

ISBN 978-602-14235-0-9

PROSIDING SEMINAR NASIONAL

Akselerasi Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Menuju Kemandirian Pangan dan Energi

Tim Editor :
Djoko Purnomo
Mohd. Harisudin
Danar Praseptiangga
Adi Magna PN
Rahayu
Widiyanto
Rysca Indreswari
Yuli Yanti
Bayu Setya Hertanto



Fakultas Pertanian
Universitas Sebelas Maret Surakarta
Tahun 2013

10.	Eksplorasi Mikrobial Rhizosfer Tumbuhan Pantai Potensial Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman (Umul A, Bambang S., dan Didiet H.S.).....	95 – 102
11.	Perbaikan Ph Tanah dan Ketersediaan P Gambut Terdegradasi Melalui Pemberian Beberapa Formula Amelioran (Eni Maftu'ah, Azwar Maas, dan Benito Heru Purwanto).....	103 – 110
12.	Perbaikan Kesuburan Tanah Gambut dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Akibat Pemberian Amelioran Lumpur Laut Cair (Abdurrahman, T)	111 – 118
13.	Kemampuan <i>Desulfovibrio Sp</i> Indigen Pada Bioremediasi Air Asam Tambang Batu Bara di Sumatera Selatan (Adipati Napoleon dan Dwi Probowati S).....	119 – 123
14.	Efek Pembena Tanah dan Pupuk Organik Terhadap Erosi, Aliran Permukaan dan Produktivitas Tanaman Pada Lahan Kering Masam di Lampung (Ai Dariah, Sutono, dan Neneng L.Nurida).....	124 – 130
15.	Akumulasi Nitrogen Orok-Orok (<i>Crotalaria Juncea</i> L) Dengan Kepadatan Populasi dan Frekuensi Pemanenan (Sumarsono, S. Anwar dan R. S. Prayitno).....	131 – 136
16.	Kemungkinan Pemanfaatan Air Tanah Untuk Irigasi di Daerah Jogonalan Klaten Berdasarkan Karakteristik Akuifer (Lanjar Sudarto).....	137 – 142
17.	Potensi dan Pemanfaatan Lahan di Pertanaman Mangga Podang Umur Produktif Untuk Tanaman Sela (S. Yuniastuti dan Indra Juanda).....	143 – 150
18.	Evaluasi Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Kopi (<i>Coffea Robusta</i>) Pada Berbagai Kelas Kecuraman Lereng di Perkebunan Rakyat Desa Ulakpandan Kecamatan Merapi Barat Kabupaten Lahat (D. P Sulistiyani)	115 – 158
19.	Pengendalian Hama Sayuran Non Insektisida Sintetik di Lahan Rawa (S. Asikin).....	159 – 169
20.	Ketahanan Pangan Melalui Kearifan Lokal di Desa Sidoharjo Kecamatan Samigaluh Kabupaten Kulon Progo (Budi Setyono, Tri Martini, dan Susanti Dwi Habsari).....	170 – 176

BAGIAN B

Teknologi Budidaya Pertanian Berkelanjutan untuk Kemandirian Pangan dan Energi Berbasis Pertanian

21.	Teknik Budidaya Cabai (<i>Capsicum annum</i> L) Dengan Penerapan Sistem Mulsa Plastik di Lahan Kering Blora (Forita Dyah Arianti, Aryana Citra Kusumasari, dan Sodik Jauhari)	178 – 183
22.	Kajian Aplikasi Dosis Mulsa Jerami dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Wortel di Lahan Pasir Pantai (Haryanto dan Saparso)	184 – 188
23.	Karakterisasi Morfologi dan Penanda Rapi Dua Puluh Aksesori Wortel (<i>Daucus carota</i> L.) (Whisnu Febry Afrianto, Rudi Hari Murti, Aziz Purwatoro).....	189 – 195

0	5	0	2	0	9	0	1	1	3	0	1	0	1	0	0	1	7	3
Publikasi	Prodi	Publikasi	Penulis	Tahun	Sumber	Dana	Nomor Urut											

KEMAMPUAN *Desulfovibrio sp* INDIGEN PADA BIOREMEDIASI AIR ASAM TAMBANG BATU BARA DI SUMATERA SELATAN

Adipati Napoleon dan Dwi Probawati S
 Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya
 Jl. Palembang – Prabumulih KM 32 Inderalaya OI, 30622 Sumatera Selatan
 Telp. 62-711-580460, Fax 62-0711-580460, 62-0711-580276
 Email : a_napoleon214@yahoo.com

ABSTRAK

Penambangan batu bara dengan sistem terbuka akan berdampak buruk terhadap kualitas lingkungan. Dampak buruk tersebut dapat berupa erosi, pemiskinan unsur hara dan timbulnya air asam tambang (AAT). Air asam tambang ini muncul akibat teroksidasinya mineral bersulfur yang terdapat pada batu bara. Hasil isolasi dan identifikasi bakteri pereduksi sulfat indigen pada AAT yang diambil dari berbagai titik adalah *Desulfovibrio sp*. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Rancangan Acak Kelompok (RAK). Dalam percobaan ini menggunakan 6 (tujuh) perlakuan yang diaplikasikan pada 6 bioreaktor dan setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali, sehingga menghasilkan 18 bioreaktor, dengan perlakuan Bioreaktor 1 Sebagai Kontrol, bioreaktor 2 Perlakuan dengan kapur, bioreaktor 3 Bioremediasi dosis 5 % dari volume, tanpa BO, bioreaktor 4 Bioremediasi dosis 10% dari volume, tanpa BO, bioreaktor 5 Bioremediasi dosis 5 % dari volume, dengan BO dan Bioreaktor 6 Bioremediasi dosis 10% dari volume, dengan BO. Hasil analisis awal terhadap Aat menunjukkan bahwa pH air tergolong sangat masam (3,4), dengan kandungan Fe, Mn dan SO₄ tergolong sangat tinggi (berturut turut 22,1 ppm, 5,2 ppm dan 38,1 ppm). Setelah perlakuan pH AAT menunjukkan peningkatan pH yang cukup nyata dan konsentrasi Pe, Mn dan SO₄ pada AAT menunjukkan penurunan yang drastis. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan bioremediasi dengan aplikasi *Desulfovibrio sp* yang ditambah bahan organik untuk penanganan AAT lebih efektif dibandingkan dengan metode pengapuran.

Kata kunci: air asam tambang, bioremediasi

PENDAHULUAN

Sektor pertambangan di Indonesia merupakan salah satu sumber pendapatan negara, namun demikian sektor ini juga merupakan salah satu penyebab kerusakan ekosistem yang cukup besar. Hal ini disebabkan karena dalam proses penambangan harus menghilangkan lapisan tanah di atas cadangan bahan galian dalam upaya untuk mendapatkan bahan galian tersebut. Selain itu, sektor penambangan juga membutuhkan bukaan lahan yang cukup besar, sehingga banyak vegetasi yang hilang dalam proses tersebut. Oleh karena itu UU No.41 tahun 1999 melarang pengoperasian tambang terbuka pada areal hutan lindung.

Menurut Rozi A (2010) bahwa permasalahan yang timbul akibat tambang terbuka batu bara adalah terjadinya pemiskinan unsur hara akibat erosi dan tersimbuhnya lapisan sub soil yang bereaksi masam dan miskin unsur hara. Permasalahan yang paling berat pada kegiatan penambangan terbuka akibat teroksidasinya mineral bersulfur (Untung, 1993) adalah terjadinya fenomena *acid mine drainage* atau air asam tambang (AAT). Terjadinya AAT ini akan memberikan serangkaian dampak yang saling berkaitan, antara lain menurunnya pH, ketersediaan dan keseimbangan unsur hara dalam tanah terganggu, kelarutan unsur-unsur mikro dan unsur beracun bagi tanaman yang umumnya merupakan unsur logam meningkat. Akibat AAT ini adalah kualitas lingkungan perairan merosot karena rendahnya pH akan meningkatkan akumulasi

logam-logam di perairan sekitar daerah pertambangan. Hal ini dapat mengakibatkan berkurangnya kualitas lahan pertanian.

Menurut Widyati (2006), kualitas AAT dapat diperbaiki dengan metode bioremediasi, yaitu penurunan polutan baik tingkat maupun dosisnya dengan menggunakan bakteri, fungi, tumbuhan atau enzim yang dihasilkannya.

Hasil isolasi dan identifikasi dari beberapa titik penambangan batu bara di Kab. Muara Enim dan Kab. Lahat didapat satu spesies bakteri pereduksi sulfat yang dominan pada semua titik pengamatan, yaitu *Desulfovibrio sp.* Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Widyati dan Kresno (2007), yang kemudian mengaplikasikannya pada skala di rumah kaca menunjukkan hasil mampu meningkatkan pH dari 2,8 menjadi 7,1 pada air asam tambang Galian Pit Timur PT. Bukit Asam dalam waktu 2 hari dan nilai pH tetap stabil sampai akhir penelitian serta menurunkan Fe dan Mn dengan efisiensi > 80% dalam waktu 10 hari.

Penanganan air asam tambang yang umum dilakukan di industri pertambangan adalah penggunaan kapur yang ditujukan untuk meningkatkan pH AAT. Namun demikian hasilnya hanya dapat meningkatkan pH AAT yang sifatnya sementara sedangkan akumulasi logam terutama Fe dan Mn dalam AAT masih jauh di atas ambang batas yang diizinkan. Permasalahan lain yang ditimbulkan adalah terjadinya penggunaan sumberdaya alam yang sangat terbatas jumlahnya dan dilain pihak kapur ini juga dapat digunakan sebagai amelioreaan. Dengan demikian diperlukan metode penanganan AAT ini yang efisien dan ramah lingkungan (Rozi, A. 2010). Oleh karena itu, perlu diterapkan metode yang dapat mengatasi kualitas AAT yang seminimal mungkin mengakibatkan permasalahan lingkungan. Salah satu metode yang telah diteliti oleh Widyati (2006) adalah bioremediasi dengan menggunakan bakteri pereduksi sulfat dengan campuran bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk: 1) Menguji efektivitas *Desulfovibrio sp* indigen dalam bioremediasi air asam tambang (AAT) pada percobaan skala laboratorium, 2) Untuk mengetahui apakah pengelolaan air asam tambang dengan metode bioremediasi lebih efektif jika dibandingkan dengan metode penggunaan kapur.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Kimia, Kesuburan dan Biologi Tanah Jurusan tanah Fak. Pertanian Unsri Indelaya, dengan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK), dimana inlet dijadikan sebagai dasar pengelompokan. Bakteri pereduksi sulfat yang diaplikasikan dalam penelitian ini berasal dari isolasi dari beberapa tambang batu bara yang terdapat di Muara Enim dan Lahat, yaitu *Desulfovibrio sp.* Dalam percobaan ini menggunakan 6 (tujuh) perlakuan yang diaplikasikan pada 6 bioreaktor dan setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali, sehingga menghasilkan 18 kolam percobaan.

Bioreaktor 1 : Sebagai Kontrol (A)

Bioreaktor 2 : Perlakuan dengan kapur (B)

Bioreaktor 3 : Bioremediasi dosis 5 % dari volume, tanpa BO (C)

Bioreaktor 4 : Bioremediasi dosis 10% dari volume, tanpa BO(D)

Bioreaktor 5 : Bioremediasi dosis 5 % dari volume, dengan BO (E)

Bioreaktor 6 : Bioremediasi dosis 10% dari volume, dengan BO(F)

Variabel yang diukur dalam penelitian ini meliputi parameter pH, Fe dan Mn, untuk pengukuran pH akan dilakukan setiap hari, sedangkan Fe dan Mn akan diukur setiap 1 minggu selama 3 minggu. Data-data yang dikumpulkan selanjutnya akan

dianalisis secara varian menggunakan program Minitab atau SAS. Perlakuan yang memberikan hasil yang berbeda nyata selanjutnya akan diuji menggunakan uji wilayah berganda dari Duncan (*duncan multiple range test/DMRT*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil AAT Sebelum Penelitian

Hasil analisis terhadap AAT sebelum penelitian menunjukkan bahwa reaksi AAT tergolong sangat masam, dengan kandungan logam yang tergolong sangat tinggi baik untuk Fe maupun untuk Mn (Tabel 1). Hal ini dipertegas dengan tingginya konsentrasi SO_4 yang terkandung pada AAT. Sifat inilah yang menyebabkan AAT ini menjadi terganggunya ekosistem yang berujung pada menurunnya kualitas lahan yang tercemar dengan AAT tersebut.

Tabel 1. Hasil Analisis Kimia Air Sebelum Penelitian

Variabel	Satuan	Rata - Rata
pH	-	3,4
Fe	ppm	22,1
Mn	ppm	5,2
SO_4	ppm	38,1

B. Dinamika pH selama Penelitian

Hasil analisis sidik ragam terhadap semua perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kontrol (Tabel 2). Hari pertama setelah aplikasi kapur dengan takaran 0,5 g per liter AAT memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap peningkatan pH air dibandingkan dengan kontrol dan perlakuan lainnya. Kapur yang ditambahkan merupakan basa kuat akan cepat bereaksi dengan asam menghasilkan garam ($CaSO_4$) dan air. Namun demikian, karena garam yang terbentuk membentuk ikatan ionik maka ketika terjadi penambahan air maka ikatan tersebut akan terurai sehingga pH akan kembali turun mulai nampak pada hari ke-5 setelah aplikasi).

Tabel 2. Dinamika nilai pH selama penelitian

Perlakuan	1 HSA	5 HSA	10 HSA	15 HSA
A	3,4a	3,5 A	3,5a	3,7a
B	8,2c	7,9 D	7,4c	7,1c
C	4,7ab	5,6 B	6,0b	6,3b
D	5,2b	5,7 B	6,4b	6,9bc
E	5,4b	6,4 C	6,7b	7,0c
F	5,2b	6,6 C	6,9bc	7,2c

Keterangan : angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 5\%$ berdasarkan uji HST).

Dari Tabel 2 di atas terlihat bahwa bioremediasi dengan menggunakan *Desulfovibrio sp* dapat meningkatkan pH hingga diatas standar baku mutu (BML) untuk air buangan yang berasal dari lokasi pertambangan berdasarkan Peraturan Gubernur No.18 Tahun 2005, tentang Baku Mutu Limbah Cair (BMLC) Bagi Kegiatan Industri Pertambangan Batubara. Hal ini dapat terjadi karena isolat *Desulfovibrio sp* yang diaplikasikan dapat menggunakan sulfat sebagai asektor elektron dan karbon (C) dari bahan organik sebagai donor elektron dengan menghasilkan hidrogen sulfida seperti

reaksi. Peningkatan nilai pH ini terjadi secara permanen dan hingga menyamai dengan perlakuan kapur (terjadi pada 15 HSA), terutama untuk perlakuan dengan bahan organik. Peningkatan pH yang drastis pada perlakuan dengan bahan organik dapat terjadi disebabkan sumbangan bahan organik yang juga dapat mengkelat logam Fe dan Mn pada AAT.



Ion HCO_3^- (bikarbonat) yang bermuatan negatif akan mengikat ion H^+ yang merupakan sumber kemasaman sehingga pH akan meningkat.

C. Konsentrasi Fe dan Mn

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi *Desulfovibrio sp* dapat menurunkan konsentrasi logam-logam Fe dan Mn pada AAT secara nyata. Penurunan konsentrasi logam Fe dan Mn ini pada awalnya (pada 1 HSA) untuk aplikasi kapur menunjukkan penurunan yang sangat tajam, dan kemudian akan melandai. Kecenderungan tersebut berbeda dengan aplikasi *Desulfovibrio s*, yang penurunan logam Fe dan Mn ini menurun secara berkesinambungan (Tabel 3).

Tabel 3. Dinamika konsentrasi Fe dan Mn selama penelitian

Perlakuan	1 HSA (ppm)		5 HSA (ppm)		10 HSA (ppm)		15 HSA (ppm)	
	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn	Fe	Mn
A	22,3	5,1	21,9	4,9	21,0	5,0	19,8	4,9
B	2,4	2,5	2,10	1,9	1,7	1,3	1,6	0,8
C	17,2	3,9	11,4	2,7	5,7	1,9	1,3	1,1
D	16,9	3,2	10,9	2,4	7,1	1,5	4,7	0,9
E	12,4	2,4	7,6	1,4	4,6	0,7	0,5	0,4
F	10,9	2,0	4,2	1,3	1,2	0,4	0,2	0,1

Pada penelitian ini, perlakuan menyebabkan turunnya konsentrasi logam Fe dan Mn pada AAT untuk semua perlakuan (Tabel 3). Hal ini karena menurut Tan (1993) bahwa peningkatan pH akan memberikan pengaruh terhadap ketersediaan logam-logam, dan juga akan membentuk hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida yang terbentuk akan segera berikatan dengan logam membentuk logam sulfida yang tidak larut sehingga ketersediaan logam turun, seperti digambarkan dalam reaksi:



Dimana M mewakili logam-logam valensi 2 (divalen) seperti Fe^{2+} , Mn^{2+} , dan lain-lain. Keseluruhan reaksi reduksi sulfat dan logam yang melibatkan *Desulfovibrio sp* dapat diringkas menjadi:

Metal sulfat + Substrat karbon \rightarrow Metal sulfida + CO_2 + H_2O + biomas bakteri (Rozi A, 2010).

Pada penelitian ini, dilakukan penambahan bahan organik untuk mempercepat proses bioremediasi (*engineered bioremediation*) melalui 2 cara, *nutrient amendment* dan *bioaugmentation*. Nutrient amendment dilakukan melalui perbaikan unsur hara (penambahan bahan organik, supaya kandungan unsur hara cukup dan seimbang. Tingkat pH dan ketersediaan unsur hara dimaksudkan untuk memfasilitasi *Desulfovibrio sp* yang berperan pada proses bioremediasi AAT dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perlakuan bioremediasi dengan aplikasi *Desulfovibrio sp* indigen 10 % dengan penambahan bahan organik dapat meningkatkan pH air asam tambang hingga 7,2 pada 15 HSA (lima belas hari setelah aplikasi).
2. Aplikasi *Desulfovibrio sp* indigen dengan penambahan bahan organik dapat menurunkan konsentrasi Fe dan Mn dalam air asam tambang secara nyata
3. Bioremediasi dengan aplikasi *Desulfovibrio sp* indigen menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan aplikasi kapur pada pengolahan air asam tambang.

DAFTAR PUSTAKA

- Birge, E. A. 2001. *Modern Microbiology. Principles and Applications*. Wm. C. Brown Publishers. United States of America.
- Hards BC, Higgins JP. 2004. *Bioremediation of Acid Rock Drainage Using SRB*. Jacques Whit Environment Limited. Ontario.
- Metting, F.B, 1992. *Soil Microbial Ecology. Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, Inc. New York.
- Pusat Penelitian Tanah. 1993. *Interprestasi data kesuburan dan penyusunan rekomendasi*. Pusat Penelitian Tanah Departemen Pertanian (Tidak diterbitkan).
- Ripley, E. A., Robert E. R., and Adele A. C. 1996. *Environmental Effects of Mining*. St Lucie Press. Delray Beach, Florida
- Skousen J, Faulkner B. 1997. *Research in acid mine drainage and mine land reclamation*. www.caf.mvu.edu/faculty/skousen/research.html [15 Juli 2001].
- Rozi, A. 2010. *Bioremediasi Air Asam Tambang Batubara Dengan Bakteri Pereduksi Sulfat di PT. Bukit Asam (Persero), Tbk. Thesis*. Universitas siwijaya. Tidak dipublikasikan.
- Untung SR. 1993. *Dampak Air Asam Tambang dan Upaya Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Tambang Batubara dan Mineral. Bandung. Tidak dipublikasikan.
- Widyati, E dan B.S. Kresno. 2007. *Uji efektivitas Isolat BPS dan BPM untuk meningkatkan kualitas air asam tambang*. Laporan internal. Belum dipublikasikan.
- Widyati, E. 2006. *Bioremediasi tanah Bekas Tambang Batubara dengan Sludge untuk Memacu revegetasi Lahan*. Disertasi. Program Pendidikan doktor IPB. Tidak dipublikasikan.

No. 9



Sertifikat



Diberikan kepada :

Dr. Ir. Adipati Napoleon

Atas partisipasinya sebagai :

PEMAKALAH

Dalam Seminar Nasional


**AKSELERASI PEMBANGUNAN PERTANIAN BERKELANJUTAN MENUJU
KEMANDIRIAN PANGAN DAN ENERGI**

pada hari Rabu, 17 April 2013

Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret Surakarta




 Dekan Fakultas Pertanian
Prof. Dr. Ir. Bambang Pujiasmanto, MS
 NIP. 19560225 198601 1 001


 Ketua Panitia
Sutrisno Hadi Purnomo, S.Pt, M.Si, PhD
 NIP. 19680505 200604 1 001