC, Myerson AS. 1982. Growth models of continuous bacterial leaching of iron pyrite by *Thiobacillus ferrooxidans*. *Biotechnol. Bioeng.* 24:889
- Corbett CM, Ingledew WJ. 1987. Is $Fe^{2+/3+}$ cycling an Intermediate in Sulphur oxidation by Fe^{2+} Grown *Thiobacillus ferrooxidans*. *Biochem. Biophys. Acta.* 128:522-534
- Espejo RT, RuizP. 1987. Growth of free and attached *Thiobacillus ferrooxidans* in ore suspensions of a Zinc Sulfide Concentrate. *Biotechnol. Bioeng.* 30:586-592.
- Lundgren DG, Silver. 1980. Ore leaching by bacteria. *Ann. Rev. Microbiol.* 34:263-283
- Maha A, Cork DJ. 1990. Introduction to sulfur microorganism and their applications in the environment and industry. *Development in Industrial Microbiology* 31 (5):99-102
- Miller KW, Risatti JB. 1988. Microbials oxidation of Pyrrhotites in Coal Chars. *Fuel* 67:1150-1154.
- Ohmura N, Kitamura K, Saiki H. 1983. Mecanism of Microbila Flotation using *Thiobacillus ferrooxidans* for pyrite suspension. *Biotec. Bioeng.* 41:671-676

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran

1. Dokumentasi Kegiatan



Gambar 2. Konsultasi dengan dosen pembimbing



Gambar 3. Peminjaman laboratorium dan peralatan



Gambar 4. Sampel-sampel tanah yang digunakan dalam penelitian



Gambar 5. Menimbang bahan-bahan untuk isolasi bakteri



(a)



(b)

Gambar 6. Pembuatan media (a) dan pencawanan (b)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

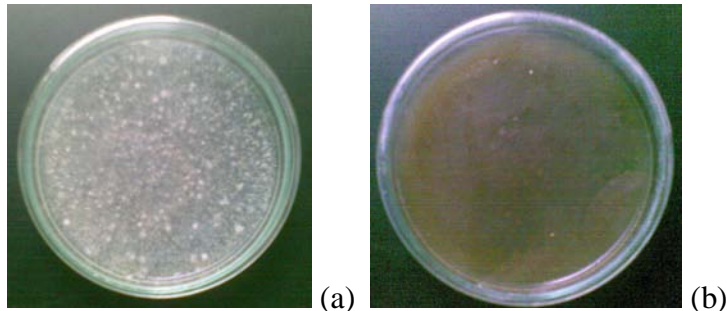
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 7. Pengkulturan bakteri pada media selektif



Gambar 8. Inkubasi biakan bakteri



Gambar 9. Media 35 (a) dan media 9K (b) yang telah ditumbuhi koloni bakteri (inkubasi 12 hari). Media 35 dan 9K cair (c) yang belum ditumbuhi bakteri (inkubasi 12 hari)