



Studi Akumulasi Logam Tembaga (Cu) dan Efeknya terhadap Struktur Akar Mangrove (*Rhizophora mucronata*)

Irwan Dedy K^{*)}, Adi Santoso, Irwani

*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Kampus Tembalang, Semarang 50275 Telp/Fax. 024-7474698
email:irwan.dedy@gmail.com*

Abstrak

Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan, khususnya perairan. Cu merupakan logam berat yang membahayakan kesehatan manusia, namun Cu juga dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup sebagai elemen mikro. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian kontaminan Cu dengan konsentrasi yang berbeda terhadap struktur akar anakan mangrove *Rhizophora mucronata* selama 30 hari pengamatan. *Rhizophora mucronata* diambil dari Desa Tapak, Tugu, Semarang Jawa Tengah. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2012 di Kampus Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro Semarang. Penelitian berupa eksperimental laboratoris menggunakan rumah plastik dengan berbagai konsentrasi Cu (0; 20; 100 dan 500 ppm) sebagai perlakuan. Pengamatan struktur akar menggunakan mikroskop dilakukan di Laboratorium Tumbuhan Fakultas MIPA Universitas Diponegoro. Hasil penelitian struktur akar yang diamati meliputi epidermis, korteks, xilem dan floem. Selama 30 hari pengamatan, pemberian kontaminan Cu dengan konsentrasi 20; 100 dan 500 ppm tidak berpengaruh pada struktur akar *Rhizophora mucronata*. Struktur akar yang diberi kontaminan Cu tidak mengalami perubahan bentuk dibandingkan dengan kontrol (0 ppm)

Kata kunci : Tembaga; Akar; *Rhizophora mucronata*

Abstract

Copper metal (Cu) is one of the heavy metals that can contaminate the environment, especially water. Cu is a heavy metal which is harmful to human health, but Cu is also needed in our life as trace elements. This study aimed to determine the effect of Cu contaminants with different concentrations on the root structure of the mangrove seedlings *Rhizophora mucronata* for 30 days of observation. *Rhizophora mucronata* is taken from Tapak village, Tugu, Semarang, Central Java. The research was carried out from June to August 2012 at the Marine Science Campus of Diponegoro University Semarang. A laboratory experiment research was conducted on the effect of different Cu concentration (20, 100 and 500 ppm) and different exposure material (10, 20 and 30 days) on the root structure of mangrove *Rhizophora mucronata*. Root structure using microscopy observations performed at the Laboratory of Plant Faculty of Science and Mathematics, Diponegoro University. The result demonstrated that the root of epidermis, cortex, endodermis, xylem and phloem had no effect on their structure after exposure to concentration of Cu of 20, 100 and 500 ppm since there were not change on their shape compared to the control.

Keywords: Copper; Roots; *Rhizophora mucronata*

^{*)} Penulis penanggung jawab



PENDAHULUAN

Logam tembaga (Cu) merupakan salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan, khususnya perairan. Menurut Hadi dan Nusantari (2007), logam Cu merupakan logam berat yang sangat membahayakan kesehatan manusia, namun logam Cu juga dibutuhkan dalam kehidupan makhluk hidup sebagai elemen mikro.

Keracunan logam berat Cu bersifat kronis dan dampaknya baru terlihat setelah beberapa tahun. Logam berat Cu bersifat akumulatif di dalam tubuh organisme dan konsentrasinya mengalami peningkatan (biomagnifikasi) dalam tingkatan trofik yang lebih tinggi dalam rantai makanan. Biomagnifikasi berhubungan langsung dengan manusia yang menempati posisi tertinggi dalam rantai makanan pesisir, karena konsentrasi logam berat Cu yang dikandung dalam makanan yang dikonsumsi manusia telah mengalami peningkatan mulai dari komponen di tingkat dasar (produsen), sehingga manusia adalah makhluk hidup yang menanggung resiko biomagnifikasi paling tinggi. Keracunan Cu pada manusia menimbulkan dampak seperti kerusakan otak, demyelinasi, penurunan fungsi ginjal dan pengendapan tembaga pada kornea mata (Hadi dan Nusantari, 2007)

Mangrove merupakan tumbuhan tingkat tinggi di kawasan pantai yang dapat berfungsi untuk menyerap bahan-bahan organik dan non-organik sehingga dapat dijadikan bioindikator logam berat (Wittig 1993 dalam Amin, 2001). Melalui akarnya, vegetasi ini dapat menyerap logam-logam berat yang terdapat pada sedimen maupun kolom air dan dapat pula berpengaruh pada mangrove itu sendiri (Sukardjo dan Toro 1994 dalam Amin, 2001).

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh pemberian kontaminan logam berat tembaga (Cu)

dengan konsentrasi dan waktu pemaparan yang berbeda terhadap struktur akar anakan mangrove *Rhizophora mucronata*.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini menggunakan materi berupa akar anakan *Rhizophora mucronata* berumur 6 bulan, dan sedimen (tanah). Anakan mangrove berasal dari Desa Tapak, Kecamatan Tugu, Semarang. Selanjutnya anakan mangrove ditanam di Kampus Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental laboratoris menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Seluruh sampel penelitian ditanam di dalam pot yang berupa ember dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi 30 cm, lalu dimasukkan ke sebuah rumah plastik yang berukuran 6 m x 2,5 m x 4 m yang terbuat dari bambu dan plastik transparan.

Anakan mangrove tersebut ditanam dalam 1 pot yang berupa ember dengan ukuran diameter 50 cm dan tinggi 30 cm (lampiran 1). Dalam 1 ember ditanam 4 buah anakan mangrove. Ketinggian sedimen dari dasar ember adalah 15 cm. Mangrove dipelihara selama 2 minggu dengan pH 7-8 dalam suhu kamar 28-30°C dan dengan salinitas 28-33 ‰.

Penelitian menggunakan 3 perlakuan konsentrasi Cu yang berbeda ditambah 1 perlakuan Kontrol (tanpa logam Cu), konsentrasi pada penelitian ini yaitu 20; 100; dan 500 ppm. Logam Cu yang digunakan dalam penelitian adalah senyawa logam Cu dalam bentuk serbuk dengan rumus kimia $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

Konsentrasi-konsentrasi tersebut diperoleh dengan cara melakukan pengenceran dari larutan induk (*stock solution*) Cu yang berkonsentrasi 1000 ppm dan diencerkan ke dalam aquadest sesuai dengan perlakuan konsentrasi yang dikehendaki (digunakan sebagai air

penyiram tanaman). Selanjutnya larutan air laut + kontaminan Cu yang dibuat sesuai masing-masing perlakuan konsentrasi disiramkan ke dalam ember-ember tanaman mangrove hingga menggenang \pm 5 cm di atas permukaan media tanah. Setiap perlakuan percobaan dilakukan pengulangan 3 kali.

Analisis struktur, sampel akar diambil dari anakan mangrove, dipotong dengan menggunakan *cutter*, dicuci dengan air mengalir hingga bersih dari sedimen. Bagian akar yang akan diamati diambil sekitar 1-1,5 cm dari ujung akar. Masing-masing diambil 3 potongan dari dua pohon untuk setiap konsentrasi. Pengamatan histologi jaringan *R.mucronata* dilakukan dengan memotong organ tumbuhan setipis mungkin dengan menggunakan mikrotom, irisan jaringan yang didapat direndam dalam pewarna safranin, kemudian dibersihkan dan ditetesi dengan cairan gliserin (gliserin berfungsi untuk melapisi preparat), setelah itu diamati di bawah mikroskop (Arisandy *et.a.l*, 2012)

Sampel akar mangrove yang sudah diambil kemudian dilakukan preparasi sebelum masuk ke dalam tahapan analisis logam berat dengan AAS (*Atomic Absorbtion Spectrophotometry*).

Analisa data akumulasi logam pada mangrove dilakukan dengan cara menghitung konsentrasi logam pada sedimen, akar dan daun. Perbandingan antara konsentrasi logam di akar dengan konsentrasi di sedimen dikenal dengan *bio-concentration factor* (BCF). BCF pada akar dihitung untuk mengetahui seberapa besar konsentrasi logam pada akar yang berasal dari lingkungan (MacFarlane *et al.*, 2007). Jika nilai $BCF > 1000$ = kemampuan tinggi kemudian $1000 > BCF > 250$ = kemampuan sedang dan $BCF < 250$ = kemampuan rendah.

Jaringan akar dianalisis secara kualitatif dengan membandingkan preparat yang diamati menggunakan mikroskop.

Pengukuran jaringan akar seperti epidermis, korteks dan endodermis dilakukan dari hasil yang sudah didapatkan. Diasumsikan pengukuran sama karena menggunakan skala yang sama yaitu 1:100. Hasil pengukuran menggunakan satuan millimeter (mm), lalu data tersebut diuji dengan menggunakan uji signifikansi atau uji-t untuk melihat apakah data pengukuran yang didapat berbeda atau tidak dengan kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Logam Berat Cu pada Akar *R. mucronata*

Pemberian logam berat Cu selama waktu pemaparan 10, 20 dan 30 hari pada akar dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 20 ppm, 100 ppm dan 500 ppm disajikan berturut-turut pada tabel 1, 2 dan 3 berikut ini.

Tabel 1. Akumulasi Logam Berat Cu pada Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-10

No	Parameter	Rerata \pm Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	16.500 \pm 1.762
2	Cu 100 ppm	17.900 \pm 1.165
3	Cu 500 ppm	19.610 \pm 0.771

Keterangan: n=3

Tabel 2. Akumulasi Logam Berat Cu pada Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-20

No	Parameter	Rerata \pm Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	17.529 \pm 2.173
2	Cu 100 ppm	20.391 \pm 1.692
3	Cu 500 ppm	29.021 \pm 1.953

Keterangan: n=3

Tabel 3. Akumulasi Logam Berat Cu pada Akar Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-30

No	Parameter	Rerata ± Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	19.551 ± 2.034
2	Cu 100 ppm	26.411 ± 2.524
3	Cu 500 ppm	40.702 ± 2.131

Keterangan: n=3

Hal ini menunjukkan semakin besar konsentrasi yang dipaparkan maka semakin besar konsentrasi akumulasi pada *Rhizophora mucronata*. Hal ini karena akar merupakan organ tanaman yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dan sekaligus organ yang kontak langsung dengan media tanam, maka tingginya konsentrasi logam pada tanah akan mempengaruhi tingginya kandungan logam pada akar tanaman yang ada di dalamnya (Rismawati, 2012).

Kandungan Logam Berat Cu pada Daun *R. mucronata*

Pemberian logam berat Cu selama waktu pemaparan 10, 20 dan 30 hari pada daun dengan konsentrasi yang berbeda yaitu 20 ppm, 100 ppm dan 500 ppm disajikan berturut-turut pada tabel 4, 5 dan 6 berikut ini.

Tabel 4. Akumulasi Logam Berat Cu pada Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-10

No	Parameter	Rerata ± Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	2.63 ± 0.645
2	Cu 100 ppm	3.02 ± 0.454
3	Cu 500 ppm	4.34 ± 0.763

Keterangan: n=3

Tabel 5. Akumulasi Logam Berat Cu pada Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-20

No	Parameter	Rerata ± Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	3.234 ± 0.984
2	Cu 100 ppm	4.274 ± 0.729
3	Cu 500 ppm	10.462 ± 1.691

Keterangan: n=3

Tabel 6. Akumulasi Logam Berat Cu pada Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* pada hari ke-30

No	Parameter	Rerata ± Standar Deviasi
1	Cu 20 ppm	4.030 ± 0.587
2	Cu 100 ppm	7.250 ± 0.737
3	Cu 500 ppm	14.785 ± 1.270

Keterangan: n=3

Menurut pendapat Shanker *et.al* (2005), menyebutkan bahwa logam berat lebih banyak diserap pada bagian akar daripada bagian daun. Selain itu, menurut pendapat Prihandrijanti *et.al* (2009) akar tumbuhan memiliki kemampuan mentraslokasikan logam berat lebih banyak dibandingkan bagian tunas atau pucuk.

Akumulasi dan Translokasi Logam Berat Cu

Hasil analisis menunjukkan bahwa kandungan logam Cu awal pada sedimen adalah sebesar 0,72 mg/kg, sedangkan akumulasi logam berat Cu di sedimen pada berbagai konsentrasi perlakuan dan waktu pemaparan selama 30 hari yaitu 14,38 mg/kg (perlakuan konsentrasi 20 ppm), 91,27 mg/kg (perlakuan konsentrasi 100 ppm), dan tertinggi pada perlakuan konsentrasi 500 ppm yaitu sebesar 418,29 mg/kg.

Pada dasarnya, tumbuhan mempunyai daya toleransi dan mengakumulasi logam berat dan hal ini berkaitan dengan tujuan fitostabilisasi. *Bioconcentration factors* (BCF) dan

Translocation factors (TF) dapat digunakan untuk menduga tumbuhan yang dapat dijadikan sebagai fitoremediasi.

Tabel 7. Nilai Faktor Biokonsentrasi Cu dari Sedimen ke Akar *Rhizophora mucronata* pada Akhir Penelitian (hari ke-30)

Perlakuan	Konsentrasi Cu pada Akar (ppm)	Konsentrasi Cu pada Sedimen (ppm)	BCF
20 ppm	19,551	14,38	1,359
100 ppm	26,411	91,27	0,289
500 ppm	40,702	418,29	0,097

Tabel 8. Nilai Faktor Biokonsentrasi Cu dari Sedimen ke Daun *Rhizophora mucronata* pada Akhir Penelitian (hari ke-30)

Perlakuan	Konsentrasi Cu pada Akar (ppm)	Konsentrasi Cu pada Sedimen (ppm)	BCF
20 ppm	4,03	14,38	0,280
100 ppm	7,25	91,27	0,079
500 ppm	14,785	418,29	0,035

Tabel 9. Nilai Faktor Translokasi Cu dari Akar ke Daun *Rhizophora mucronata* pada Akhir Penelitian (hari ke-30)

Perlakuan	Konsentrasi Cu pada Daun (ppm)	Konsentrasi Cu pada Akar (ppm)	TF
20 ppm	4,03	19,551	0,206
100 ppm	7,25	26,441	0,274
500 ppm	14,785	40,702	0,363

Tabel 10. Fitoremediasi pada Akar dan Daun *Rhizophora mucronata* pada Akhir Penelitian (hari ke-30)

Perlakuan	FTD
20 ppm	$0,280 - 0,206 = 0,074$
100 ppm	$0,079 - 0,274 = 0,195$
500 ppm	$0,035 - 0,363 = 0,328$

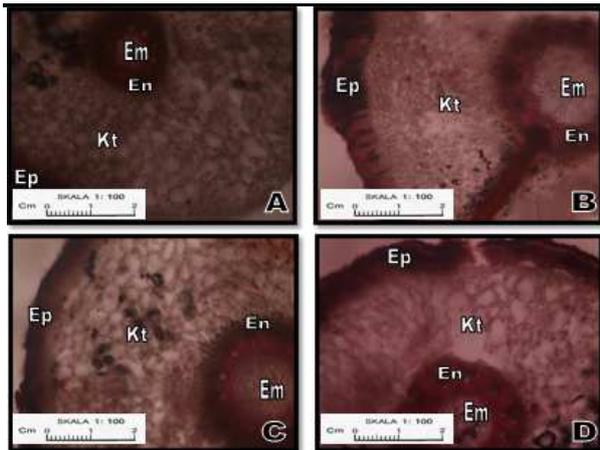
Adanya akumulasi logam berat Cu pada bagian akar dan daun mengindikasikan adanya mekanisme fitoremediasi. Fitoremediasi adalah pemanfaatan tumbuhan untuk meminimalisasi dan mendetoksifikasi polutan, karena tumbuhan mempunyai kemampuan menyerap logam dan mineral yang tinggi dari media tanamnya.

Mekanisme fitoremediasi yang mungkin terjadi pada *R. mucronata* berdasarkan data yang didapat pada penelitian ini adalah *Rhizofiltration* dan *Phytoextraction* (*Phytoaccumulation*). *Rhizofiltration* merupakan proses dimana adsorpsi atau pengendapan zat kontaminan dilakukan oleh akar (Salt dan Baker, 1998). Mekanisme *Rhizofiltration* mungkin terjadi karena dari data yang didapatkan, akumulasi logam Cu terbanyak terdapat pada bagian akar. Secara umum *Rhizofiltration* mempunyai kemampuan lebih efektif dalam mengolah logam berat. Hal tersebut dapat terjadi karena akar tumbuhan mempunyai peranan afinitas yang tinggi dan sistem transport aktif secara biologis dalam mengakumulasi logam-logam (Dita, 2008).

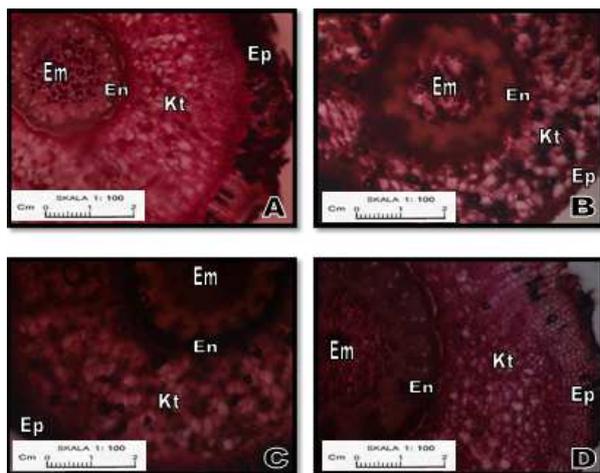
Struktur Jaringan Akar Mangrove *Rhizophora mucronata*

Pengamatan histologi akar mangrove *R. mucronata* menunjukkan tidak ada perbedaan antara histologi kontrol dan yang dikenakan pemaparan Cu.

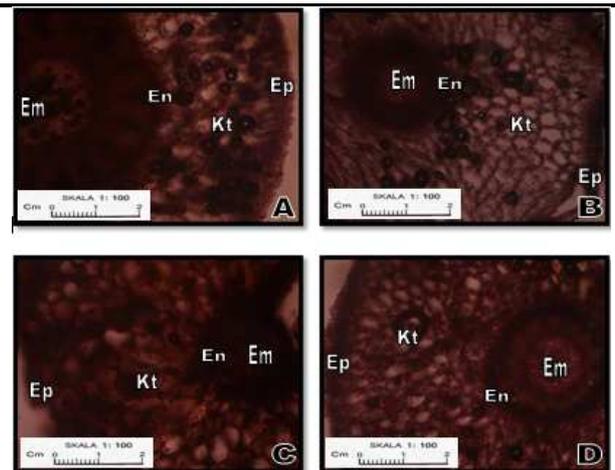
Hasil pengamatan dengan perbesaran 10x10 jaringan akar setelah pemberian logam berat Cu selama 10 hari disajikan pada gambar 1. Kemudian hasil pengamatan jaringan akar setelah pemberian logam berat Cu selama 20 hari disajikan pada gambar 2 dan hasil pengamatan jaringan akar setelah pemberian logam berat Cu selama 30 hari disajikan pada gambar 3.



Gambar 1. Penampang melintang akar *Rhizophora mucronata* pada hari ke-10, 1A= 0 ppm; 1B= 20 ppm; 1C= 100 ppm; dan 1D= 500 ppm. (Ep= epidermis; Kt= korteks; En= endodermis; dan Em= empulur).



Gambar 2. Penampang melintang akar *Rhizophora mucronata* pada hari ke-20, 2A= 0 ppm; 2B= 20 ppm; 2C= 100 ppm; dan 2D= 500 ppm. (Ep= epidermis; Kt= korteks; En= endodermis; dan Em= empulur).



Gambar 3. Penampang melintang akar *Rhizophora mucronata* pada hari ke-30, 3A= 0 ppm; 3B= 20 ppm; 3C= 100 ppm; dan 3D= 500 ppm. (Ep= epidermis; Kt= korteks; En= endodermis; dan Em= empulur).

Hasil pengukuran jaringan *R. mucronata* hari ke 10, 20 dan 30 disajikan pada tabel 11, tabel 12 dan tabel 13.

Tabel 11. Hasil Pengukuran Jaringan Akar *Rhizophora mucronata* pada Hari ke 10 Penelitian.

Jaringan	Konsentrasi			
	0	20	100	500
Korteks	4 mm	4,2 mm	4,6 mm	3,3 mm
Endodermis	1,4 mm	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
Empulur	1,7 mm	1,4 mm	1,8 mm	2,1 mm

Tabel 12. Hasil Pengukuran Jaringan Akar *Rhizophora mucronata* pada Hari ke 20 Penelitian.

Jaringan	Konsentrasi			
	0	20	100	500
Korteks	3,8 mm	2,9 mm	3,5 mm	3,5 mm
Endodermis	1,2 mm	1,2 mm	0,9 mm	1,3 mm
Empulur	2,1 mm	1,7 mm	2,2m	2,3 mm



Tabel 13. Hasil Pengukuran Jaringan Akar *Rhizophora mucronata* pada Hari ke 30 Penelitian.

Jaringan	Konsentrasi			
	0	20	100	500
Korteks	4,1 mm	4,3 mm	4,1 mm	4,7 mm
Endodermis	1,6 mm	1,3 mm	0,9 mm	1,4 mm
Empulur	1,2 mm	0,9 mm	1,4 mm	1,8 mm

Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa $p\text{-value} > 0,05$ yang berarti konsentrasi yang diberikan tidak berpengaruh terhadap perubahan struktur jaringan korteks, endodermis dan empulur.

Rhizophora mucronata memiliki strategi dalam akumulasi logam berat Cu. Pada konsentrasi Cu di lingkungan yang rendah, *Rhizophora mucronata* akan bersifat sebagai phytostabilisator. Namun, pada konsentrasi Cu yang tinggi di lingkungan, *Rhizophora mucronata* akan bersifat sebagai phytoextractor dimana logam berat akan di distribusi ke seluruh jaringan tanaman sampai daun, melalui proses uptake pada akar, ditahan (retention) pada jaringan, dan dilepas/dikembalikan (return) ke lingkungan melalui pelepasan daun (Chaney *et al.*, 1998).

KESIMPULAN

Mangrove *Rhizophora mucronata* mengakumulasi logam Cu dan paparan konsentrasi yang berbeda yaitu 20 ppm, 100 ppm dan 500 ppm dan waktu paparan 30 hari tidak menimbulkan perubahan yang signifikan terhadap struktur akar anakan mangrove *Rhizophora mucronata*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang membantu untuk pembuatan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, B. 2001. *Akumulasi dan Distribusi Logam Berat Pb dan Cu pada Mangrove (Avicenia Marina) di Perairan Pantai Dumai, Riau*. Jurnal Natur 4 (1): 85-90.
- Arisandy, K.R., E.Y. Herawati, dan E. Suprayitno. 2012. *Akumulasi Logam Berat Timbal (Pb) dan Gambaran Histologi pada Jaringan Avicennia marina (forsk.) Vierh di Perairan Pantai Jawa Timur*. Jurnal Penelitian Perikanan 1(1): 15-25
- Chaney R.L., S.L. Brown, dan J.S. Angle. 1998. *Soil-root interface: Food chain contamination and ecosystem health*. Madison WI: Soil Sci Soc Am 3:9-11.
- Dita, R. 2008. *Fitoremediasi Tanah Tercemar Kromium Menggunakan Tanaman Angsana (Pterocarpus indicus)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- Hadi, S., dan Nusantari, D. F., 2007. *Penggunaan Bibit Mangrove Rhizophora stylosa Sebagai Bioindikator Akumulasi Logam Tembaga (Cu)*. Jurnal Pijar MIPA 2 (2) September 2007: 58-62.
- Prihandrijanti, M., T. Lidiawati, E. Indrawan, H. Winanda, dan H. Gunawan, 2009. *Fitoremediasi dengan enceng gondok dan Kiambang Untuk Menurunkan Konsentrasi Deterjen, Minyak Lemak dan Krom Total*. SNTKI. Bandung
- Rismawati, S.I. 2012. *Fitoremediasi Tanah Tercemar Logam Berat Zn Menggunakan Tanaman Jarak pagar (Jatropha curcas)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Salt, D.E dan A.J.M. Baker. 1998. *Phytoremediation Of Metals Biotechnology Environmental Process I*. Vol II.B.Wiley.VCH. Germany.



Shanker A.K, C. Cervantes, T.H. Loza, dan S. Avudainayagam, 2005. *Chromium toxicity in plants. Enveiron. Int 31 (5): 739-753* Yoon JC, Xinde Z, Qixing, Ma LQ, 2006. *Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. Science of the Total Environment: 456-464*