

Rizofiltrasi Logam Pb (Plumbum) pada beberapa Jenis Tumbuhan Air

Elly Proklamasiningsih dan Hernayanti

Fakultas Biologi UNSOED Purwokerto

Abstract

The research about rhizofiltration of Pb in several species of aquatic plant had been conducted in a greenhouse of Biology Faculty, Jenderal Soedirman University. The aims of this research were to evaluate the aquatic plant species which has Pb accumulative characteristic and to determine Pb concentration tolerated by those plants. This research was used experimental method with split plot design. The main plot was kind of aquatic plant of *Hydrilla verticillata* (L.f), *Pistia stratiotes* L, and *Salvinia molesta* D.S.Mitchell. The Pb (NO₃)₂ concentrations of 0, 5, 10, 15 mg/l were as sub plot. Each treatment was replicated for 3 times. The parameter observed were biomass (raw weight and dry weight), the Pb absorbed whether in root and shoot, and chlorophyll content. Data collected were analyzed using F test continued by LSD. The result of this research showed that both *Pistia* and *Salvinia* planted in 10 mg/l media were able to accumulate high Pb concentration. However, *Pistia* were able to accumulate Pb concentration mostly in root and only part be translocated in shoot. Whereas *Salvinia* was able to translocate Pb concentration in shoot higher than those in of *Pistia*. The implications of these results for rhizofiltration are discussed.

Key words: Rhizofiltration, *Hydrilla verticillata*, *Pistia stratiotes*, *Salvinia molesta*, Pb (NO₃)₂

Pendahuluan

Proses untuk menghilangkan, memindahkan, dan atau menghancurkan kontaminan dalam tanah, perairan, dan air bawah tanah yang menggunakan jenis-jenis tumbuhan tertentu atau mikroorganisme disebut dengan bioremediasi. Proses bioremediasi dengan menggunakan tumbuhan disebut fitoremediasi (Kambhampati and William, 2001). Berdasarkan mekanisme detoksifikasinya, fitoremediasi dapat dibedakan menjadi fitoekstraksi, rizofiltrasi, fitostabilisasi, rizodegradasi serta bioremediasi lainnya dengan menggunakan tumbuhan (Gareth and Furlong, 2003). Kontaminan logam berat dan unsur radioaktif dapat dibersihkan oleh tumbuhan melalui proses-proses tersebut. Dalam proses rizofiltrasi, akar tumbuhan menyerap kontaminan bersamaan dengan penyerapan nutrient dan air. Metode ini digunakan terutama untuk menyerap limbah yang mengandung logam berat dalam media cair (Kvesitadze *et al.*, 2006).

Rizofiltrasi dapat dikatakan sebagai pemanfaatan kemampuan tumbuhan dalam menyerap dan mengakumulasi senyawa pencemar. Efektifitasnya dipengaruhi oleh kemampuan tumbuhan untuk mentoleransi dan mengakumulasi logam dari lingkungan (Stearns *et al.*, 2007). Tumbuhan merupakan agen ideal untuk remediasi tanah dan air karena mempunyai mekanisme biokimiawi, fisiologis dan genetik yang unik (Memon *et al.*, 2001). Beberapa penelitian membuktikan bahwa untuk membersihkan polutan logam berat seperti Pb (Plumbum), Cd (Cadmium) atau Cr (Chromium) dapat dilakukan dengan tumbuhan air.

Pb merupakan logam tertua yang telah digunakan manusia sejak 2500 th S.M. Logam tersebut banyak digunakan dalam industri baterai, aki, percetakan, alat lapis listrik, pelapis logam, industri kimia, pestisida, mainan anak, dan cat. Komponen Pb yang paling banyak digunakan dalam cat adalah timbal putih yang mempunyai rumus kimia Pb(OH)₂.2PbCO₃. Timbal merah atau Pb₃O₄ berupa bubuk berwarna merah cerah sebagai pewarna cat tahan karat. Cat berwarna kuning dibuat dengan menambahkan kuning krom atau PbCrO₄. Pada pabrik keramik, Pb dalam bentuk PbO digunakan sebagai campuran dengan silika dalam pembuatan keramik yang disebut *glaze* yang berwarna mengkilat. Pb juga digunakan sebagai bahan aditif pada bensin dalam bentuk

Tetra Ethyl Lead (TEL) dan *Tetra Methyl Lead* (TML) (Darmono, 1995; Subbid Pemantauan, 2009).

Berdasarkan klasifikasinya Pb termasuk logam berat golongan IV-A, mempunyai nomor atom 82, berat atom 207,2 dengan titik lebur 327,5. Pb termasuk logam berat kelas B yang bersifat toksik, terutama dalam bentuk Pb organik, seperti *tetra ethyl lead* (TEL) yang terdapat pada bensin. TEL merupakan Pb yang paling toksik karena mudah masuk lewat inhalasi, larut dalam lemak, dan mudah terakumulasi dalam jaringan lunak maupun keras (Palar, 1995; Kaim and Schwedeski, 1994).

Umumnya, polusi Pb di udara atau atmosfer berasal dari asap kendaraan bermotor. Pb ditambahkan ke dalam bensin untuk meningkatkan bilangan oktan agar pembakaran motor dapat lebih baik. Pb tersebut akan keluar bersama gas buang dan mencemari udara. Adanya pencemaran Pb di lingkungan telah banyak diteliti antara lain oleh Jong (1996), yang menemukan tanaman cabai merah pada jarak 10 m dari jalan raya Yogyakarta-Solo Km 19, mengandung Pb sebesar 0,859 µg/g (jumlah kendaraan yang lewat ± 2385/jam), di jalan Imogiri tanaman cabai mengandung Pb sebesar 0,399 µg/g (jumlah kendaraan yang lewat ± 531/jam). Nilai ambang batas kadar Pb udara di daerah bebas polusi adalah <0,006 µg/m³. Kadar Pb di udara sebesar 1 µg/m³ dapat menyebabkan darah manusia mengandung Pb sebesar 2,5-5,3 µg/dl.

Rangkuti (2005) menemukan adanya Pb pada daun beberapa tanaman yang ditanam di pinggir jalan tol Jagorawi. Pada tanaman Gmelina ditemukan Pb sebesar 5,89 ppm, tanaman Akasia mengandung Pb sebesar 9,47 ppm, tanaman Kayu manis 12,29 ppm, tanaman Tanjung 7,31 ppm, tanaman Kesumba 7,09 ppm, tanaman Sawo 7,62 ppm dan tanaman Angsana 9,41 ppm. Hasil uji baku mutu emisi dari 10.880 unit kendaraan bermotor yang lewat di daerah tersebut ternyata terdapat sebanyak 45,7 % kendaraan yang tidak memenuhi standard baku mutu emisi. Tidak terpenuhinya baku mutu emisi menyebabkan daerah tersebut tercemar Pb. Hal ini didukung penemuan.

Mengingat banyaknya limbah buangan dari industri-industri yang menyebabkan pencemaran lingkungan, maka rizofiltrasi pada beberapa jenis tumbuhan air perlu diteliti untuk mengetahui kemampuan tumbuhan air dalam mengakumulasi kontaminan. Efektivitas rizofiltrasi dapat ditingkatkan dengan memperbaiki faktor internal yaitu potensi genetik dan fisiologis tanaman atau faktor eksternal termasuk manajemen pengolahan tanah, air, dan atau budidaya tanaman. Meningkatkan efisiensi rizofiltrasi dalam fungsinya sebagai hiperakumulator pada dasarnya adalah meningkatkan potensi akumulasi kontaminan yang tinggi dalam tajuknya dan potensi produksi biomassa.

Penelitian fisiologis termasuk mekanisme penyerapan unsur dan transportasinya dalam tumbuhan untuk meningkatkan penyerapan unsur melalui berkas pengangkut (Memon *et al.*, 2001) dapat menyumbang pengetahuan untuk memperbaiki efisiensi rizofiltrasi atau fitoekstraksi. Beberapa jenis tumbuhan air dapat digunakan sebagai hiperakumulator (Fitter and Hay, 1987; Zayed *et al.*, 1999). Beberapa jenis diantaranya adalah: *Pistia stratiotes*, telah terbukti dapat berperan sebagai fitoremediator, yaitu dapat menurunkan kadar Cu dan Zn pada air yang tercemar (Hernayanti and Proklamasingih, 2005); *Salvinia molesta* dapat menurunkan logam berat Cr pada industri pelapisan logam (Hernayanti, 2002). Beberapa jenis tumbuhan air seperti *Eichornia crassipes*, *Salvinia molesta*, *Spiridella sp.*, *Elodera* dan *Pistia stratiotes* dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas air limbah dengan cara menanamnya pada kolam pengolah air limbah (Pane and Hasanudin 2001; Hidayati, 2005).

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari jenis tumbuhan air yang dapat digunakan sebagai fitoremediator melalui proses rizofiltrasi serta konsentrasi Pb (NO₃)₂ yang dapat ditoleransi. Penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai informasi untuk mengevaluasi jenis tumbuhan air yang dapat mengurangi pencemaran suatu perairan yang disebabkan oleh polutan Pb.

Materi dan Metode

Materi yang digunakan adalah tumbuhan air: *Hydrilla verticillata*, (L.F) Royce, *Pistia stratiotes* L dan *Salvinia molesta* D.S. Mitchell. Media tumbuh yang digunakan adalah formula Hoagland yang sudah dimodifikasi (Tabel 1).

Tabel 1. Formula Hoagland (Taiz and Zeiger, 1998)

Table 1. Hoagland formula

Senyawa	Konsentrasi Stok (gr/l)
Makronutrien	
KNO ₃	101,10
Ca(NO ₃) ₂ .4H ₂ O	236,16
NH ₄ H ₂ PO ₄	115,08
MgSO ₄ .7H ₂ O	246,49
Mikronutrien	
KCL	1,864
H ₃ BO ₃	0,773
MnSO ₄ .H ₂ O	0,169
ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,288
CuSO ₄ .5H ₂ O	0,062
H ₂ MoO ₄ (85% MoO ₃)	0,040

Sebagai perlakuan adalah Pb(NO₃)₂ dengan berbagai konsentrasi. Bahan-bahan lain adalah bahan-bahan untuk analisis Pb dalam jaringan tanaman dan bahan-bahan untuk analisis klorofil.

Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola petak terpisah (*Split Plot Design*) sebagai petak utama adalah jenis tanaman air, yaitu *Hydrilla verticillata*, (L.F) Royce, *Pistia stratiotes* L dan *Salvinia molesta* D.S. Mitchell, sebagai anak petak adalah konsentrasi Pb(NO₃)₂ yaitu 0 mg/liter, 5 mg/ liter; 10 mg/liter; 15 mg/liter. Masing- masing konsentrasi perlakuan diulang 3 kali.

Tumbuhan yang akan digunakan dicuci bersih, dipelihara di dalam rumah kaca selama 2 bulan. Percobaan menggunakan wadah plastik (bak plastik) yang mempunyai kapasitas isi 8 liter. Wadah plastik untuk percobaan diisi media yang mengandung formula Hoagland dan Pb(NO₃)₂ sesuai perlakuan sebanyak 5 liter untuk masing- masing wadah. Tumbuhan air yang sudah disiapkan ditimbang seberat 50 gram kemudian ditempatkan pada masing- masing media dalam wadah percobaan. Media tumbuh selalu dikondisikan pada pH 7 (apabila kurang dari 7 maka ditambahkan NaOH, sedangkan apabila lebih dari 7, maka ditambahkan HCl) .

Pengamatan dilakukan pada umur 4 minggu setelah pemaparan Pb(NO₃)₂, dengan mengukur biomassa segar dan biomassa kering; analisis kandungan Pb dalam akar dan tajuk; serta analisis klorofil. Data-data yang diperoleh dianalisis dengan uji F dan dilanjutkan dengan Uji LSD.

Parameter yang diamati meliputi: 1) Biomassa tumbuhan. Pengamatan biomassa tumbuhan dilakukan dengan mengukur berat segar dan berat kering tumbuhan; 2) Analisis kandungan Pb. Sempel dikeringkan dalam oven dengan suhu 80^o C selama 12 jam. Sempel sebanyak 1 gram dilarutkan larutan HNO₃ pekat selama 24 jam. Selanjutnya ditambahkan larutan HClO₄ sebanyak 2 mililiter, dipanaskan sampai menguap. Disaring menggunakan kertas Whatman nomer 42 sehingga diperoleh filtrat. Filtrat diencerkan sampai volume 50 mililiter. Ekstrak jernih yang dihasilkan diukur menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). Serapan Pb merupakan hasil perkalian antara konsentrasi Pb dalam jaringan tumbuhan dengan berat keringnya; 3) Analisis klorofil. Jaringan segar sebanyak 0,1 gram dilumatkan dalam mortar. Ditambahkan Aseton sebanyak 10 mililiter, disaring dengan kertas Whatman nomer 42. Pengukuran dilakukan dengan *Spectrophotometer* pada panjang gelombang 660 nm untuk klorofil a, dan 642,5 nm untuk klorofil b.

Hasil dan Pembahasan

Hasil analisis pengaruh Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap biomassa segar, biomassa kering, kandungan Pb dalam akar, kandungan Pb dalam tajuk dan kandungan klorofil pada 3 jenis tumbuhan air yang digunakan, yaitu *Hydrilla*, *Pistia*, dan *Salvinia* disajikan pada Tabel 2.

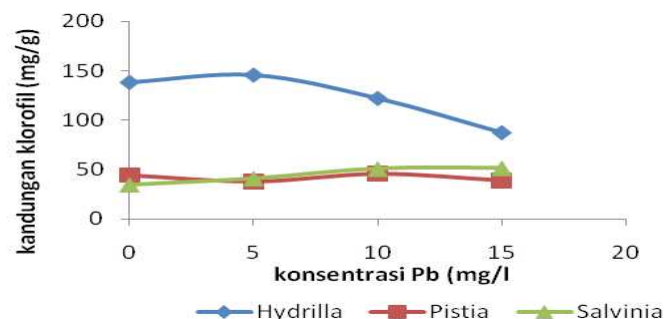
Tabel 2. Pengaruh Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap biomassa segar (BS), biomassa kering (BK), kandungan klorofil total (KK), pada *Hydrilla*, *Pistia* dan *Salvinia*.

Table 2. Effect of different Pb concentration on fresh biomass (BS), dry biomass (BK), total chlorophyll content (KK) of *Hydrilla*, *Pistia*, and *Salvinia*

Perlakuan (mg/l)	BS (g)	BK (g)	KK (mg/g)
<i>Hydrilla</i> (0)	28,33 cd	2,01 a	137,94 a
<i>Pistia</i> (0)	44,00 bc	1,58 a	44,41 c
<i>Salvinia</i> (0)	17,00 e	0,85 a	34,81 c
<i>Hydrilla</i> (5)	43,67 bc	3,10 a	145,33 a
<i>Pistia</i> (5)	47,67 abc	1,71 a	37,69 c
<i>Salvinia</i> (5)	41,67 bcd	2,08 a	41,07 c
<i>Hydrilla</i> (10)	40,00 cd	2,84 a	121,76 a
<i>Pistia</i> (10)	61,00 a	2,19 a	46,02 c
<i>Salvinia</i> (10)	28,17 de	1,40 a	50,87 c
<i>Hydrilla</i> (15)	24,00 e	1,70 a	87,00 b
<i>Pistia</i> (15)	55,00 ab	1,97 a	38,81 c
<i>Salvinia</i> (15)	23,83 e	1,19 a	51,51 c

Keterangan : angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, menunjukkan beda nyata

Pertumbuhan *Pistia* pada media yang diberikan pemaparan Pb dengan semua konsentrasi yang dicobakan lebih baik, namun tidak diikuti dengan kandungan klorofil yang tinggi. Kandungan klorofil yang tinggi justru terdapat pada *Hydrilla*. Klorofil adalah pigmen yang terdapat dalam kloroplas dan memanfaatkan cahaya yang diserap sebagai energi untuk reaksi-reaksi cahaya dalam proses fotosintesis. Dalam reaksi ini, sinar matahari diserap oleh klorofil dan kemudian diubah menjadi tenaga kimia dalam bentuk ATP serta senyawa pereduksi berupa $\text{NADPH} + \text{H}^+$ (Taiz and Zeiger, 1998). Pada gambar 1, nampak jelas bahwa kandungan klorofil cenderung tinggi pada *Hydrilla*, namun tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan. Dari 3 jenis tumbuhan yang digunakan, hanya *Hydrilla* yang mempunyai perilaku berbeda, yaitu seluruh tubuhnya terendam dalam air. Perilaku yang berbeda ini dimungkinkan berpengaruh terhadap kandungan klorofil.



Gambar 1. Pengaruh Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap kandungan klorofil dalam *Hydrilla*, *Pistia* dan *Salvinia*

Figure 1. Effect of different Pb concentration on chlorophyll content of *Hydrilla*, *Pistia*, dan *Salvinia*

Untuk mengetahui translokasi Pb dengan konsentrasi berbeda pada 3 jenis tumbuhan sebagai percobaan, dapat dilihat pada data serapan yang tersaji pada Tabel 3. Serapan Pb dalam akar, paling tinggi terdapat pada tumbuhan *Salvinia* yang ditumbuhkan pada media dengan pemaparan semua konsentrasi Pb. Sedangkan serapan Pb dalam tajuk tertinggi terdapat pada tumbuhan *Salvinia*. Namun demikian, kemampuan mengakumulasi lebih baik untuk tumbuhan *Pistia* yang ditumbuhkan pada media dengan pemaparan Pb 10 mg/l, karena pada media dengan pemaparan lebih tinggi semua jenis tumbuhan sudah menurun pertumbuhannya.

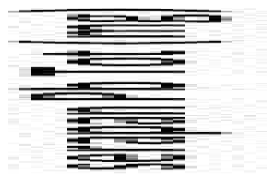
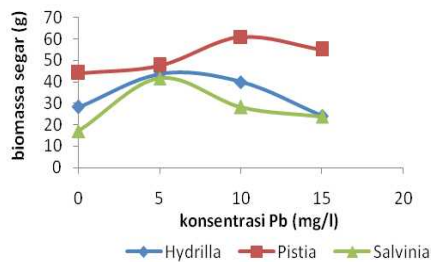
Tabel 3. Pengaruh Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap serapan Pb dalam akar(SPA), serapan Pb dalam tajuk (SPT), serapan Pb dalam tumbuhan (SPTot), pada *Hydrilla*, *Pistia* dan *Salvinia*.

Table 3. Effect of different Pb concentration on Pb absorption in root, shoot, and plant on *Hydrilla*, *Pistia*, and *Salvinia*.

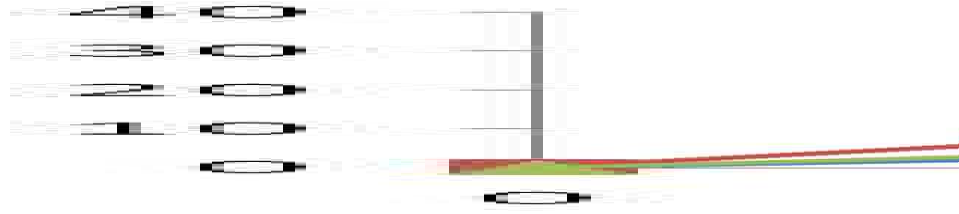
Perlakuan (mg/l)	SPA (mg)	SPT (mg)	SPTot (mg)
<i>Hydrilla</i> (0)	0,000 e	0,008 d	0,008 g
<i>Pistia</i> (0)	0,269 e	0,045 d	0,314 g
<i>Salvinia</i> (0)	0,000 e	0,057 d	0,057 g
<i>Hydrilla</i> (5)	0,914 e	3,984 c	4,898 f
<i>Pistia</i> (5)	13,745 c	0,469 d	14,214 c
<i>Salvinia</i> (5)	3,480 d	3,740 c	7,220 e
<i>Hydrilla</i> (10)	0,835 e	4,997 b	5,832 f
<i>Pistia</i> (10)	18,634 b	2,662 c	21.296 b
<i>Salvinia</i> (10)	5,090 d	5,247 b	10,337 d
<i>Hydrilla</i> (15)	0,000 e	0,246 d	0,246 g
<i>Pistia</i> (15)	27,458 a	3,204 c	30,662 a
<i>Salvinia</i> (15)	6,180 d	7,447 a	13,627 c

Keterangan : angka yang diikuti huruf berbeda pada kolom yang sama, menunjukkan beda nyata

Serapan Pb dalam akar tertinggi terdapat pada tumbuhan *Pistia*, sedangkan serapan Pb dalam tajuk tertinggi terdapat pada tumbuhan *Salvinia*, tetapi kandungan klorofil tertinggi terdapat pada tumbuhan *Hydrilla*. Apabila dilihat dari morfologi tubuhnya, maka *Pistia* mempunyai perakaran panjang dan lebat, sedangkan *Salvinia* perakarannya sangat pendek dan tipis, Dengan demikian sistem perakaran juga berpengaruh terhadap proses penyerapan. Pada *Hydrilla* , pertumbuhan akarnya sangat jarang, sebagian besar tubuhnya didominasi oleh tajuk.



a



b

Gambar 2. Pengaruh Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap *Hydrilla*, *Pistia*, dan *Salvinia*. (a) biomassa segar. (b) serapan Pb total dalam tumbuhan

Figure 2. Effect of different Pb concentration on *Hydrilla*, *Pistia*, and *Salvinia*. (a) fresh biomass, (b) total Pb absorption in plant

Adanya batas konsentrasi polutan yang dapat ditolerir oleh tumbuhan, menyebabkan teknik rizofiltrasi biasanya menggunakan jenis-jenis tumbuhan yang toleran terhadap polutan tertentu (Chaney *et al.*, 1997; Kambhampati and William, 2001). Konsentrasi polutan yang melebihi batas toleran menyebabkan tumbuhan mengalami stres dan akhirnya mati (Espinosa-quinones *et al.*, 2005; Akinola and Adedeji, 2007). Tumbuhan yang toleran terhadap senyawa polutan tertentu ditandai dengan serapan yang tinggi dan pertumbuhannya baik (Baker *et al.*, 1994; Brown *et al.*, 1995 a; Brown *et al.*, 1995 b). Pada Gambar 2 (a) dan (b) dapat diketahui pengaruh paparan Pb dengan konsentrasi berbeda terhadap *Hydrilla*, *Pistia* dan *Salvinia* terhadap biomassa segar dan serapan Pb total dalam tumbuhan. Jenis tumbuhan yang ideal untuk remediasi kontaminan logam berat adalah mempunyai pertumbuhan cepat, biomassa tinggi dengan sistem perakaran yang ekstensif serta mempunyai toleransi tinggi dan juga mampu mengakumulasi kontaminan dalam jumlah tinggi dalam tubuhnya (Volesky, 1994; Salt, 2000; Vangronsveld, 2000). Hasil pengamatan yang dilakukan 4 minggu setelah paparan Pb, maka dari semua data yang telah tersaji dalam tabel dan gambar dapat disimpulkan bahwa diantara 3 jenis tumbuhan yang dicobakan ternyata *Pistia* dapat digunakan sebagai fitoremediator melalui proses rizofiltrasi. Lama waktu paparan berpengaruh terhadap kemampuan tumbuhan untuk bertahan hidup (Odjegba and Fasidi, 2004; Rosa *et al.*, 2004).

Kesimpulan

Jenis tumbuhan air yang dapat digunakan sebagai fitoremediator melalui proses rizofiltrasi adalah *Pistia stratiotes* L dalam media tumbuh yang diberikan paparan Pb (NO_3)₂ dengan konsentrasi paling tinggi adalah 10 mg/l.

Daftar Pustaka

- Akinola, M.O. and Adedeji, O.A., 2007. Assessment of Lead Concentration in *Panicum maximum* Growing Along The Lagos-Ibadan Expressway, Nigeria. AJST.Science and Engineering Series. 8: 97-102.
- Baker, A.J.M., Reeves, R.D., and Hajar, A.S.M., 1994. Heavy Metal Accumulation and Tolerance in British Population of the Metalophyte *Thalaspicaerulescens*. New Phytol. 127: 61-68.
- Brown, S.L., Chaney, R.L., Angel, J.S., and Baker, J.M., 1995a. Zink and Cadmium uptake by hyperaccumulator *Thalspi caerulescens* grown in nutrient solution. Soil Sci Soc Am J:59: 125-133.
- Brown, S.L., Chaney, R.L., Angle, J.S., and Baker, J.M., 1995b. Zink and Cadmium uptake by hyperaccumulator *Thalspi caerulescens* and *Silene vulgaris* grown on sludge-amended soils in relation to total soil metals and soil pH. Environ Sci Technol 29: 1581-1585.
- Chaney, R.L., Brown, S.L., and Angle, J.S., 1997. Phytoremediation of Soil Metals . Curr Opini Biotechnol 8: 279-284
- Darmono, 1995. Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. UI Press, Jakarta.
- Espinoza-quinones, F.R., Zacarkim, C.E., Palacio, S.M., Obregon, C.L., Zenatti, D.C., Galante, R.M., Rossi, N., Pereira, I.R.A., and Welter, R.A., 2005 Removal of Heavy Metal from Polluted River Water Using Aquatic Macrophytes *Salvinia* sp. Brazilian Journal of Physics 35: 744-746.
- Fitter, A.H. and Hay, R.K.M., 1987. Environmental Physiology of Plants. Academic Press Inc., San Diego.
- Gareth, M.E. and Furlong, J.C., 2003. Environmental Biotechnologi, Theory and Application. John Wiley and Sons, England.
- Hernayanti, 2002. Efektivitas Tumbuhan Air (*Salvinia* sp.) dalam Menyerap Chrom pada Limbah Cair Industri Elektroplating. Tesis . Pasca Sarjana Ilmu Lingkungan UGM, Yogyakarta.
- Hernayanti dan Proklamasiningsih, E., 2005. Fitoremediasi Limbah Cair Batik Menggunakan Tumbuhan Air. Laporan Penelitian. Fakultas Biologi UNSOED.
- Hidayati, N., 2005. Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator. Hayati .12(1): 35-40.
- Jong, L.K., 1996. Akumulasi Pb dalam tanah dan cabai merah besar (*Capsicum annum*, L.) di beberapa lokasi jalan raya DIY. Skripsi. Fakultas Biologi Universitas Duta Wacana, Yogyakarta.
- Kaim, W. and Schwedesdeski, B., 1994. Bioinorganic Chemistry : Inorganic Elements in the Chemistry of life. John Wiley and Sons, England.
- Kambhampati, L.S. and Williams, L., 2001. Phytoremediation of Lead-Contaminated Soil Using *Mirabilis jalapa* L. Phytoremediation, Wetlands, and Sediments. The sixth International In situ and On-site Bioremedistion Symposium. 145-150.
- Kvesitadze, G., Khtisashvili, G., Sadunishvili, T., and Ramsden, J.J., 2006. Biochemical Mechanisms of Detoxification in Higher Plant (Basis of Phytoremediation). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Memon, A.R., Aktoprakligil, D., Ozdemir, A., and Vertii, A., 2001. Heavy Metal Accumulation and Detoxification Mechanism in Plant. Turk. J. Bot. 25: 111-121.
- Odjegba, V.J. and Fasidi, I.O., 2004. Accumulation of Trace Elements by *Pistia stratiotes*: Implications for phytoremediation. Ecotoxicology, 13: 637-646

- Pane, H. dan Hasanudin, A., 2001. Gulma Invasive Jajagron (*Echinochloa crusgali* L) dan Enceng gondok (*Eichornia crassipes*) di lahan bawah Irigasi. Makalah pada "Seminar Peringatan Hari Keanekaragaman Hayati 2001"
- Palar, H., 1995. Pencemaran dan toksikologi logamberat. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. i jalan tol Jagorawi: Analisis struktur anatomi dan histokimia. *Jurnal analisis lingkungan*. 2 (1): 117 -127
- Rangkuti, 2005. Kemampuan menyerap Timbal (Pb) beberapa jenis tanaman penghijauan di Jalan Tol Jagorawi: Analisis Struktur Anatomi dan Histokimia. *Jurnal Analisis Lingkungan*. 2 (1): 117 -127.
- Rosa, G., Gardea-Torresdey, J.L., Peralta-Videa, J.R., and Aldrich ,M., 2004. Effect of EDTA on Pb(II) Uptake and Translocation by Tumbleweed (*Salsola kali*) : Agar ang Hydroponics Studies. Symposia Papers Presented before the Division of Environmental Chemistry American Chemical Society. March 28 - April 1 2004.
- Salt, D.E., 2000. Phytoextraction: Present Applications and Future Promise. *Bioremediation of Contaminated Soils*. Marcek Dekler Inc., New York. pp 729-743.
- Stearns, J. C., Shah, S., and Glick, B.R., 2007. Increasing Plant Tolerance to Metal in the Environment. From: *Methods in Biotechnology*, vol. 23: *Phytoremediation: Methods and Reviews*, Edited by: N. Willey. Humana Press Inc., Totowa, NJ.
- Subbid Pemantauan, 2009. Sumber pencemar Timbal (Pb) da Alur Pajanan. <http://www.bplhdjabar.go.id/index.php/bidang-pengendalian/subid-pemantauan-pencemaran/168-pencemaran-pb-timbal?start=1>. (diakses 31 Desember 2009).
- Taiz, L. and Zeiger, E., 1998. *Plant Physiology*, second ed. Sinauer Ass. Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- Vangronsveld, J., 2000. Insitu Inactivation and Phytoremediation of Metal and Metalloid Contaminated soils: Field Experimnt di dalam Wise OL., Trontolo DJ., Cichan EJ., Inyang HI., Stottmeiser U (ed). *Bioremediation of Contaminated Soils* New York: Marcek Dekker Inc: 859-884.
- Volesky, B., 1994. Advances in Biosorption of Metals: Selection of Biomassa Types, *FEMS Microbiology Review* 14, hal. 291-301.
- Zayed, A., Gowthaman, S., and Terry, N., 1999. Phytoaccumulation of trace element by wetland: I Duckweed . *Journal of Environmental Quality* 27: 715-721.