

PENGGUNAAN TANAMAN *Vetiveria zizanoides* L. DAN BIOCHAR UNTUK REMEDIASI LAHAN PERTANIAN TERCEMAR LIMBAH TAMBANG EMAS

A. Hamzah¹⁾, Z. Kusuma²⁾, W.H. Utomo²⁾ dan B. Guritno²⁾

¹⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Tribhwana Tunggaladewi

²⁾ Fakultas Pertanian, Universitas Branyajaya

Abstract

Degradation of agricultural soils is not only due to application of over dose fertilizers and pesticides, but also industrial and mining activities. In Indonesia there are 713 spots of small scale gold mining surrounding agricultural land, and the process of amalgamation is potential for heavy metal pollution. The aim of this study was to evaluate the use of *Vetiveria zizanoides* L. and biochar to remediate soils contaminated with small scale gold mine tailings containing Hg and Pb.. The results indicated that soil pH decreased from 9,1 to 6-7 due to micing FeSO₄ into cow manure and biochar, and also increased soil C-organic, N, P, K and CEC. *Vetiveria zizanoides* grown in the tailing medida showed capability to absorb Hg and Pb from the soil and stored in the root (Hg 88,91% and Pb 51,17%), leaves (Hg 11.09% and Pb 48.83%).

Key words: Agriculture land, mediator plant, bio-char

Pendahuluan

Jumlah penambangan emas rakyat saat ini di Indonesia, diperkirakan telah mencapai 713 titik yang tersebar di beberapa wilayah seperti Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi dan Nusa Tenggara (Aspinall, 2001), dan diperkirakan jumlah ini terus bertambah seiring dengan penemuan lokasi pertambangan baru. Ditinjau dari aspek sosial ekonomi, kegiatan pertambangan emas rakyat telah mampu memberikan kontribusi bagi penyerapan tenaga kerja dan secara langsung juga berdampak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat di sekitar daerah pertambangan. Namun demikian, kegiatan tambang rakyat ini telah menimbulkan permasalahan baru sebagai akibat dari proses amalagasi yang menggunakan logam berat. Beberapa wilayah tambang rakyat dilaporkan telah

terjadi pencemaran yang cukup tinggi baik pada tanah maupun air. Widhiyatna (2005), melaporkan bahwa tingkat cemaran merkuri (Hg) di lokasi penambangan rakyat di wilayah Jawa Barat telah melampaui nilai ambang batas (NAB) yang dipersyaratkan, yaitu antara 1,474–30,520 ppm, sehingga diperlukan penanganan yang lebih komprehensif diantaranya adalah menggunakan jasa tanaman.

Permasalahan baru yang dihadapi saat ini adalah kegiatan pertambangan dan proses amalagasi dilaksanakan di sekitar areal pertanian, mengakibatkan lahan pertanian yang tercemar limbah tambang emas (*tailing*) tidak dapat dimanfaatkan lagi sebagai lahan pertanian. Limbah tambang emas akan merusak biodiversivitas dan jika tidak dilakukan pengelolaan dengan tepat akan mencemari lingkungan dan berakibat fatal bagi kehidupan manusia dan makhluk

hidup lainnya. Dampak dari tailing yang paling besar adalah pertumbuhan tanaman karena ketersediaan hara rendah terutama N, P dan C-organik, KTK, serta pH yang tinggi. Disamping rendahnya kandungan hara, faktor lain yang juga turut mempengaruhi pertumbuhan tanaman adalah tingginya kandungan logam berat terutama Hg dan Pb.

Tingginya penyerapan logam pada jaringan tanaman akan mempengaruhi akumulasi logam berat di dalam tanah. Namun demikian, untuk mempercepat penyerapan hara termasuk logam berat perlu diberikan bahan amandemen berupa biochar. Biochar adalah produk samping yang berupa karbon hitam yang digunakan untuk mengatasi kandungan bahan organik tanah pada *tailing* dan diharapkan mempercepat penyerapan logam berat. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Glaser *et al.* (2002) dan Chan *et al.* (2007) menunjukkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan produktivitas tanah melalui perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Liang *et al.* (2006) dan Novak *et al.* (2009) membuktikan bahwa penggunaan bahan amandemen mampu memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, diantaranya KTK, agregasi tanah, C-organik tanah dan kandungan hara tanah. Potensi ini berkaitan dengan karakteristik yang dimiliki bahan amandemen, diantaranya pembentukan kompleks organo-mineral dan peningkatan KTK di dalam tanah. Penggunaan biochar sebagai amandemen untuk perbaikan tanah sawah mampu meningkatkan C-organik tanah sebesar 4,09%, dibandingkan abu sekam yang hanya 2,78% (Masulili *et al.*, 2010).

Saat ini penggunaan tanaman sebagai agen fitoremediasi berkembang cukup pesat. Fitoremediasi merupakan usaha pemanfaatan jasa tanaman untuk membersihkan lingkungan hidup dari bahan pencemar. Penelitian yang pernah dilakukan menunjukkan bahwa

kemampuan tanaman remediator untuk mengurangi polutan dipengaruhi oleh sistem penanamannya dan keragaan tanaman, terutama yang berhubungan dengan anatomis-morphologis tanaman, pertumbuhan tanaman (kedalaman, struktur, sistem perakaran dan biomassa yang dihasilkan) dan proses-proses fisiologis dalam tanaman. Selain itu tanaman yang digunakan harus mampu mengekstrak bahan pencemar dari beracun menjadi tidak dan kurang beracun (EPA, 2001).

Moreno *et al.* (2005), mengemukakan ada dua pendekatan yang digunakan membantu tumbuhan dalam merediasi tanah yang terpolusi logam berat. Pendekatan pertama dengan menggunakan gen-gen tumbuhan atau transgenik untuk meningkatkan resistensi terhadap Hg dan mempertinggi kapasitas volatilisasi. Pendekatan kedua menggunakan larutan yang mengandung sulfur dan tidak bertoksik untuk menginduksi akumulasi logam berat ke dalam jaringan tumbuhan yang berbiomassa tinggi (Moreno *et al.*, 2004). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak pemberian bahan amandemen terhadap perbaikan sifat kimia *tailing* dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan penyerapan logam berat (Hg dan Pb) oleh tanaman remediator.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilakukan di rumah kaca Universitas Tribhuwana Tunggaladewi Malang. Analisis tanah dilakukan di Laboratorium Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain: *Tailing* sebagai media tanam didapatkan dari Lombok Nusa Tenggara Barat, sedangkan bahan amandemen berupa biochar diproduksi sendiri, pupuk kandang sapi dan ferrosulfat (FeSO_4), serta tanaman *Vetiveria zizanioides* L. Percobaan dilakukan

di rumah kaca dengan menggunakan pot ukuran 10 kg sesuai perlakuan dan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan masing-masing:

- A1 = Kotoran sapi+Ferrosulfat 100 g
- A2 = Biochar+Ferrosulfat 100 g
- A3 = Kotoran sapi+Ferrosulfat 50 g
- A4 = Biochar+Ferrosulfat 50 g

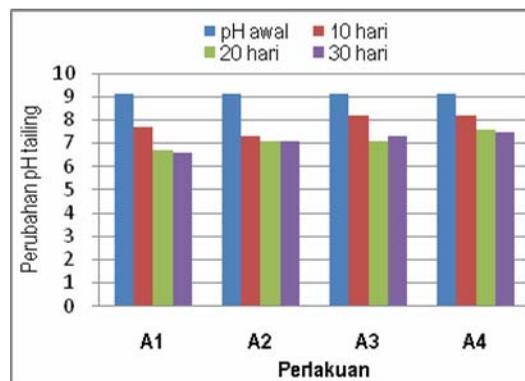
Inkubasi dilakukan selama 30 hari untuk melihat perubahan karakteristik dan perubahan pH tanah dan sifat kimia lainnya. Pengamatan perubahan pH dilakukan selama 30 hari dengan interval waktu 10 hari. Tanaman *Vetiveria zizanioides* L ditanam langsung pada pot percobaan dengan menggunakan stek sepanjang 25 cm. Pengamatan pertumbuhan tanaman dilakukan setiap minggu selama 4 bulan. Setelah 4 bulan tanaman dipanen, selanjutnya dilakukan analisis logam berat (Hg dan Pb) terserap. Setelah tanaman dipanen akar dan daun dipisahkan kemudian dicuci dengan aquades untuk menghilangkan kotoran kemudian dioven pada suhu 60°C selama 72 jam selanjutnya dilakukan analisis logam berat untuk mengetahui tingkat penyerapan logam berat dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrometer*).

Hasil dan Pembahasan

Peran bahan amandemen pupuk kandang dan biochar untuk perbaikan sifat kimia tailing

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang dan biochar mampu menurunkan pH *tailing* dari 9,1 menjadi 6-7 pada periode waktu 30 hari setelah inkubasi (Gambar 1). Hasil ini menunjukkan bahwa bahan organik yang diberikan berupa pupuk kandang dan biochar telah mampu berperan sebagai perbaikan tanah. Salah satu peran bahan organik yang sangat penting adalah kandungan asam-asam organiknya yang

berfungsi secara baik sehingga mempengaruhi perubahan pH tanah. Disamping itu penambahan ferrosulfat (FeSO_4) yang bersifat asam juga mampu menyeimbangkan *tailing* yang ber-pH tinggi



Gambar 1. Perubahan pH *tailing* selama inkubasi (30 hari)

Penurunan pH tanah dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa bahan diantaranya sulfur, asam sulfat dan bahan organik. Penggunaan bahan organik dapat menurunkan pH tanah karena terjadi pembentukan asam organik sebagai hasil dari dekomposisi bahan organik. Dalam kaitannya dengan penggunaan bahan amandemen, terlihat bahwa penurunan pH cukup signifikan dari pH awal 9,1 menjadi pH 6-7 pada 30 hari setelah inkubasi. Penurunan pH pada 10 hari setelah inkubasi cukup signifikan terlihat pada semua perlakuan. Kemudian relatif stabil pada periode inkubasi hari ke 20 dan hari ke 30 (pH antara 6,5–7,5). Penurunan pH ini diduga dipengaruhi oleh adanya penggunaan pupuk kandang dan biochar.

Faktor penyebab penurunan pH tanah diduga diakibatkan beberapa faktor, antara lain: (1) peningkatan konsentrasi H^+ hasil disosiasi asam organik dari hasil intermediet dekomposisi dan metabolisme sekunder mikrobia tanah, (2) terjadinya pembebasan ion H^+ akibat pertukaran kation pada permukaan mineral dan (3) terjadinya disosiasi H^+ dari asam karbonat

yang terbentuk dari reaksi CO_2 sebagai hasil respirasi mikrobial tanah dengan H_2O . Pola penurunan pH tanah seperti ini juga terjadi pada tanah liat berpasir pada pH 5,39 sebagai akibat dari peningkatan adsorpsi Cu dari 0 ke 25 mg/kg oleh permukaan misel tanah (Yu *et al.*, 2002;

Susilowati, 2010). Disamping terjadi perbaikan pH *tailing*, beberapa sifat kimia yang lain ikut meningkat diantaranya C-organik, N, P dan K yang semulanya rendah menjadi tinggi setelah diinkubasi selama 30 hari (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil analisis *tailing* awal dan 30 hari setelah inkubasi

Perlakuan	C-organik (%)	N-total (%)	C/N	P-Olsen (mg/kg)	K-Total (meq/100 g tanah)
Awal	0,41	0,13	12,00	5,70	0,11
30 hari setelah inkubasi					
A1	3,76 b	0,20 a	19,00 c	40,28 a	1,58 a
A2	2,53 a	0,22 a	11,67 a	89,45 b	4,38 b
A3	3,63 b	0,20 a	19,33 c	86,76 b	2,82 a
A4	2,79 a	0,24 a	11,67 a	135,4 c	5,67 d

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji BNT 5%.

Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang dan biochar mampu meningkatkan kesuburan tanah *tailing* sehingga mempengaruhi pertumbuhan tanaman remediator. Perbaikan kesuburan tanah ini terjadi karena telah terjadi perbaikan pH tanah sehingga ikut memicu pelepasan hara dari bahan amandemen yang diberikan. Handayanto dan Hairiah (2007), mengemukakan bahwa fungsi bahan organik tanah yang penting adalah menyediakan unsur hara, penyedia energi bagi aktivitas mikroorganisme dan fauna tanah sehingga memperbaiki agregasi serta meningkatkan kapasitas penyangga tanah yang berkaitan dengan efisiensi penggunaan hara.

Dari kedua bahan amandemen yang diberikan terlihat penggunaan kotoran sapi mampu memberikan peningkatan pada C-organik sebesar 3,76 dan 3,63%. Penggunaan biochar mampu meningkatkan P dan K, masing-masing 89,45 dan 135,4 mg/kg untuk P, sedangkan K sebesar 4,38 dan 5,67 meq/100 g. Hal lain terlihat pada N-total tidak berbeda nyata dengan pemberian kotoran sapi, tetapi pemberian

biochar cenderung lebih tinggi dari kotoran sapi. Namun demikian terlihat antara hasil analisis *tailing* awal dan 30 hari setelah inkubasi terlihat perbedaan angka yang cukup jauh. Hasil di atas menunjukkan bahwa terjadi perbaikan hara yang cukup signifikan sehingga mampu menopang pertumbuhan tanaman. Perbaikan pH tanah merupakan faktor yang sangat penting bagi peningkatan pertumbuhan tanaman. Berkaitan dengan penggunaan bahan amandemen dalam perbaikan pH tanah, memungkinkan terjadinya peningkatan aktivitas biologi tanah sehingga dekomposisi bahan organik tanah meningkat sehingga mempengaruhi peningkatan unsur N, P dan K (Masulili *et al.*, 2010).

Disamping itu pemberian pupuk kandang dan biochar akan berperan sebagai sumber asam-asam organik yang mampu mengontrol kelarutan logam dalam tanah ataupun berperan sebagai sumber hara bagi tanaman. Asam-asam organik yang terdapat dalam bahan organik mampu mengkelat unsur-unsur racun dalam

tanah sehingga menjadi tidak berbahaya bagi tanaman.

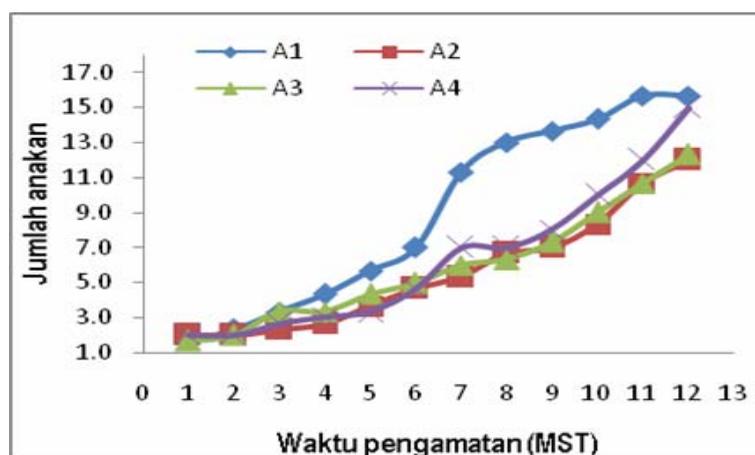
*Pengaruh pupuk kandang dan biochar terhadap pertumbuhan dan penyerapan logam berat oleh tanaman *Vetiveria zizanioides* L.*

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang dan biochar mampu meningkatkan pertumbuhan jumlah anakan tanaman dan distribusi panjang akar tanaman *Vetiveria zizanioides* (Gambar 1 dan 2). Jumlah anakan

terbanyak secara berturut-turut terjadi pada perlakuan A1 (11,44); A3 (8,00); A4 (6,94) dan A2 (6,06). Distribusi panjang akar tertinggi ke rendah masing-masing pada A1 (26,33); A2 (22,67); A3 (22,33) dan A4 (22,00). Hal ini mengindikasikan bahwa *Vetiveria zizanioides* yang ditanam sebagai agen fitoremediasi tumbuh secara baik karena telah terjadi perbaikan kesuburan tanah.



Gambar 2. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah anakan *Vetiveria zizanioides*



Gambar 3. Pengaruh perlakuan terhadap distribusi akar

Pertumbuhan tanaman yang baik akan berpengaruh pula pada distribusi akar sehingga mampu menyerap logam-logam berat terutama Hg dan Pb. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman *Vetiveria zizanoides* yang ditanam sebagai agen fitoremediasi *tailing* mampu menyerap Hg dan Pb (Tabel 2).

Tabel 2. Total serapan Hg dan Pb pada tanaman *Vetiveria zizanoides* L (mg/kg)

Perlakuan	Hg	Pb
A1	14,30	61,00
A2	33,20	92,00
A3	20,20	88,00
A4	29,00	78,00

Total Hg yang diserap tanaman *Vetiveria zizanoides* tertinggi pada perlakuan A2 dan A4 sebesar 33,20 dan 29,00 mg/ kg, kemudian disusul perlakuan A3 dan A1 sebesar 20,20 dan 14,30 mg/ kg. Serapan

tertinggi terlihat pada perlakuan A2 dan A3 (92,00 dan 88,00 mg/kg), kemudian perlakuan A4 dan A1 (78,00 dan 61,00 mg/ kg). Kedua logam berat yang diserap, tanaman *Vetiveria zizanoides* mampu menyerap Pb lebih tinggi dibandingkan dengan Hg. Dari logam berat yang diserap sebagian besar didistribusikan ke bagian tanaman, terutama pada akar. Hal ini berkaitan dengan karakteristik tanaman *Vetiveria zizanoides* L. yang memiliki sistem perakaran yang masih sehingga mampu menjaring logam berat lebih tinggi kemudian disimpan pada bagian akar dan sebagian ke daun (Gambar 3). Persentase serapan yang terlihat untuk Hg yang tersimpan pada akar sebesar 88,91% sedangkan pada daun 11,09%. Begitu pula terjadi pada logam berat Pb, proporsi tertinggi pada akar sebesar 51,17% dan pada daun sebesar 48,83%.



Gambar 4. Persentase serapan Hg dan Pb pada tanaman *Vetiveria zizanoides* L.

Salah satu karakter tanaman *Vetiveria zizanioides* adalah sistem perkaranya yang masih sehingga memungkinkan penumpukan logam berat pada bagian akar lebih besar. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Somsaguan *et al.* (2002), mendapatkan bahwa tanaman *Vetiveria zizanioides* mampu mengakumulasi Pb dan ditimbun di bagian akar lebih banyak dari pada dibagian atas selama 12 minggu. Hal ini menunjukkan bahwa tanaman *Vetiveria zizanioides* L merupakan tanaman akumulator pada hampir semua jenis logam berat.

Indrayatie (2006) mandapatkan bahwa tanaman *Vetiveria zizanioides* L memiliki Indeks Toleransi (IT) mencapai 120,99% sehingga memiliki kemampuan untuk menurunkan konsentrasi BOD pada limbah cair pabrik tapioka sebesar 99,2%, serta COD sebesar 98,93%. Kopittke *et al.* (2007) dan Tijani (2008) mengungkapkan bahwa logam berat yang masuk ke akar tanaman melalui ruang antara sel (apoplas) melewati korteks kemudian terakumulasi didekat endodermis karena ada pita kaspary yang menghalanginya. Hal inilah yang mengakibatkan akumulasi logam berat lebih besar diakar dari pada bagian atas tanaman (Susilowati, 2010).

Priyanto dan Prayitno (2004) mengemukakan bahwa penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi menjadi tiga proses, yaitu penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme. Efisiensi dalam pengakumulasian Hg dan Pb dalam akar dan kemudian ditranslokasikan ke batang dan daun menjadi pilihan yang baik untuk mencegah penyebaran logam berat Hg dan Pb pada lahan-lahan pertanian.

Kesimpulan

Penggunaan bahan amandemen berupa pupuk kandang dan biochar yang tambahkan dengan ferosulfat mampu memperbaiki pH tanah dan meningkatkan kandungan N, P, K dan KTK. Tanaman *Vetiveria zizanioides* L yang ditanam pada *tailing* tambang emas yang diberi perlakuan pupuk kandang dan biochar mampu menyerap Hg dan Pb masing-masing sebesar 14,3–33,2 mg/kg, dan 48–92 mg/kg. Persentase serapan Hg tertinggi pada akar 88,91% kemudian pada daun 23,54%, sedangkan untuk Pb serapan tertinggi 51,17% pada akar dan pada daun sebesar 48,83%.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Direktorat Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia atas kesempatan yang diberikan untuk studi lanjut, serta Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya atas dukungan dan kerja samanya.

Daftar Pustaka

- Aspinall C. 2001. Small-scale mining in Indonesia. International Institute for Environment and Development and the World Business Council for Sustainable Development. England.
- Chan, K. Y., Zwieten, B, L. avn., Meszaros, I., Downie, D. and Joseph, S. 2007. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. Australian Journal of Soil Research 27: 629–634.
- Environmental Protection Agency. 2001. Brownfields technology primer: selecting and using phytoremediation for site cleanup. U.S. Environmental Protection Agency. Washington.
- Glaser, B., Lehmann, J. and Zech, W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the

- tropics with charcoal: A Review. *Biology and Fertility of Soils* 35: 219–230
- Handayanto, E. dan Hairiah, K. 2007. *Biologi Tanah, Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Jakarta. 162.
- Indrayatie, E.R. 2006. Potensi Tanaman *Vetiveria zizanioides* L dalam Remediasi Limbah Cair Pabrik Tapioka. Disertasi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Kopittke, P. M., Asher, C.J., Kopittke, R.A. and Menzies, N.W. 2007. Toxic affect of Pb^{2+} on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*). *Journal of Environmental Pollution* 150: 280-287.
- Liang, B., Lehmann, J., Kinyangi, D., Grossman, J., O'Neill, B., Skjemstad, J. O., Thies, J., Luizao, F. J., Peterson, J. and Neves, E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719–1730.
- Masulili, A., Utomo, W.H. and Syekhfani. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agriculture Science*. <http://www.ccsenet.org/jas>.
- Moreno, F.N., Anderson, C.W.N., Steward, R.B. and Robinson, B.H. 2004. Phytoremediation of mercury-contaminated mine tailings by induced plant-mercury accumulation. *Environmental Practice* 6:165–175.
- Moreno, F.N., Anderson, C.W.N., Steward, R. B. and Robinson, B. H. 2005. Mercury Volatization and Phytoekstraktion From Base-Metal Mine Tailing. *Journal Environmental Pollution*. www.elsevier.com/located/envpol.
- Novak, J.M., Busscher, W.J., Laird, D.L., Ahmedna, M., Watts, D.W. and Niandou, M.A.S. 2009. Impact of biochar amendment on fertility of a Southeastern Coastal Plain Soil. *Soil Science* 174: 105-112.
- Priyanto, B. dan Prayitno, J. 2004. Fitoremediasi Sebuah Teknologi Pemulihan Pencemaran, Khususnya Logam Berat. <http://ltdl.bppt.tripod.com>. diunduh tanggal 1 Maret 2010.
- Susilowati, E. 2010. Perilaku Timbal (Pb) Dalam Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Kehidupan Bakteri Pelarut Fosfat dan Perubahan Anatomi-Morfologi Akar Tanaman. Disertasi. Program Pascasarjana. Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Tijani, M.N. 2008. Contamination of shallow groundwater system and soil plant transfer of trace metal under amended irrigated fields. *Journal Agricultural water management AGWAT-2678*; Article in press. 8 p.
- Yu, S., He, Z.L., Huang, C.Y., Chen, G.C. and Calvert, D.V. 2002. Adsorption-Desorption behavior of copper at contaminated levest in red soils from China. *Journal of Environmental Quality* 31:1129-1136.
- Widhiyatna, D. 2005. Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. Laporan Penelitian-DIM.