

Perbandingan Kemampuan Sedimen Rawa dan Sawah Untuk Mereduksi Sulfat dalam Air Asam Tambang (AAT)

Comparison of The Capacity of Swamp and Rice Fields Sediment to Reduce Sulphate in Acid Mine Water (AMW)

Fahrudin^{1)*}, Nur Haedar¹⁾, Nursiah La Nafie²⁾

¹⁾Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin. Jl. Perintis Kemerdekaan, Makassar

²⁾Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Hasanuddin. Jl. Perintis Kemerdekaan, Makassar

Received 20th May 2014 / Accepted 26th June 2014

ABSTRAK

Air Asam Tambang (AAT) dapat ditanggulangi dengan menggunakan sedimen sebagai sumber inokulum mikroba dalam mereduksi sulfat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh sedimen rawa dan sawah dalam peningkatan pH, penurunan kadar sulfat dan jumlah mikroba pada air asam tambang. Perubahan pH diukur dengan menggunakan pH meter, kadar sulfat diukur dengan metode titrasi dan total mikroba dihitung dengan metode SPC (standar plate count). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian sedimen pada AAT dapat meningkatkan pH AAT dari 3 menjadi 6,263 pada sedimen rawa dan menjadi pH 6,557 setelah 30 hari. Pemberian sedimen juga mampu menurunkan kadar sulfat dari 563,15 ppm menjadi 327,41 ppm pada sedimen rawa dan menjadi 237,44 ppm pada hari ke-30. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa jumlah mikroba pada sedimen rawa meningkat dari 2×10^5 sel/ml menjadi 37×10^5 sel/ml dan pada sedimen sawah juga meningkat dari $4,3 \times 10^5$ sel/ml menjadi 86×10^5 sel/ml pada hari ke-20.

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

ABSTRACT

Acid Mine Drainage (AMD) can be overcome by using sediment as a source of microbial inoculums in reducing sulfate. The purpose of this study is to determine the effect of sediments swamps and paddy in pH increase, reduce sulfate level and the number of microbes on acid mine drainage. The change in pH was measured by using a pH meter, sulfate content was measured by titration method and the total of microbial are calculated with SPC's method (standard plate count). The results shows that the provision of sediment on AMD can increase the pH of 3 to 6,263 in swamp sediments and become pH 6,557 after 30 days. The provision of sediment also able to reduce the levels of sediment sulfates from 563,15 ppm to 327,41 ppm in the swamp sediment and be 237,44 ppm on day 30. This

*Korespondensi:

email: fahrudin65@gmail.com

stuy also shows that the number of microbes in the swamp sediment was increase of 2×10^5 cells/ml to 37×10^5 cells/ml and the sediment paddy increased from $4,3 \times 10^5$ cells/ml to 86×10^5 cells/ml on day 20.

Key words: Sediments, Acid Mine Drainage, Sulfate Reducing Bacteria

PENDAHULUAN

Perkembangan pesat industri pertambangan di Indonesia beberapa tahun terakhir ini, mulai menghadapi permasalahan yakni timbulnya pencemaran lingkungan terutama pada air sungai dan danau akibat dari berbagai jenis limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan berupa air asam tambang. Selain itu dapat mengganggu kesehatan manusia dan menyebabkan kerusakan pada flora dan fauna (Fahrudin, 2010).

Penanggulangan AAT dengan menggunakan senyawa kimia sangat tidak efisien, tidak ramah lingkungan dan biaya yang dikeluarkan sangat mahal (Hard dan Hinggis, 2004). Agar pengolahan limbah berlangsung secara efektif dan ramah lingkungan dapat dilakukan dengan pengolahan secara biologi dengan memanfaatkan organisme (Lewaru, dkk, 2012).

Metode biologi yang dapat digunakan adalah bioremediasi dengan menggunakan mikroorganisme dalam menanggulangi bahan pencemar untuk pemulihan lahan dan perairan tercemar. Salah satu alternatif bioremediasi adalah menggunakan bakteri pereduksi sulfat (BPS) untuk mereduksi sulfat, disamping itu juga mampu menurunkan konsentrasi logam berat.

Dekomposisi dan mineralisasi sering merupakan hasil kerja dari integrasi antara proses kimia dengan mikroorganisme. Kelarutan mineral-mineral dalam kondisi asam, pengendapan mineral pada kondisi

anaerob, penyerapan ion – ion logam oleh bakteri dan alga, dan pembentukan maupun perombakan kompleks organo logam merupakan contoh partisipasi mikroorganisme secara tidak langsung (Cardenas dkk, 2010; Huang dkk, 2011).

Bakteri pereduksi sulfat dapat diperoleh dari substrat-substrat berlumpur seperti pada sedimen. Cara ini dilakukan dalam bioreaktor yang tidak diinokulasikan lagi mikroba dari luar karena secara alami sudah ada mikroba didalamnya dan menetap pada sedimen *wetland*. (May, 2007). Sedimen rawa maupun sedimen sawah pada air asam tambang mampu meningkatkan pH air asam tambang, menurunkan kadar sulfat dan meningkatkan pertumbuhan bakteri pereduksi sulfat (BPS) sehingga dapat digunakan untuk penanggulangan pencemaran lingkungan akibat air asam tambang

Beberapa peneliti telah menggunakan sedimen dari lahan basah atau *wetland* sebagai sumber bahan organik, seperti yang dilaporkan oleh (May, 2007), reduksi logam dalam air terkontaminasi menggunakan *wetland* dapat menurunkan kandungan seng 150 menjadi 0,2 mg/l; tembaga 55 menjadi 0,05 mg/l; besi 700 menjadi 1 mg/l; dan mangan 80 menjadi 1 mg/l. Kandungan materi organik yang tinggi dalam sedimen *wetland* menyediakan lingkungan yang ideal untuk populasi bakteri pereduksi sulfat (BPS) untuk proses presipitasi kompleks logam. Presipitasi logam juga dapat terjadi melalui

pembentukan mineral karbonat (MEND, 1990).

METODE

A. Bahan

Bahan - bahan yang digunakan adalah sampel air asam tambang artifisial, sampel sedimen rawa diperoleh dari ekosistem rawa wilayah Antang, Kota Makassar dan sedimen sawah yang diperoleh di daerah persawahan Kabupaten Maros. Media terdiri atas: Media Nutrient Agar (NA), dengan komposisi Beef 3 gr, pepton 5 gr, dan agar 15 gr/1000 ml; dan media untuk karakterisasi mikroba meliputi Medium SIM dengan komposisi 3 gr SIM dan 100 ml akuades; medium TSIA dengan komposisi 6,5 gr TSIA dan 100 ml akuades; Medium cair MR-VP dengan komposisi 0,5 gr pepton, 0,5 glukosa dan 0,5 ml buffer fosfat.

B. Karakterisasi Sedimen

Sedimen rawa dan sawah yang digunakan dalam perlakuan, dilakukan karakterisasi yang dimaksudkan untuk mengetahui kondisi awal bagi proses reduksi sulfat AAT. Karbon organik total diukur dengan metode TOC meter, kadar nitrogen total menggunakan Micro Kjehldahl, dan kadar fosfor total dengan metode gravimetri.

C. Pembuatan Perlakuan

Pengolahan AAT dilakukan dengan menambahkan sedimen dengan perlakuan berikut:

P₁= AAT (80%) + sedimen rawa (10%) + kompos (10%)

P₂= AAT (80%) + sedimen sawah (10%) + kompos (10%)

P₃= AAT (100%) sebagai kontrol tanpa sedimen dan kompos

Sedimen dan kompos dimasukkan ke dalam wadah perlakuan dan dimasukkan AAT secara perlahan-lahan pada dinding wadah, kemudian wadah tersebut ditutup rapat. Wadah perlakuan diinkubasi selama 30 hari. Selama inkubasi, dilakukan pengamatan setiap 5 hari. Parameter yang diamati adalah sebagai berikut:

- Reduksi sulfat menggunakan metode titrasi (Greenberg dkk, 1985)
- Pengamatan kenaikan pH dengan pH meter (Greenberg dkk, 1985)
- Jumlah total mikroorganisme menggunakan metode *Standar Plate Count* (SPC) (Jutono, 1992)

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakterisasi Sedimen Rawa

Tujuan dilakukan karakterisasi terhadap sedimen rawa dan sawah yaitu untuk mengetahui kondisi awal bagi proses reduksi sulfat AAT. Karakterisasi awal sedimen rawa yaitu berwarna hitam dengan kandungan karbon (C) sebanyak 36,25 %, nitrogen (N) sebanyak 0,31% dan fosfor (P) sebanyak 0,19%, sedangkan sedimen sawah berwarna coklat kehitaman dengan kandungan karbon (C) sebanyak 32,42 %, nitrogen (N) sebanyak 0,26% dan fosfor (P) sebanyak 0,22%.

B. Nilai pH

2. Sedimen Rawa

Gambar 1 menunjukkan adanya peningkatan pH yang terus bertambah hingga akhir pengamatan dari pH awal perlakuan sedimen sawah yaitu 3,172. Nilai pH pada hari ke-0 menunjukkan nilai 3 yang bersifat sangat asam dan terus mengalami peningkatan pada hari-hari selanjutnya hingga pada hari ke-30 menunjukkan angka 6,263 sedangkan

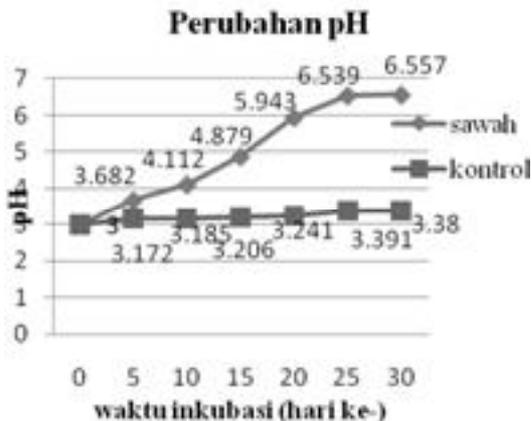
grafik kontrol, pada awal pengamatan hari ke-0 nilai pH adalah 3 hingga pada akhir pengamatan yaitu hari ke-30 nilai pH hanya mencapai 3,380 yaitu masih sangat asam.



Gambar 1. Nilai pH pada AAT dengan perlakuan sedimen Rawa

Peningkatan pH menjadi kondisi netral yaitu pH 6,263 pada perlakuan sedimen rawa terjadi karena adanya aktivitas dari bakteri pereduksi sulfat (BPS) yang mereduksi sulfat menjadi sulfida. Peningkatan aktivitas bakteri ini juga sejalan dengan peningkatan jumlah mikroba yang terus melakukan pembelahan karena kondisi lingkungan yang mendukung pertumbuhannya (Suyasa, 2002).

2. Sedimen Sawah



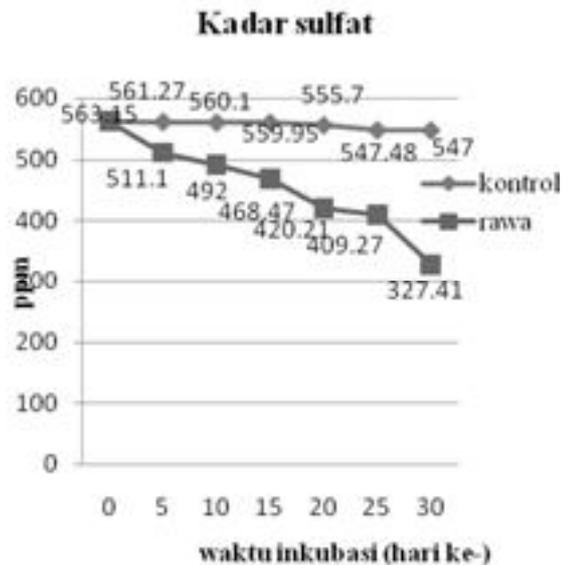
Gambar 2. Nilai pH pada AAT dengan perlakuan sedimen sawah

Pada Gambar 2 menunjukkan adanya peningkatan pH yang terus bertambah hingga akhir pengamatan yaitu hari ke-30 dari pH awal sedimen sawah adalah pH 3. Nilai pH pada hari ke-0 menunjukkan nilai 3 yang bersifat sangat asam hingga pada hari ke-30 menunjukkan angka 6,557 sedangkan grafik kontrol pada awal pengamatan hari ke-0 nilai pH adalah 3 hingga pada akhir pengamatan yaitu hari ke-30 nilai pH hanya mencapai 3,380 yaitu masih sangat asam.

Peningkatan pH menjadi kondisi pH cenderung netral yaitu pH 6,557 pada perlakuan sedimen sawah terjadi karena adanya aktivitas dari bakteri pereduksi sulfat (BPS) yang mereduksi sulfat menjadi sulfida. Proses reduksi sulfat oleh kelompok BPS dihasilkan sulfida dan bikarbonat yang berpengaruh terhadap kenaikan pH, sulfida akan bereaksi dengan ion-ion logam terlarut untuk membentuk sulfida logam tak terlarut (Voordouw, 1995).

C. Pengukuran Kadar Sulfat

1. Sedimen Rawa

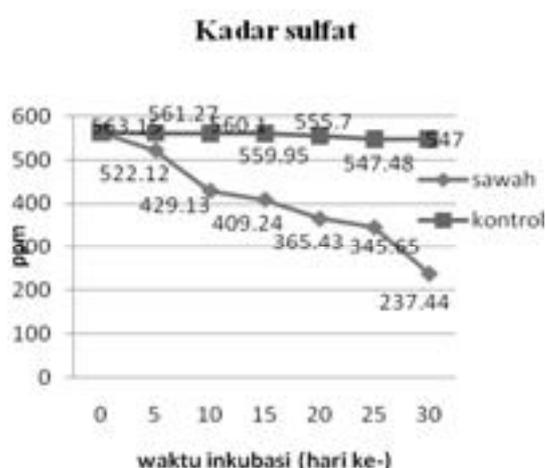


Gambar 3. Kadar sulfat AAT dengan perlakuan sedimen rawa

Kadar sulfat awal pada sedimen rawa adalah 563,15 ppm kemudian secara bertahap mengalami penurunan sampai pada hari ke-30 dengan kadar sulfat 327,41 ppm sedangkan pada sulfat kontrol tidak mengalami penurunan yang berarti yaitu hari ke-0 sebanyak 563,15 ppm dan pada akhir pengamatan nilai kadar sulfat kontrol menjadi 547,00 ppm. Penurunan sulfat pada perlakuan sedimen rawa disebabkan oleh adanya kativitas bakteri pereduksi sulfat yang berasal dari sedimen tersebut. BPS dapat menggunakan sulfat sebagai akseptor elektron untuk aktivitas metabolismenya (Sitte dkk, 2010).

Karena sulfat menerima elektron maka senyawa ini akan mengalami reduksi menjadi sulfida sehingga konsentrasi sulfat mengalami penurunan.

2. Sedimen Sawah



Gambar 4. Kadar sulfat AAT dengan perlakuan sedimen Sawah

Kadar sulfat awal pada sedimen sawah adalah 563,15 ppm kemudian secara bertahap mengalami penurunan sampai pada akhir inkubasi hari ke-30 dengan kadar sulfat 237,44 ppm sedangkan pada sulfat kontrol tidak mengalami penurunan yang berarti yaitu hari ke-0 sebanyak 563,15 ppm dan pada akhir pengamatan

nilai kadar sulfat kontrol menjadi 547,00 ppm.

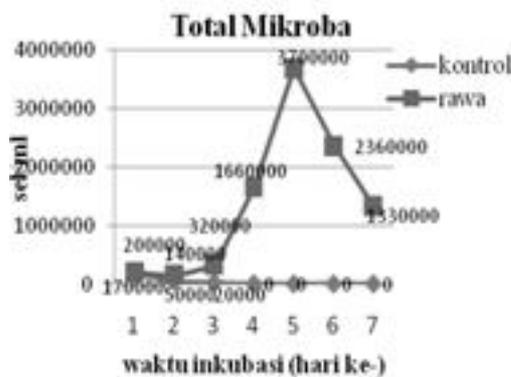
Adanya penurunan kadar sulfat terjadi karena pada sedimen tersebut terdapat kelompok bakteri pereduksi sulfat yang disebut juga sulfidogen, dimana kelompok bakteri ini memiliki kemampuan untuk memindahkan elektron atau hidrogen pada sulfat yang berperan sebagai akseptor elektron. Dari proses reaksi redoks yang terjadi, sulfat tereduksi menjadi sulfida. Produk utama dari reduksi sulfat tergantung pada substrat yang dipakai. Jika substrat sebagai donor elektron yang dipakai hidrogen, maka produknya adalah hidrogen sulfida. Bila bahan - bahan organik sederhana terutama laktat sebagai donor elektron maka produknya adalah sulfida (Schlegel, 1994). Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan menunjukkan bahwa penurunan kadar sulfat seiring dengan peningkatan nilai pH dan peningkatan jumlah total mikroba serta diikuti dengan meningkatnya bakteri pereduksi sulfat (Suyasa, 2002). Meningkatnya jumlah mikroba menyebabkan reduksi sulfat semakin meningkat sehingga menurunkan konsentrasi sulfat yang akan menyebabkan pH semakin meningkat.

D. Total Mikroba

1. Sedimen Rawa

Hasil perhitungan jumlah bakteri dengan metode SPC yaitu untuk hari ke-0 jumlah bakteri yaitu 2×10^5 sel/ml pada perlakuan sedimen rawa dan $1,7 \times 10^5$ pada perlakuan kontrol. Untuk pengamatan pada hari ke-5 jumlah bakteri yaitu $1,4 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan rawa dan $0,5 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan kontrol. Pada pengamatan hari ke-10 didapatkan $3,2 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen rawa dan

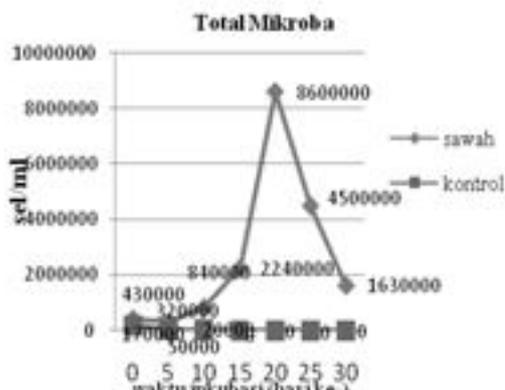
$0,2 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan kontrol. Pengamatan hari ke-15 didapatkan jumlah bakteri yaitu $16,6 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen rawa pada perlakuan kontrol sampai pada pengamatan hari ke 30 tidak didapatkan lagi bakteri yang tumbuh. Pada pengamatan hari ke-20 jumlah bakteri pada sedimen rawa $37,0 \times 10^5$ sel/ml, pada hari ke-25 sebanyak $23,6 \times 10^5$ sel/ml dan hari ke-30 sebanyak $13,3 \times 10^5$ sel/ml.



Gambar 6. Total mikroba pada AAT dengan perlakuan sedimen rawa

2. Sedimen Sawah

Perubahan jumlah mikroba pada perlakuan sedimen sawah yang diinkubasi selama 30 hari dengan perhitungan total mikroba setiap 5 hari seperti terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Total Mikroba dengan Perlakuan Sedimen Sawah

Hasil perhitungan jumlah bakteri pada sedimen sawah yaitu untuk hari ke-0

jumlah bakteri yaitu $4,3 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen sawah dan $1,7 \times 10^5$ pada perlakuan kontrol. Untuk pengamatan pada hari ke-5 jumlah bakteri yaitu $3,2 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen sawah dan sebanyak $0,5 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan kontrol. Pada pengamatan hari ke-10 didapatkan $8,4 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen sawah dan sebanyak $0,2 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan kontrol. Pengamatan hari ke-15 didapatkan jumlah bakteri yaitu $22,4 \times 10^5$ sel/ml pada perlakuan sedimen sawah pada perlakuan kontrol sampai pada pengamatan hari ke 30 tidak didapatkan lagi bakteri yang tumbuh. Pada pengamatan hari ke-20 jumlah bakteri pada sedimen sawah yaitu 86×10^5 sel/ml, hari ke-25 sebanyak 45×10^5 sel/ml dan hari ke-30 sebanyak $16,3 \times 10^5$ sel/ml.

Pada awal pengamatan pada sedimen rawa dan sawah yaitu hari ke-0 hingga hari ke-5 terlihat jumlah mikroba masih sedikit bahkan jumlahnya menurun disebabkan oleh beberapa jenis mikroba yang tidak mampu bertahan hidup pada kondisi yang sangat asam sehingga jumlah total mikroba cenderung turun sampai pada hari ke-10 pada perlakuan sedimen sawah mikroba berada pada fase lag atau disebut juga fase adaptasi dimana mikroba-mikroba pada kondisi ini melakukan adaptasi terhadap kondisi lingkungan sehingga dapat bertahan hidup. Pada hari ke-15 pada perlakuan sedimen sawah memperlihatkan grafik terus meningkat tajam hingga hari ke-20 dimana pada fase ini disebut fase eksponensial. Mikroba yang telah mampu beradaptasi akan memanfaatkan sumber nutrisi yang ada dengan sebaik-baiknya untuk terus membelah sehingga jumlah sel semakin meningkat tetapi pada hari ke-25 grafik kembali menunjukkan adanya

penurunan dimana fase ini merupakan fase kematian yang terjadi akibat nutrisi dalam bioreaktor mulai habis. Sel bertambah dengan pesat hanya dengan membelah diri pada lingkungan yang mendukungnya. Pada perhitungan total mikroba yang dilakukan terlihat bahwa total mikroba pada sedimen sawah lebih besar dibandingkan sedimen rawa.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian penggunaan sedimen rawa dan sawah sebagai sumber inokulum dalam mereduksi sulfat pada air asam tambang (AAT) dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian sedimen rawa dan sawah mampu meningkatkan pH pada AAT dalam waktu 30 hari dari pH awal 3 menjadi pH 6,263 pada sedimen rawa dan pH 6,557 pada sedimen sawah.
2. Pemberian sedimen rawa dan sawah dapat menurunkan konsentrasi sulfat pada AAT dalam waktu 30 hari dari kadar awal 563,15 ppm menjadi 327,41 ppm pada sedimen rawa dan 237,44 ppm pada sedimen sawah
3. Pemberian sedimen pada AAT meningkatkan jumlah populasi bakteri yang diinkubasi selama 30 hari dan menunjukkan pertumbuhan optimal pada hari ke-20 yaitu 37×10^5 sel/ml pada sedimen rawa dan 86×10^5 sel/ml pada sedimen sawah.

DAFTAR PUSTAKA

Cardenas E, Wu W, Tiedje JM. 2010. *Significant Association between Sulfate-Reducing Bacteria and Uranium-Reducing Microbial Communities as Revealed by a Combined Massively Parallel Sequencing-*

Indicator Species Approach. Appl. Environ. Microbiol. 76:6778-6786.

Fahrudin. 2010. *Bioteknologi Lingkungan*. Bandung: Alfabeta.

Geenberg AE, PR Trussell, Clesceri LS. 1985. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington: American Public Health Association.

Hards S, Higgins JP. 2004. *Bioremediation of Acid Rock Drainage Using SRB*. Ontario: Jacques Whit Environment Limited.

Huang L, Zhou W, Shu W. 2011. *Spatial and Temporal Analysis of the Microbial Community in the Tailings of a Pb-Zn Mine Generating Acidic Drainage*. Appl. Environ. Microbiol. 77:5540-5544.

Jutono. 1992. *Penuntun Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.

Lewaru S, Ridiyantini I, Yuniar M. 2012. *Identifikasi Bakteri Indigenus Pereduksi Logam Berat dengan Metode Molekuler di Sungai Cikijing Rancaek Jawa Barat*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNPAD. 4: 81-92.

May LM. 2007. *Acid Mine Drainage*. Idaho International Engineering and Environmental Laboratory. www.Inel.gov. Diakses Pada 15 September 2014.

Mine Environment Neutral Drainage (MEND). 1990. *Assessment of Existing Natural Wetlands Affected by Low pH, Metal Contaminated Seepages (Acid Mine Drainage)*. Ottawa: MEND Report No. 3. Natural Resources Canada.

Mills C. 2002. *The Role of Micro-organism in Acid Rock Drainage*. www.environmentmine.com. Diakses Pada 07 Mei 2014.

Schlegel HG, Schmidt K. 1994. *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada Universitas Press.

Sitte J, Akob DM, Büchel G, Kusel K. 2010. *Microbial Links between Sulfate Reduction and Metal Retention in Uranium- and Heavy Metal-Contaminated*

- Soil. Appl. Environ. Microbiol.* 76:3143-3152.
- Sudarmaji S, Bambang H, Suhardi. 1981. *Prosedur Analisa untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Suyasa BIW. 2002. *Peningkatan pH dan Logam Berat Terlarut Air Asam Tambang dengan Bakteri Pereduksi Sulfat dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah*. Bogor: Progran Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor.
- Voordouw G. 1995. *Minireview, The Genus Desulfovibrio. The entennial*. *Appl. Environ. Microbiol.*