

Konsentrasi Kadmium dan Timbal di Tanaman Mendong yang ditanam di Tanah Sawah dengan Aplikasi *Azotobacter* dan Arang Aktif

Triyani Dewi¹ dan Reginawanti Hindersah²

¹Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

Jalan Raya Jakenan-Jaken Km.5 PO Box 05 Jakenan, Pati 59182 Jawa Tengah

² Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Jatinangor Km. 21 Bandung 40600

Korespondensi: triyanidewi@yahoo.com

ABSTRACT

Cadmium and lead content in mendong grown in paddy soil with *Azotobacter* and activated charcoal

Important impact of industrial activity is agricultural water and soil contamination which decrease the ability of land to support plant production. Developing industries in the watershed area increase the risk of heavy metal contamination in paddy soil. The aim of this green house experiment was to determine the ability of mendong (*Fimbristylis globulosa*) grown in paddy soil with exopolysachharide-producing *Azotobacter* and activated charcoal to decrease cadmium (Cd) and lead (Pb) content in soil and increase their uptake by mendong. The experimental design was Randomized Block Design with four treatment and three replication. The results demonstrated that four weeks after growing mendong followed by *Azotobacter* inoculation with and without activated charcoal Pb content in soil decreased, but neither *Azotobacter* nor activated charcoal influenced Cd and Pb content clearly in shoot as well as root of mendong. However, four weeks later *Azotobacter* as well as activated charcoal increased Pb content in mendong's roots.

Key words: Activated charcoal, *Azotobacter*, Cadmium, Lead, *Mendong*.

ABSTRAK

Dampak kegiatan industri adalah pencemaran air dan tanah pertanian yang mengurangi daya dukung lahan untuk produksi tanaman. Pertumbuhan industri yang meningkat dengan pesat di wilayah Daerah Aliran Sungai memungkinkan terjadinya pencemaran berbagai jenis logam berat di lahan sawah. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji kemampuan tanaman mendong (*Fimbristylis globulosa*) yang ditanam dengan inokulasi bakteri penghasil eksopolisakarida *Azotobacter* maupun arang aktif dalam menurunkan kandungan kadmium (Cd) dan timbal (Pb) dari tanah serta meningkatkan serapannya di tanaman mendong. Penelitian rumah kaca ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan empat perlakuan yang diulang tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat mendong berumur 4 minggu, inokulasi *Azotobacter* dengan dan tanpa arang aktif menurunkan kandungan Pb tanah, tetapi baik *Azotobacter* maupun arang aktif tidak mempengaruhi kadar Cd dan Pb di tajuk dan akar mendong. Namun, empat minggu kemudian, *Azotobacter* maupun arang aktif meningkatkan Kandungan Pb di akar mendong.

Kata kunci: Arang aktif, *Azotobacter*, Kadmium, Timbal, Mendong.

PENDAHULUAN

Kadmium (Cd) dan timbal (Pb) adalah logam berat toksik yang telah ada di dalam tanah sebagai akibat dari proses pembentukan tanah dari mineral yang mengandung kedua logam berat tersebut (Bradl, 2005). Umumnya kandungan Cd di tanah tidak terpolusi adalah $0,35 \text{ mg kg}^{-1}$ dengan kisaran $0,001\text{--}2,0 \text{ mg kg}^{-1}$ sedangkan kandungan Pb di tanah adalah sekitar $2\text{--}300 \text{ mg kg}^{-1}$ (Bradl *et al.*, 2005). Kegiatan antropogenik dapat meningkatkan kandungan kedua logam berat, dan tanah dinyatakan terkontaminasi Cd dan Pb jika kandungannya telah mencapai $3\text{--}8 \text{ mg kg}^{-1}$ untuk Cd dan $100\text{--}400 \text{ mg kg}^{-1}$ untuk Pb (Alloway, 1995)

Di lahan pertanian, kontaminan logam berat Cd terutama berasal dari pupuk fosfat berbasah dasar batuan fosfat (Chien *et al.*, 2003). Roechan *et al.* (1995) melaporkan bahwa kandungan Cd pupuk fosfat berkisar $30\text{--}60 \text{ mg kg}^{-1}$. Telah banyak dijelaskan bahwa baik Cd maupun Pb dapat memasuki tanah sebagai kontaminan dari pupuk kotoran hewan, *sludge* yang digunakan sebagai bahan organik atau limbah industri (Alloway, 1995; Bradl, 2005). Dengan demikian, industri yang membuang air limbahnya ke badan air di sekitar pesawahan berpotensi mencemari tanah sawah.

Identifikasi efek pembuangan limbah industri ke aliran sungai di beberapa DAS di Jawa menunjukkan bahwa terdapat potensi peningkatan logam berat toksik Cd dan Pb. Hasil penelitian Balai Penelitian Lingkungan Pertanian menjelaskan bahwa kandungan Cd dan Pb total tanah di sub DAS Bengawan Solo Atas dan sub-sub DAS Kedaung (DAS Bengawan Solo) adalah masing-masing $0,05\text{--}3,63 \text{ mg kg}^{-1}$ dan $0,53\text{--}2,32 \text{ mg kg}^{-1}$ (Anonim, 2008). Dari data tersebut, terlihat bahwa kandungan Cd di beberapa tempat sudah melebihi kandungan Cd di tanah tidak terkontaminasi. Penelitian di DAS Bengawan Hilir Kabupaten Lamongan Jawa Tengah tidak memperlihatkan adanya efek negatif limbah industri terhadap kandungan Cd dan Pb tanah sawah (Mulyadi *et al.* 2009). Meskipun demikian, peningkatan kandungan kedua logam berat di lahan sawah perlu diperhatikan dan tidak dapat diabaikan karena padi adalah salah satu tanaman yang berpotensi mengakumulasi logam berat, terutama Cd, di bulir (Brus *et al.*, 2009).

Penurunan kandungan logam berat dapat dilakukan dengan fitoremediasi menggunakan tanaman akumulator non pangan. Salah satu tanaman yang dapat digunakan untuk fitoremediasi logam berat adalah mendong (*Fimbristylis globulosa*,

Cyperaceae) yang efektif untuk Cr dan Cd (Sabolakna, 2005; Purwati & Surachman, 2007). Serapan logam berat juga dapat ditingkatkan dengan meningkatkan mobilisasi logam berat di dalam tanah oleh mikroba. *Azotobacter* adalah rizobakteri yang menghasilkan eksopolisakarida (Emtiazi *et al.*, 2004; Hindersah *et al.*, 2006). Ketersediaan logam di dalam tanah dapat ditingkatkan jika logam berikatan dengan eksopolisakarida (EPS) yang mobil (Chen *et al.*, 1995). Sebagai upaya untuk menurunkan kandungan Cd dan Pb di tanah sawah, perlu dilakukan bioremediasi sebelum ditanami padi. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkaji kemampuan tanaman mendong yang ditanam dengan inokulasi bakteri penghasil eksopolisakarida *Azotobacter* maupun arang aktif dalam menurunkan kandungan Cd dan Pb tanah serta meningkatkan kandungan kedua logam berat di tanaman mendong.

BAHAN DAN METODE

Percobaan rumah kaca telah dilakukan di Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan Pati. Media tanam adalah tanah Inceptisols yang diambil dari Desa Linggar, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung dengan pH 6,55, C organik 3,74 %, N total 0,44 %, P total $1427,52 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, K total $6,55 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, Pb dan Cd total masing-masing $6,29 \text{ mg kg}^{-1}$ dan $0,28 \text{ mg kg}^{-1}$. Tanaman mendong diambil dari Desa Minggir, Kecamatan Sayegan, Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta. Bakteri *Azotobacter chroococcum* diisolasi dari tanah sawah Desa Linggar, Kecamatan Rancaekek, Kabupaten Bandung dengan media Ashby bebas N dan inokulan bakteri diperbanyak pada media Vermani (Dewi *et al.*, 2008). Arang aktif yang berasal dari tempurung kelapa disediakan oleh Laboratorium Residu Agrokimia Balai Penelitian Lingkungan Pertanian di Bogor.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan empat perlakuan dan tiga ulangan. Perlakuan tersebut adalah remediasi tanah sawah menggunakan tanaman mendong; mendong dan *Azotobacter*; mendong dan arang aktif; serta mendong, *Azotobacter* dan arang aktif.

Percobaan Rumah Kaca

Tanah yang sudah homogen, dikeringudarkan, disaring dengan saringan berukuran 5 mm dan dimasukkan ke dalam pot masing-masing sebanyak 7,5 kg per pot. Selanjutnya tanah disiram air sampai

kapasitas lapang, diaduk merata dan digenangi selama satu minggu sebelum penanaman mendong. Pada tanah yang diberi perlakuan arang aktif, sebanyak 1 t ha⁻¹ setara 3,75 g per pot diaduk merata dengan tanah sebelum penggenangan.

Tanaman mendong ditanam sebanyak tiga batang per pot dan dipelihara selama dua bulan dalam kondisi tergenang. Inokulan cair *Azotobacter* sebanyak 10 mL dengan kepadatan 10⁷ CFU mL⁻¹ diberikan dengan cara disiram. Setengah tanaman mendong dipanen saat satu bulan dan sisanya dua bulan setelah tanam. Variabel yang diamati adalah pertumbuhan tanaman mendong setiap satu minggu, kandungan Pb dan Cd pada akar dan tajuk tanaman pada bulan 1 dan 2 setelah tanam dan populasi *Azotobacter* di tanah.

Kandungan logam berat ditentukan dengan *Atomic Adsorption Spectrometry* setelah ekstraksi dengan asam nitrat dan perklorat untuk logam berat total tanah dan tanaman (Sulaeman *et al.*, 2005). Populasi *Azotobacter* ditentukan dengan metode *Most Probable Number* lima ulangan (Schinner *et al.*, 1995) menggunakan media Ashby bebas N.

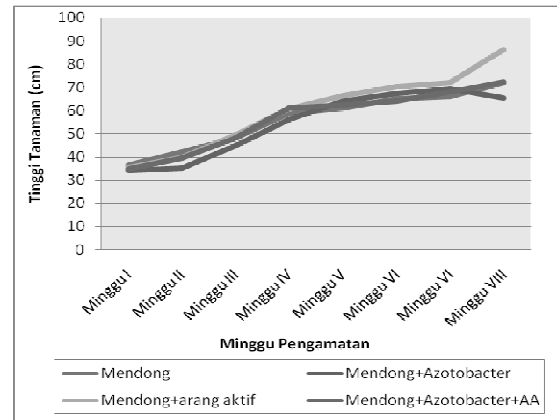
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Tanaman Mendong

Tanaman mendong ditumbuhkan sampai delapan minggu. Di akhir penelitian, tinggi tanaman mencapai sekitar 85 cm pada pot yang diberi arang aktif sedangkan tinggi tanaman yang diberi *Azotobacter* hanya mencapai 65 cm (Gambar 1). Arang aktif memiliki ruang pori yang dapat menyediakan udara sehingga pertukaran unsur hara yang memerlukan oksigen akan lebih baik. Aktivasi arang pada suhu 850 °C menyebabkan modifikasi arang sehingga memiliki tipe stuktur pori dengan kisaran yang luas (Freeman *et al.*, 1989). Dijelaskan pula oleh Carrott & Freeman (1991) bahwa setelah pembakaran, volume pori mikro meningkat.

Pada penelitian ini, arang aktif meningkatkan pertumbuhan tanaman mendong. Hasil ini sejalan dengan penelitian Thomas (2008) yang memperlihatkan bahwa arang aktif mendukung morfogenesis kultur jaringan tanaman karena menurunkan akumulasi metabolit toksik melalui adsorpsi tidak balik. Dijelaskan pula bahwa arang aktif mungkin dapat mengadsorpsi nutrisi yang akan dilepaskan secara bertahap menjadi tersedia untuk tanaman. Berkaitan dengan kemampuannya dalam menetralkan alelopati glukosinolat, arang aktif juga meningkatkan perkecambah *Arabidopsis thaliana*, *Plantago lanceolata*, *Solidago canadensis*, and *Lotus*

corniculatus, tetapi tidak berperan dalam perkecambah *Lactuca sativa* dan *Brassica oleracea* (Kabouw *et al.*, 2010)



Gambar 1. Pertumbuhan tanaman mendong selama delapan minggu

Di lain pihak, bakteri aerob *Azotobacter* menekan pertumbuhan tanaman mendong pada minggu ke 7 dan 8. Pada saat itu, tinggi tanaman yang diinokulasi bakteri (65 cm) tidak berbeda jauh dengan tanaman kontrol, 70 cm (Gambar 1.). Salah satu mekanisme *Azotobacter* dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah fiksasi N₂. Kapasitas fiksasi N₂ oleh *Azotobacter* di lahan basah belum banyak dilaporkan. Namun demikian, Mwaura & Widdowson (1992) melaporkan adanya aktivitas nitrogenase dan keberadaan bakteri pemfiksasi N₂ di sistem perakaran *Cyperus papyrus* yang ditanam di rawa. Hasil pengamatan tersebut sejalan dengan penelitian Omari *et al.* (2004) yang membuktikan bahwa penggenangan meningkatkan populasi *Azotobacter* karena bakteri ini menggunakan sumber energi lebih baik pada tekanan O₂ rendah (Tschapek & Giambiagi, 1955). Meskipun demikian, pada penelitian ini mungkin *Azotobacter* tidak memfiksasi N₂ dengan optimal walaupun kepadatannya mencapai 10⁵ MPN g⁻¹ (Tabel 1) pada saat mendong berumur 6 minggu.

Tabel 1. Kepadatan *Azotobacter* di dalam tanah sawah saat tanaman mendong berumur 6 minggu

Perlakuan bioremediasi	Kepadatan <i>Azotobacter</i> (MPN g ⁻¹)
Kontrol	6,03 × 10 ⁵
<i>Azotobacter</i>	6,67 × 10 ⁵
Arang aktif	8,30 × 10 ⁵
<i>Azotobacter</i> dan Arang aktif	7,93 × 10 ⁵

Kadmium dan Timbal di Tanah dan Tanaman

Tujuan inokulasi *Azotobacter* pada penelitian ini adalah meningkatkan mobilisasi logam berat karena bakteri ini menghasilkan eksopolisakarida yang dapat bertindak seperti siderofor (Emtiazi *et al.*, 2004, Chen *et al.*, 1995). Penelitian Hindersah *et al.* (2007) membuktikan bahwa pada tanah aerob, bakteri ini efektif meningkatkan konsentrasi Cd di tanaman akumulator yang ditanam di tanah dikontaminasi 10 mg kg⁻¹ CdCl₂. Pada tanah sawah

masing-masing dapat meningkatkan konsentrasi Pb di akar sebesar 42 % dan 79 %. Peningkatan ini dapat disebabkan karena *Azotobacter* dan arang aktif bersinergi untuk meningkatkan perakaran tanaman melalui produksi EPS (Hindersah *et al.*, 2006) dan fitohormon (Wedhastri, 2002) oleh *Azotobacter* serta penurunan akumulasi metabolit toksik di tanah melalui adsorpsi tidak balik oleh arang aktif (Thomas, 2008).

Tabel 2. Kadmium dan timbal di dalam tanah dan tanaman mendong berumur empat minggu

Perlakuan bioremediasi	Konsentrasi logam berat (mg kg ⁻¹)					
	Tanah		Tajuk		Akar	
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
Kontrol	0,16	11,29	0,25	3,28	0,18	3,58
<i>Azotobacter</i>	0,16	4,79	0,20	3,19	0,15	3,71
Arang aktif	0,11	24,46	0,17	3,19	0,15	3,75
<i>Azotobacter</i> dan Arang aktif	0,16	7,91	0,15	3,41	0,23	2,97

Tabel 3. Kadmium dan Timbal di dalam tanah dan tanaman mendong berumur delapan minggu

Perlakuan bioremediasi	Konsentrasi logam berat (mg kg ⁻¹)					
	Tanah		Tajuk		Akar	
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Pb
Kontrol	0,14	2,63	0,10	3,06	0,17	1,85
<i>Azotobacter</i>	0,12	2,71	0,12	2,80	0,22	2,63
Arang aktif	0,12	3,19	0,12	3,19	0,19	3,32
<i>Azotobacter</i> dan Arang aktif	0,13	2,80	0,11	3,15	0,15	1,72

dengan lapisan tanah aerob terbatas, ternyata *Azotobacter* tidak berperan menurunkan Cd total tanah tetapi dapat menurunkan Pb total tanah empat minggu setelah penanaman mendong (Tabel 2). Penurunan Pb total tanah sebenarnya dapat diikuti oleh peningkatan konsentrasi Pb di tajuk dan akar mendong dan selanjutnya serapan Pb. Namun pada penelitian ini, berat kering tanaman tidak diukur sehingga jumlah total Pb yang diserap oleh keseluruhan biomassa tanaman tidak dapat dihitung.

Fenomena yang berlainan diperlihatkan oleh konsentrasi logam berat baik di tanah maupun tanaman pada minggu ke delapan setelah tanam. *Azotobacter*, arang aktif maupun kombinasi keduanya sudah tidak mempengaruhi konsentrasi Cd dan Pb total di dalam tanah (Tabel 3). Konsentrasi Cd dan Pb baik di tajuk dan Cd di akar mendong juga tidak meningkat setelah aplikasi *Azotobacter* dan arang aktif. Namun, *Azotobacter* dan arang aktif

SIMPULAN

Pada bulan pertama setelah tanam, inokulasi *Azotobacter* dengan dan tanpa arang aktif dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb di tanah tetapi tidak mempengaruhi konsentrasi kedua logam berat di batang maupun akar mendong. Pada bulan kedua baik inokulasi *Azotobacter*, aplikasi arang aktif maupun kombinasi keduanya sudah tidak berperan dalam meningkatkan konsentrasi logam berat di tanah. Namun *Azotobacter* maupun arang aktif dapat meningkatkan konsentrasi Pb di akar mendong.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami berterimakasih kepada Staf Balai Penelitian Lingkungan Pertanian untuk analisis logam berat dan asisten di laboratorium Biologi dan Bioteknologi

Tanah Faperta Unpad untuk penyediaan media pertumbuhan *Azotobacter*.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, BJ. 1995. The Origin of heavy metals in soils. Pp 38–56 in Alloway, B.J (Ed). Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional. Glasgow.
- Anonim, 2008. Identifikasi Pencemaran Limbah Industri dan Pertambangan pada Lahan Pertanian di Daerah Aliran Sungai (DAS) Pulau Jawa. Laporan Akhir Penelitian TA 2007. Balai Penelitian Lingkungan Pertanian. Pati.
- Bradl, H. 2005. Sources And Origins Of Heavy Metals. Pp 1-27 in Heavy Metals in The Environment. HB Bradl (Ed). Elsevier Ltd, Amsterdam.
- Bradl, H, C Kimb, U Kramar and D Stiiben. 2005. Interactions of Heavy Metals. Pp 28–149 in Heavy Metals in The Environment. HB Bradl (Ed). Elsevier Ltd, Amsterdam.
- Brus, DJ, Z Li, J Song, GF Koopmans, EJM Temminghoff, X Yin, C Yao, H Zhang, Y Luo, and J Japenga. 2009. Predictions of spatially averaged cadmium contents in rice grains in the Fuyang Valley, P.R. China. J. Environ. Qual. 38: 1126–1136.
- Emtiazi, G, Z Ethemadifar and MH Habibi. 2004. Production of extracellular polymer in *Azotobacter* and biosorption of metal by exopolymer. Afr. J. Biotech. 3: 330–333.
- Carrott, PJM and JJ Freeman. 1991. Evolution of micropore structure of activated charcoal cloth. Carbon. 29: 499–506.
- Chen, J-H, DR Czajka, LW Lion ML Shuler and WC Ghiorse. 1995. Trace metal mobilization in soil by bacterial polymers. Environ. Health Perspect 103: 53-58.
- Chien, SH, G Carmona, LL Prochnow and ER Austin. 2003. Cadmium availability from granulated and bulk-blended phosphate-potassium fertilizers. J. Environ. Qual. 32: 1911–1914.
- Dewi, T, A Pramono, R Hindersah. 2008. Kandungan Logam Berat dan Populasi *Azotobacter* di Lahan Sawah Terkontaminasi Limbah Industri di Jawa Barat Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, Palembang 17–18 Desember 2008. Hal. 195–201.
- Freeman, JJ, FGR Gimblett and KSW Sing. 1989. Studies of activated charcoal cloth. V. Modification of pore structure by impregnation with certain transition metal salts and oxo-complexes. Carbon. 27: 85–93.
- Hindersah, R, DH Arief, S Soemitro, L Gunarto. 2006. Exopolysaccharide extraction from rhizobacteria *Azotobacter* sp. Proc. International Seminar IMTGT. Medan, 22–23 Juni 2006. Pp 50–55.
- Hindersah, R, D. H Arief, S. Soemitro, L. Gunarto. 2007. Pengaruh inokulasi *Azotobacter* sp. LKM6 yang memproduksi eksopolisakarida dan aplikasi kadmium klorida terhadap kadmium di tanah dan tajuk selada Prosiding Kongres Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, Yogyakarta, 5–7 Desember 2007. Hal 1140–1146.
- Roehan, S, I Nasution, L Sukarno dan AK Makarim. 1995. Masalah pencemaran kadmium pada padi sawah. Hal. 56–59 dalam Kinerja Penelitian Tanaman Pangan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Syam, M, Hermanto, A Mussadad dan Sunihardi (Penyunting). Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Laboratorium Tanah Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Kabouw, P, M Nab and NM van Dam. 2010. Activated carbon addition affects substrate pH and germination of six plant species. Soil Biol. Biochem. 42: 165–1167.
- Mwaura, AW, and D Widdowson. 1992. Nitrogenase activity in the papyrus swamps of lake Naivasha Kenya. Hydrobiologia. 232:23-30.
- Mulyadi, R Artanti, R Hindersah. 2009. Kandungan kadmium di saluran air tersier dan tanah sawah daerah aliran sungai Bengawan Hilir kabupaten Lamongan Jawa Tengah. J. Agrikultura 20: 44–49.
- Omari, K, T Mubyana, MI Matsheka, MC Bonyongo and E Veenendaal. 2004. Flooding and its influence on diazotroph populations and soil nitrogen levels in the Okavango Delta. South African J. of Botany 2004. 70: 734–740
- Purwati, S dan A Surachman. 2007. Potensi dan pengaruh tanaman pada pengolahan air limbah pulp dan kertas dengan sistem lahan basah. Berita Selulosa 42: 45–53.

- Sabolakna, A. 2005. Kemampuan daya serap tanaman Mendong (*Fimbristylis globulosa*) terhadap logam berat Cr dan Cd dalam tanah yang tercemar limbah *deinking*. Disertasi. Institut Teknologi Bandung.
- Thomas, TD. 2008. The role of activated charcoal in plant tissue culture. *Biotechnol Adv.* 26: 618–31.
- Tschapek. M and N Giambiagi. 1955. Nitrogen fixation of *Azotobacter* in soil —Its inhibition by oxygen. *Arc. Microbiol.* 21: 376–390
- Wedhastri, W. 2002. Isolasi dan seleksi *Azotobacter* spp. penghasil faktor tumbuh dan penambat nitrogen dari tanah masam. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3: 45–51