

**PENGARUH SEDIMEN BAKAU SEBAGAI SUMBER INOKULUM
MIKROBA UNTUK REDUKSI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb),
TEMBAGA (Cu), BESI (Fe) DAN SULFAT PADA AIR ASAM TAMBANG**

ARNOL

H411 13 033



DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2017



**PENGARUH SEDIMEN BAKAU SEBAGAI SUMBER INOKULUM
MIKROBA UNTUK REDUKSI LOGAM BERAT TIMBAL (Pb),
TEMBAGA (Cu), BESI (Fe) DAN SULFAT PADA AIR ASAM TAMBANG**

ARNOL

H411 13 033



DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2017



**PENGARUH SEDIMEN BAKAU SEBAGAI
SUMBER INOKULUM MIKROBA UNTUK REDUKSI LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb), TEMBAGA (Cu), BESI (Fe) DAN SULFAT PADA AIR
ASAM TAMBANG**

*Skripsi Ini Disusun Untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Biologi*

ARNOL

H411 13 033

DEPARTEMEN BIOLOGI

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2017



LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH SEDIMEN BAKAU SEBAGAI
SUMBER INOKULUM MIKROBA UNTUK REDUKSI LOGAM BERAT
TIMBAL (Pb), TEMBAGA (Cu), BESI (Fe) DAN SULFAT PADA AIR
ASAM TAMBANG**

Disusun dan diajukan oleh :

ARNOL

H411 13 033

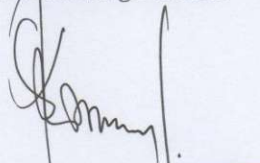
Disetujui oleh:

Pembimbing Utama



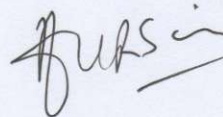
Dr. Fahrudin, M. Si
NIP. 196509151991031002

Pembimbing Pertama



Drs. As'adi Abdullah, M.Si
NIP. 196203031989031007

Pembimbing Kedua



Dr. Hj. Nursiah La Nafie, M. Sc
NIP. 195805231987102001

Makassar, Mei 2017



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadiran Tuhan Yesus Kristus karena atas berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Sedimen Bakau Sebagai Sumber Inokulum Mikroba untuk Reduksi Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu), Besi (Fe) dan Sulfat Pada Air Asam Tambang” dengan baik. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Dalam pelaksanaan penelitian sampai diselesaikannya skripsi ini, penulis mengalami berbagai macam kendala dan hambatan tetapi semuanya dapat diselesaikan berkat dukungan dalam setiap doa, kasih sayang yang tak terhingga, kesabaran serta semangat yang begitu luar biasa, olehnya itu dengan terima kasih yang tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada ayahanda **Alan Robert**, dan ibunda **Elita** serta kedua saudara **Ardi Alan Robert** dan **Andre Irawan**. Penulis juga sangat berterima kasih kepada orang tua angkat penulis yaitu Bapak **Bagio** dan Ibu **Octovin** yang terus memberi dukungan baik berupa dukungan moral dan bantuan dana selama penulis berkuliah.

Penulis tak lupa mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Dr. Fahrudin, M.Si selaku pembimbing utama, Bapak Drs. As’adi Abdullah, M.Si selaku pembimbing pertama dan Ibu Dr. Hj. Nursiah La Nafie,

aku pembimbing kedua atas waktu, tenaga dan pikiran yang telah



diberikan oleh beliau dalam memberikan arahan dan bimbingan kepada penulis pada saat penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Demikian pula penulis mengucapkan terima kasih kepada :

- > **Prof. Dr. Dwia Aries Tina Palubuhu** selaku Rektor Universitas Hasanuddin beserta jajarannya.
- > **Dr. Eng Amiruddin** Selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas, Hasanuddin, Makassar, beserta staf pegawainya.
- > Ketua Departemen dan Sekretaris Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Ibu **Dr. Hj. Zohra Hasyim, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Haedar, M.Si**.
- > Ibu **Dr. Juhriah, M.Si** selaku pendamping akademik yang selama perkuliahan di Departemen Biologi telah membantu penulis hingga memperoleh gelar kesarjanaan.
- > Ibu **Dr. Juhriah, M.Si**, Ibu **Andi Evi Erviani, S.Si, M.Si**, Bapak **Dr. Ir. Slamet Santosa, M.Si** dan Ibu **Dr. Nur Haedar, M.Si** selaku penguji sidang sarjana yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran yang membangun bagi penulis.
- > Bapak dan Ibu dosen Departemen Biologi yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas

Hasanuddin, Makassar.



- > **Fuad Gani S.Si** dan **Febriyanti, S.Si** yang telah banyak membimbing dan membantu penulis berupa kritik dan saranya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini, terimakasih telah banyak memberikan semangat dan bantuannya.
- > Saudara sekaligus rekan sepenelitian **Yuliana Sari, S.Si** yang selalu setia memberikan waktu, bantuan serta semangatnya.
- > Teman-teman tercinta **Lusiana, Ingrid Dayanti, Sarioja, Kamsinar, Ariati, Arbianus Semba, Irfandi, Clara Imaniar, Febryanti Angreni, Sophia Marcelina Y, Yulianti Djudius, Yunita, Monica Pakabu', Febrianto Paais** yang selalu setia memberikan motivasi, semangat dan keceriaan selama penulis menempuh pendidikan.
- > **GMKI Komisariat FMIPA UNHAS, Pa'karing 2013, KM-FMIPA UH, D'z, Keluarga Besar HIMBIO FMIPA UH, dan Biologi 2013.** Terima kasih atas persaudaraan, kasih sayang, kebersamaan, do'a dan perhatiannya selama penulis menempuh pendidikan di Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin.
- > Teman-teman Mahasiswa KKN UNHAS GEL.93 Kec. Pitu Riawa, Kab. Sidrap, Desa Sumpang Mango, **Andi Fauziah M., Arief Setiawan, Revi Yunita, Reski Amaliah, Kurniati Husain dan Sintya S.G. Luly,** terima kasih untuk kebersamaan, do'a dan semangatnya.

Penulis menyadari masih banyak terdapat kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Untuk itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang

konstruktif dan bertujuan positif demi kesempurnaan skripsi ini.



Kuatkanlah dan teguhkanlah hatimu, janganlah takut dan janganlah gemetar karena mereka, sebab TUHAN, Allahmu, Dialah yang berjalan menyertai engkau; Ia tidak akan membiarkan engkau dan tidak akan meninggalkan engkau -Ulangan 31:6

Makassar, Mei 2017

Penulis



ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh sedimen bakau untuk reduksi logam berat dan sulfat pada air asam tambang (AAT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sedimen bakau dalam mereduksi timbal (Pb), tembaga (Cu) dan besi (Fe), meningkatkan pH, menurunkan kadar sulfat dan meningkatkan jumlah mikroba. Perubahan pH diukur dengan menggunakan pH meter, kadar sulfat diukur dengan metode titrasi dan total mikroba dihitung dengan metode SPC (*standar plate count*). Pengukuran kadar logam berat dengan menggunakan metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian sedimen bakau pada perlakuan P1, P2 dan P3 pada AAT dapat meningkatkan pH AAT secara berturut-turut dari 2,22, 2,14 dan 2,16 menjadi 7,21, 7,22 dan 7,13 setelah 30 hari. Pemberian sedimen bakau juga mampu menurunkan kadar sulfat dari konsentrasi sulfat pada AAT dalam waktu 30 hari dari kadar awal berturut-turut sebesar 383,25 ppm, 408,34 ppm dan 405,15 ppm menjadi 225,51 ppm, 181,34 ppm dan 211,32 ppm. Pemberian sedimen bakau mampu menurunkan kadar logam Pb, Cu, Fe pada hari pertama sebanyak 1,5493 ppm, 1,87 ppm dan 2,20 ppm menjadi 0 ppm, 0,0431 ppm dan 1,2231 ppm. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa jumlah mikroba pada sedimen terus mengalami kenaikan pada hari ke-30 yaitu $1,2 \times 10^{12}$ CFU/mL, $1,9 \times 10^{12}$ CFU/mL dan $4,6 \times 10^{10}$ CFU/mL.

Kata Kunci: Sedimen, Air Asam Tambang, Bakteri Pereduksi Sulfat



ABSTRACT

Research about the influence of mangrove sediments for the reduction of heavy metals and sulphates in acid mine drainage (AMD) had done. This study aims to determine the influence of mangrove sediments in reducing lead (Pb), copper (Cu) and iron (Fe), increasing pH, reducing levels of sulphate and increasing the number of microbes. pH were measured using pH meters, sulphate content was measured by titration method and total microbial was calculated by SPC (standard plate count) method. Measurement of heavy metal content using Atomic Absorption Spectrophotometric (AAS) method. The results showed that the distribution of mangrove sediments in the treatment of P1, P2 and P3 on AMD could increase the pH of AMD successively from 2,22, 2,14 and 2,16 to 7,21,7,22 and 7,13 after 30 day. Mangrove sediment was also able to reduce sulphate concentration from sulphate concentration at AMD within 30 days from level of 383,25 ppm, 408,34 ppm and 405,15 ppm to 225,51 ppm, 181,34 ppm and 211 , 32 ppm. Mangrove sediment was able to decrease Pb, Cu, Fe metal content on the first day as much 1.5493 ppm, 1.87 ppm and 2.20 ppm to 0 ppm, 0.0431 ppm and 1.2231 ppm. The study also showed that the amount of microbes in the sediments continued to increase on the 30th day 1.2×10^{12} CFU / mL, 1.9×10^{12} CFU / mL and 4.6×10^{10} CFU / mL.

Key words: Sediment, Acid Mine Drainage , Sulphate Reduction Bacteria



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I. PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Tujuan Penelitian.....	4
I.3 Manfaat Penelitian.....	5
I.4 Waktu dan Tempat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Pencemaran Lingkungan.....	6
II.1.1 Tinjauan Umum Pencemaran Lingkungan	6
II.1.2 Pencemaran Limbah Pertambangan	7
Dinamika Kimia dan Biologi Pencemaran Limbah Asam Tambang. ...	8



II.2 Air Asam Tambang (AAT)	10
II.2.1 Tinjauan Umum Air Asam Tambang	10
II.2.2 Dampak Air Asam Tambang	12
II.2.3 Penanggulangan Air Asam Tambang	13
II.3 Logam Berat	15
II.3.1 Tinjauan Umum Logam Berat.....	15
II.4 Peranan Sedimen <i>Wetland</i>22
II.4.1 Sedimen Bakau.....	22
II.5 Bakteri Pereduksi Sulfat (BPS)	22
II.5.1 Tinjauan Umum Bakteri Pereduksi Sulfat.....	22
II.5.2 Peranan BPS dalam Menanggulangi AAT.....	24
BAB III. METODE PENELITIAN	25
III.1 Alat	25
III.2 Bahan	25
III.3 Prosedur Penelitian26
III.3.1 Sterilisasi Alat	26
III.3.2 Pengambilan Sampel	26
III.3.3 Pembuatan Air Asam Tambang (AAT)	26
III.3.4 Karakterisasi Sedimen	26
III.3.5 Karakterisasi Air Asam Tambang (AAT)	28
III.3.6 Pembuatan Perlakuan	28
Pengukuran Kadar Sulfat.....	29
Pengukuran pH	30



C. Menghitung Total Mikroba Dengan Metode <i>Standard Plate Count</i>	30
III.4 Analisis Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Besi (Fe)	31
III.4.1 Analisis Kandungan Logam Berat dalam Sedimen	33
III.5 Analisis Data	33
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
IV.1 Karakterisasi Awal Sedimen Bakau.....	34
IV.2 Pengukuran Kadar Sulfat.....	35
IV.3 Pengukuran Kadar pH.....	38
IV.4 Menghitung Total Mikroba	39
IV.5 Analisis Logam Berat Timbal (Pb), Tembaga (Cu) dan Besi (Fe)	42
BAB V PENUTUP	46
V.1 Kesimpulan.....	46
V.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA.....	48
LAMPIRAN.....	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Hasil Pengukuran Kadar Sulfat dalam Perlakuan	35
2. Hasil Pengukuran Kadar pH dalam Perlakuan.....	38
3. Hasil Perhitungan Total Mikroba dengan Metode SPC	40
4. Hasil Pengukuran Kadar Pb.....	42
5. Hasil Pengukuran Kadar Cu	43
6. Hasil Pengukuran Kadar Fe	44
7. Kurva Kalibrasi Timbal (Pb)	57
8. Kurva Kalibrasi Tembaga (Cu)	57
9. Kurva Kalibrasi Besi (Fe).....	58



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tabel Hasil Karakterisasi awal sedimen	34
2. Tabel Hasil Pengukuran Sulfat	52
3. Tabel Hasil Pengukuran pH	52
4. Tabel Hasil Pengukuran Logam Berat Pb, Cu, Fe	52
5. Tabel Perhitungan Total Mikroba	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Tabel Hasil Pengukuran	52
2. Pengambilan Sampel.....	53
3. Pembuatan Perlakuan AAT	53
4. Pengambilan Sampel pada Perlakuan	54
5. Pembuatan Media NA.....	54
6. Pengenceran, Inokulasi, dan Perhitungan Total Mikroba	55
7. Analisis Logam Berat Pb, Cu dan Fe	55
8. Kurva Kalibrasi.....	57



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Negara Indonesia mempunyai berbagai macam industri termasuk salah satunya adalah industri pertambangan yang mengalami perkembangan pesat, karena Indonesia memiliki potensi alam sebagai lahan pertambangan. PT.Freeport di Irian Jaya merupakan salah satu industri pertambangan yang besar yang ada di Indonesia. Namun persoalan mendasar dari kegiatan pertambangan ini adalah adanya batuan limbah dan *tailing* yang dihasilkan dapat mencemari lingkungan (Soehoed, 2005).

Salah satu limbah yang berbahaya yang dihasilkan dari industri pertambangan adalah terbentuknya air asam tambang (AAT). Air asam tambang adalah air tambang dengan pH rendah yang berasal dari oksidasi pirit yang mengandung sulfida sehingga menghasilkan asam sulfat (H_2SO_4). Sulfat merupakan komponen utama yang akan menimbulkan masalah keasaman dan melarutkan logam berat yang sangat berbahaya bagi kehidupan dan kelestarian lingkungan. Air asam tambang akan sangat berbahaya jika sampai ke pemukiman masyarakat melalui pengaliran langsung ke sungai, danau, dan lingkungan akuatis lainnya karena AAT memiliki pH yang sangat rendah dan banyak mengandung

tingkat toksisitas yang tinggi seperti logam tembaga (Cu), timbal (Pb), besi (Fe), kadmium (Cd), kobalt (Co), dan masih banyak lagi.



Menurut Palar (1994), logam timbal (Pb), tembaga (Cu), dan besi (Fe) yang berada pada lingkungan sekitar akan sangat berbahaya jika terpapar ke tubuh manusia dalam konsentrasi yang tinggi. Logam-logam ini dapat mengganggu sistem pernafasan, sistem pencernaan bahkan dapat mengganggu sistem saraf pusat. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pengelolaan AAT yang baik sehingga tidak membahayakan bagi lingkungan.

Sifat asam pada AAT dapat memicu terbentuknya logam-logam reaktif yaitu dalam bentuk ionnya, dengan demikian akan menimbulkan pencemaran logam pada lingkungan perairan sehingga, pencemaran asam dan logam berat pada lingkungan tersebut berpengaruh pada jumlah dan komposisi spesies biologis dengan siklus biogeokimia dari sejumlah unsur kimia. Akibatnya, muncul berbagai jenis penyakit dan punahnya berbagai organisme adalah akibat dari pencemaran logam berat pada lingkungan (Suhendrayatna, 2001).

Menurut Suyasa (2002), beberapa ion logam berat dengan konsentrasi yang sangat rendah sudah menimbulkan efek negatif bagi jaringan kehidupan melalui biokonsentrasi, akumulasi, dan magnifikasi. Proses alam seperti perubahan siklus alamiah serta aktivitas manusia yang memberi kontribusi pencemaran logam berat seperti penambangan minyak, emas, batubara, pembangkit tenaga listrik, pemakaian pestisida, keramik dan peleburan logam.

Penanggulangan AAT pada zaman sekarang ini terus dilakukan dengan berbagai metode. Penanggulangan AAT dengan metode kimia dianggap tidak

arena dapat menimbulkan zat pencemar yang baru. Oleh karena itu secara penanggulangan AAT dapat menggunakan teknik bioremediasi. liasi terhadap logam berat merupakan transformasi melalui reaksi-reaksi



reduksi, metilasi, dan dimetilasi oleh mikroorganisme seperti bakteri pereduksi sulfat (BPS).

Bakteri pereduksi sulfat hidup secara anaerob dan dapat tumbuh pada kisaran pH 2 sampai pH 9, tetapi optimalnya pada pH 7. Bakteri ini ditemukan hampir pada semua tanah, dan air, terutama yang banyak mengandung bahan organik suasana anaerob, asam sulfat akan direduksi oleh bakteri pereduksi sulfat menghasilkan gas H_2S dan H_2O . Hidrogen sulfida yang dihasilkan akan bereaksi dengan besi membentuk FeS , $Fe(OH)_2$. Mikroba yang lain yang berperan dalam korosi adalah bakteri yang hidup secara aerob, yang telah diketahui dengan baik dan merupakan suatu kenyataan, misalnya aktivitas *Thiobacillus* yang dapat menghasilkan suatu lingkungan yang asam (Suhartanti, 2000).

Penggunaan BPS telah banyak dikaji mengendapkan logam berat. BPS tersebar luas pada ekosistem alami, seperti sedimen pada perairan tawar maupun perairan laut. Demikian juga bak perombakan secara anaerob, yang kaya akan kandungan sulfat dan akan menghambat metanogenesis. Substrat sumber elektron yang ada pada sedimen perairan dapat dimanfaatkan oleh BPS berkisar antara 75-99% akan menghasilkan gas sulfida (Zaid dan Verstrate, 1986).

Pengendapan ion-ion logam secara reduksi enzimatik oleh kelompok BPS merupakan suatu faktor yang sangat berperan terhadap keadaan fisiko kimia lingkungan perairan yang mendukung proses transformasi ion-ion logam terlarut menjadi bentuk tak larut yang mengendap ke dalam sedimen. Proses tersebut

ke dalam proses pengolahan limbah logam-logam berat berbahaya, dapat dipisahkan. Sebagai contoh kelompok *Desulfovibrio* mampu



mereduksi bentuk Uranium U (IV) teroksidasi (larut) menjadi bentuk yang tidak larut U (VI) (Lovley dan Philips, 1992).

Bakteri pereduksi sulfat dapat diperoleh dari substrat-substrat berlumpur seperti pada sedimen. Di dalam sedimen terjadi aktivitas biokimia akibat adanya aktivitas mikroba pada lingkungan tersebut, secara alami dapat melepaskan kontaminan seperti logam berat. Cara ini dilakukan dalam bioreaktor yang tidak diinokulasikan lagi oleh mikroba dari luar karena secara alami sudah ada mikroba didalamnya dan menetap pada sedimen *wetland* (May, 2007).

Adanya BPS yang bersumber dari sedimen bakau ini diharapkan dapat mengatasi limbah air asam tambang dengan indikator kenaikan pH yang menandakan adanya peningkatan populasi bakteri pereduksi sulfat dan penurunan kadar sulfat yang disertai dengan penurunan kadar logam berat pada air. Berdasarkan hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian ini sebagai salah satu bentuk dari penanggulangan pencemaran air asam tambang dengan menggunakan sedimen bakau sebagai sumber inokulum BPS.

I.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. mengetahui penurunan kandungan logam berat Pb, Cu, dan Fe pada AAT dengan pemberian perlakuan sedimen bakau,
2. mengetahui perubahan pH dan penurunan kadar sulfat pada perlakuan AAT dengan pemberian sedimen bakau,

3. mengamati jumlah populasi bakteri pada AAT dengan perlakuan sedimen bakau.



I.2 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pentingnya penanggulangan air asam tambang dengan memanfaatkan sedimen *wetland* (sedimen bakau) sebagai salah satu alternatif yang efektif untuk pengolahan air asam tambang, serta mengetahui potensi dari bakteri pereduksi sulfat dalam menguraikan ion-ion logam berat pada air asam tambang (AAT). Di samping itu juga membuktikan bahwa betapa pentingnya prinsip-prinsip biologi itu sendiri dalam menangani pencemaran di alam.

I.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-April 2017 di Laboratorium Mikrobiologi, Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar dan Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar. Pengambilan sampel sedimen bakau berada di daerah Kera – kera Makassar.

