

PENGARUH JENIS SEDIMEN *WETLAND* DALAM REDUKSI SULFAT PADA LIMBAH AIR ASAM TAMBANG (AAT)

Fahrudin

Jurusan Biologi, F.MIPA Universitas Hasanuddin,
Jl. Per. Kemerdekaan Km10, Tamalanrea Makassar.

Abstract

Increasing mining activities in several regions in Indonesia, began to face problems, namely of environmental pollution. One of the mining waste that is liquid sulfur, or acid mine water, which can lower the pH of the water and dissolves heavy metals. Countermeasures for the chemical method is to use lime, but this is less effective. The method is good and is environmentally friendly way by using biological bacteria sulphate reduction bacteria (SRB) that naturally there are many in the sediment wetland. Goal of this research is to find the type of sediment wetland most effectively increase the pH and decrease the concentration of sulphate in acid mine water. The sediment wetland is used mangroves, swamp, rice fields, and beaches. Treatment bioreaktor made on the filled with sediment underneath the compost is given further incubation for 50 days. The observation of pH and content of sulphate based on the value of OD spektrofotometer and known pH increased to the highest in the pH of 7.3 is in the swamp sediment treatment, while the only other treatment until the pH 6-6,7. Increasing the pH in accordance with the decrease in the rate of SO_4 is most sharply in the swamp sediment treatment as well as the most effective treatment.

Keywords: *acid mine water, wetland, SRB*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas pertambangan di beberapa daerah di Indonesia, mulai menghadapi permasalahan, yakni timbulnya pencemaran lingkungan akibat dari berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan yaitu berupa: air tambang, limbah batuan/*overburden*, larutan sisa proses, *tailing*, bijih sisa dan *sludge*. Salah satu limbah pertambangan yang berbahaya adalah cairan asam sulfur yang dapat menurunkan pH air di bawah 3 mengakibatkan terlarutkan ion – ion logam.

Asam sulfur yang terbentuk dari kegiatan pertambangan dikenal dengan air asam tambang (AAT) atau *acid rock drainage*. Karena sifatnya asam, dapat mematikan ikan dan organisme lain jika air tercemar AAT. Di darat akan menghambat pertumbuhan tanaman karena juga mengubah pH tanah menjadi asam. Karena melarutkan logam-logam berat, sehingga dengan demikian akan menimbulkan pencemaran logam pada lingkungan perairan.

Kajian bioteknologi untuk pengolahan AAT merupakan langkah yang baik dan bijaksana, karena akan mengurangi pencemaran lingkungan seminimal mungkin. Salah satu alternatif yang banyak dikaji sekarang adalah pengolahan AAT secara biologis dengan menggunakan bakteri pereduksi sulfat (BPS) atau *Sulphate Reduktion Bacteria* (SRB) untuk mendekontaminasi sulfat. Selain itu, BPS juga mampu menurunkan konsentrasi logam melalui proses pengendapan logam¹⁾.

Dalam skala laboratorium, biasanya sumber energi yang digunakan adalah senyawa kimia organik sederhana, seperti laktat. Namun diperlukan efisiensi dalam penerapannya, sehingga penggunaan senyawa kimia murni seperti ini tidak efektif lagi, karena harganya mahal²⁾.

Dalam proses pengolahan AAT secara biologis, perlu dilakukan secara lebih efisien dan ekonomis yaitu dengan menambahkan bahan organik dari sedimen lahan basah atau lumpur *wetland*. Bahan organik ini secara alami terdapat banyak BPS, sehingga tidak perlu lagi diinokulasikan mikroba dari luar, serta penambahan nutrisi. Kandungan bahan organik yang tinggi dalam sedimen *wetland* menyediakan lingkungan yang ideal untuk populasi bakteri pereduksi sulfat (May, 2007)³⁾.

1.2. Tujuan

Tujuan utama penelitian adalah untuk menentukan penggunaan jenis bahan organik sedimen *wetland* yang paling efektif mereduksi sulfat dan presipitasi logam AAT. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk:

- Mengamati kemampuan perlakuan sedimen dalam menurunkan kadar asam (meningkatkan pH) limbah AAT.
- Mengamati kemampuan perlakuan sedimen dalam menurunkan kandungan logam terlarut dalam limbah AAT.

2. METODOLOGI

2.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi dan Laboratorium Kimia Lingkungan, Jurusan Kimia, Universitas Hasanuddin. Dilaksanakan mulai Maret 2008 sampai dengan Desember 2008.

2.2. Pengambilan Sampel

Contoh AAT dimasukkan dalam botol sampel ukuran 1 liter yang telah disterilkan, lalu disimpan dalam lemari pendingin pada suhu 2°C. Sedimen *wetland* meliputi: sedimen bakau diambil dari hutan mangrove di Tallo, Makassar; sedimen sawah diambil dari lahan persawahan Kabupaten Maros; sedimen rawa diambil dari rawa depan Perumnas Antang; dan sedimen pantai diambil dari pantai Tanjung Bunga, Makassar.

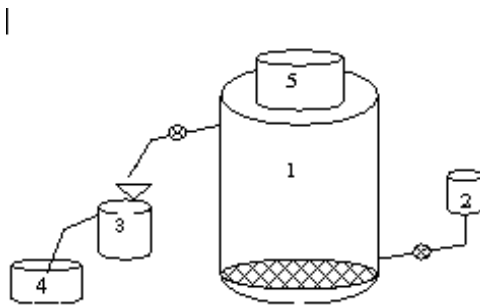
2.3. Karakterisasi AAT dan Sedimen

Contoh AAT dilakukan karakterisasi yang meliputi: kandungan sulfat dengan metode spektrofotometer dan pH dengan pH meter⁴⁾. Setiap jenis sedimen *wetland* dan kompos dilakukan karakterisasi: karbon organik total diukur dengan metode TOC meter⁵⁾, kadar nitrogen total menggunakan *Micro Kjeldahl*⁶⁾, kadar fosfor total dengan metode *Stanus Khlorida* (Greenberg *et al.*, 1985)⁴⁾.

2.4. Pembuatan Perlakuan

Perlakuan dibuat dalam suatu kolom bioreaktor pengolahan secara anaerob⁷⁾, prototipe kolom pengolahan limbah asam dengan inti proses biologis ditunjukkan pada Gambar 1. Proses pengolahan terdiri dari tiga bagian dengan sedimen *wetland* sebagai inti proses biologis. Kolom pengolahan dilengkapi dengan kerangka kawat pada bagian bawah kolom yang berfungsi sebagai penahan atau pembatas sedimen dan kompos dengan bagian cairan

kolom. Perlakuan ini dibuat pada setiap jenis sedimen *wetland* dengan masing – masing tiga kali ulangan. Inkubasi perlakuan dilakukan selama 60 hari. Selama inkubasi dilakukan pengamatan setiap waktu tertentu yaitu: Reduksi sulfat metode spektrofotometer dan Peningkatan pH dengan pH meter⁴).



Gambar 1. Kolom bioreaktor menggunakan BPS

Keterangan:

1. Kolom bioreaktor pengolahan AAT
2. Bak pemasukan limbah
3. Tempat pengambilan sampel untuk pengukuran
4. Bak penampungan pengeluaran
5. Penutup kolom bioreaktor

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Pendahuluan

Analisis pendahuluan pada keempat jenis *wetland* yang meliputi analisis karbon organik, total fosfor, total nitrogen yang disajikan pada Tabel 1. Sedangkan analisis pendahuluan pada air asam diperoleh warna AAT berdasarkan kekeruhan adalah bening kecoklatan, kandungan sulfat dideteksi dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 420 dengan nilai OD 0,98 pada pH 3,2.

Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengetahui kondisi awal nutrisi dalam proses pengolahan limbah tambang yang dipengaruhi oleh tiga unsur utama yaitu karbon, fosfor dan nitrogen

Tabel 1. Kadar C, P dan N pada semua sampel perlakuan

Jenis bahan	C-organik (%)	P-total (%)	N-total (%)
Kompos	37,89	2,12	2,0
mangrove	31,94	0,14	0,26
Sedimen rawa	72,22	0,14	1,24
Sedimen sawah	34,65	0,03	2,13
Sedimen pantai	26,68	0,08	0,45

3.2. Analisis pH dan Kadar Sulfat

Pada pengamatan kandungan SO_4 dan pH seperti yang ditampilkan pada Gambar 2, kandungan SO_4 mengalami penurunan yang tajam pada awal inkubasi sampai pada hari ke 10, kemudian pada hari ke 15 sampai hari ke 50 penurunan konsentrasi SO_4 relatif rendah atau konstan terutama pada hari ke 40 sampai hari ke 50. Hal ini menunjukkan kandungan sulfat yang ada dalam bioreaktor dioksidasi oleh BPS yang secara alamiah terdapat banyak dalam sedimen *wetland* yang pertumbuhannya didukung bahan organik sederhana yang terdapat pada kompos.

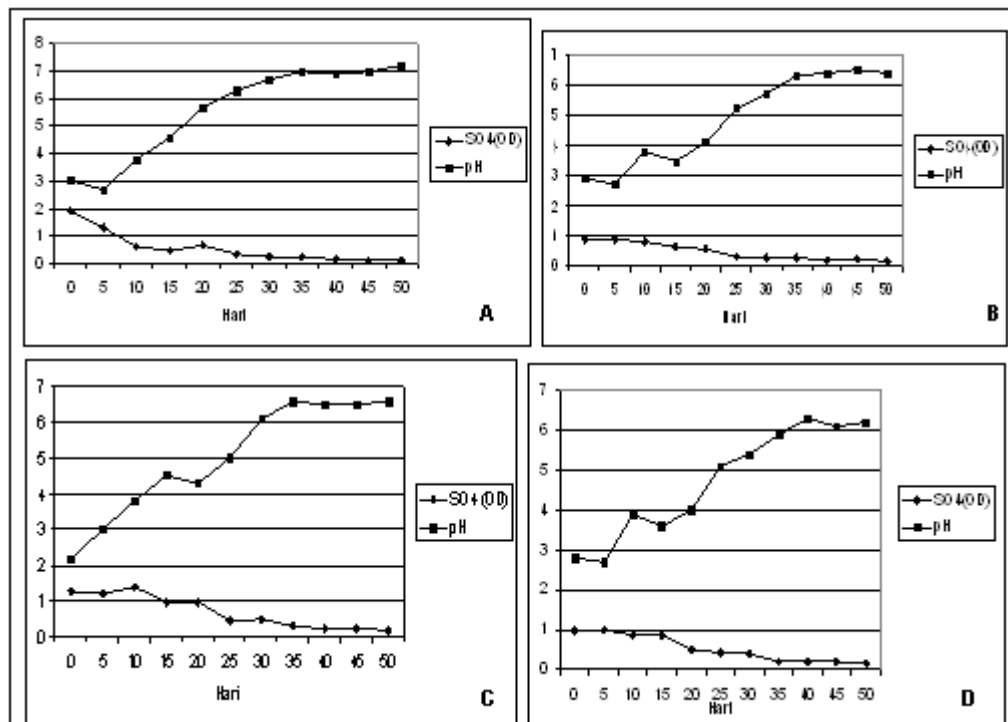
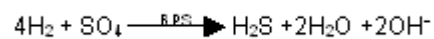
Menurut Lizama dan Suzuki (1987)⁸) asimilasi substrat organik pada kompos merupakan metabolisme untuk memperoleh energi, yang dilakukan yang dilakukan dengan dengan proses fosforilasi transport elektron yang memungkinkan asimilasi senyawa – senyawa organik seperti asam-asam organik, asam amino, dan senyawa kompleks. Menurut Suyasa (2002)⁷) faktor penting bagi BPS untuk menghasilkan sulfid dan mengendapkan logam berat pada kondisi anaerobik adalah donor elektron berupa senyawa organik sederhana. Dalam reaktor substrat organik yang kompleks tersedia dengan adanya aktivitas fermentasi oleh kelompok bakteri anaerob lainnya. BPS memerlukan asam-asam organik rantai pendek tertentu untuk respirasi anaerobnya²). Di alam, tersedianya substrat

organik yang kompleks akan menyediakan sumber karbon bagi sistem bakteri campuran.

Semua perlakuan mengalami penurunan kadar SO_4 yang dideteksi berdasarkan nilai OD, terutama pada perlakuan rawa mengalami penurunan yang tajam sejak hari ke 5, sedangkan pada perlakuan mangrove, sawah dan pantai terjadi penurunan setelah hari ke15. Penurunan kandungan SO_4 terjadi reduksi sulfat menjadi H_2S . Asam sulfat adalah bentuk sulfat di dalam air yang sangat berpengaruh terhadap penurunan pH atau peningkatan sifat asam perairan dengan cepat dan biasanya mencapai kestabilan antara pH 2,5 hingga 3,0.

Kemasaman (pH) air asam dapat berkembang dengan dihasilkannya besi sulfat yang merupakan oksidator kuat. Dengan demikian ion besi (III) mampu melarutkan mineral-mineral sulfid logam

seperti timbal, tembaga, seng dan kadmium⁴⁾. Menurut Zaid (1995)⁹⁾ BPS adalah sekelompok heterotrofik yang menggunakan senyawa organik sederhana sebagai sumber karbon, terdapat terutama dalam lumpur kotor yang terkandung bahan-bahan organik dari penguraian anaerob. Dengan kemampuan metabolisme kelompok BPS hidup dan berperan pada sedimen perairan dengan menetralsir atau mengurangi keasaman dan meningkatkan pH yang merupakan refleksi dari pengurangan sulfat dalam perairan. Pada proses reduksi ion sulfat selain dihasilkan hidrogen sulfida (H_2S) juga dilepaskan ion hidroksil (OH^-). Semakin banyak ion sulfat direduksi maka semakin banyak pula ion hidroksil yang dihasilkan, sehingga pH semakin meningkat, sebagaimana persamaan reaksi yang berikut ini:



Gambar 2. Perubahan pH dan SO_4 pada asam tambang dengan perlakuan sedimen A. rawa; B. sawah; C. Mangrove; dan D. pantai

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang penggunaan sedimen wetland dalam pengolahan limbah asam tambang, maka dapat disimpulkan bahwa peningkatan pH paling tinggi sampai pada pH 7,3 adalah pada perlakuan sedimen rawa, sedangkan pada perlakuan lain hanya sampai pada pH 6-6,7. Hal ini sesuai dengan penurunan kadar SO_4 yang diamati berdasarkan nilai OD.

4.2. Saran

Untuk *feasibility* dari perlakuan yang terbaik yang diperoleh, maka perlu dilakukan uji selanjutnya pada perlakuan melalui aplikasi pada skala laboratorium atau skala di lapangan secara ex-situ.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada DP2M – DIKTI atas bantuan penelitiannya melalui Lembaga Penelitian Universitas Hasanuddin untuk terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Callander, I. J. and J. P. Barford. 1983. Precipitation, Chelation and the Availability of Metals and Nutrients in Aerobic Digestion. *Applications Biotechnol. Bioeng.* 25: 1959 – 1972.
2. Mills, C. 2002. The Role Microorganisms in Acid Rock Drainage. *www. Enviromine.com* [15 Februari 2007].
3. May, L. M. 2007. Acid Mine Drainage. Idaho International Engineering and Environmental Laboratory. *www.inel.gov* [22 Januari 2007].
4. Greenberg, A. E., P. R. Trussell and L. S. Clesceri. 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association. Washington.
5. Nur, M. A. 1989. *Teknik Penuntun Praktikum Kimia*. Pusat Antar Universitas, Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
6. Black, C.A., D. D. Evans, J. L. White, L.E. Ensminger, F.E. Clarck and R.R. Dinauer. [Editor]. 1965. *Methods of Soil Analysis*. American Society of Agronomy, Inc. Wisconsin.
7. Suyasa, I.W. B. 2002. Peningkatan pH dan Pengendapan Logam Berat Terlarut Air Asam Tambang (AAT) dengan Bakteri Pereduksi Sulfat dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan. *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
8. Lizama, H.M., and I. Suzuki. 1987. Bacterial Leaching of Sulfide Ore by *Thiobacillus ferrooxidans*: Shake Flask Studies. *Biotechnology and Bioengineering*. 32:110-116.
9. Zaid, I., S. Grusenmeyer, and W. Verstrate. 1985. Sulfate Reduction Relative to Methane Production in High-rate Anaerobic Digestion. *Microbiological Aspects. App. Environ. Microbiol.* 51: 580 – 587.