

ELIMINASI LOGAM BERAT KADMIUM DALAM AIR LIMBAH MENGGUNAKAN TANAMAN AIR

Tuti Suryati dan Budhi Priyanto
Peneliti di Balai Tekonologi Lingkungan
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Aquatic plants (Eichornia crassipes, Pistia stratiotes and Salvinia cucullata) were grown in a nutrient solution in the presence of Cd ion (0,2 mg/L). Analysis were performed to established whether there was a removal of Cd in solution and there was accumulation of Cd in the roots and shoots of the plants. Analysis of Cd concentrations in water was performed everyday and at the end of the experiment the shoot and root of the plants was harvested. The results showed that Cd concentrations in all solutions declined until tenth day. Eichornia crassipes could remove Cd in solution completely by six days. While Pistia stratiotes and Salvinia cucullata of Cd removal rate were 93,5 % and 77,4 %, respectively. Root to shoot concentration ratio of Cd was 36 for Eichornia crassipes and 10 for Pistia stratiotes.

Kata kunci : *Eichornia crassipes, Pistia stratiotes, Salvinia cucullata*, logam berat, kadmium, fitoremediasi, akumulasi.

1. PENDAHULUAN

Teknik pengolahan limbah menggunakan tanaman dikenal dengan istilah fitoremediasi. Secara lengkap istilah fitoremediasi adalah penggunaan tanaman, termasuk pohon-pohonan, rumput-rumputan dan tanaman air, untuk menghilangkan atau memecahkan bahan-bahan berbahaya baik organik maupun anorganik dari lingkungan. Aplikasi teknologi ini telah dilakukan secara komersial seperti di USA dan Eropa⁽¹⁾, sedangkan di Indonesia sendiri teknologi ini masih relatif baru.

Pengetahuan bahwa tanaman *aquatic* (air) dan *semiaquatic* seperti *Eichornia crassipes* (eceng gondok), *Hydrocotyle umbellata*, *lemna minor* dan *Azolla pinnata*, dapat menyerap logam berat timbal (Pb), tembaga (Cu), kadmium (Cd), besi (Fe) dan merkuri (Hg) dari larutan terkontaminasi telah lama diketahui. Kemampuan ini sekarang digunakan dalam beberapa kontruksi lahan basah dan mungkin mejadi efektif dalam menghilangkan beberapa logam berat seperti bahan organik dari air⁽²⁾. Kemampuan tanaman air tersebut dalam mengabsorpsi logam berat dilakukan melalui akarnya⁽³⁾. Dalam teknologi fitoremediasi teknik ekstraksi logam dari air

melalui akarnya dikenal dengan istilah rizhofiltrasi⁽¹⁾. Beberapa contoh penelitian mengenai tehnik ini sebagai berikut : Pinto, C.L.R. dkk. (1987), telah melakukan penelitian akumulasi dan rekoveri logam perak (Ag) menggunakan eceng gondok. Sesudah kultivasi selama 24 jam dalam larutan yang mengandung Ag dengan konsentrasi awal 40 mg/L, menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata logam Ag adalah 8000 mg/g bahan kering atau sekitar 70% dari konsentrasi awal larutan⁽³⁾. Selanjutnya SK Jain dkk. (1989) meneliti absorpsi besi (Fe) dan tembaga (Cu) oleh tanaman air *Lemna minor* L. dan *Azolla pinnata*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tanaman *Lemna* dan *Azolla* dapat menurunkan konsentrasi Fe dan Cu secara efektif pada konsentrasi rendah sampai 6-8 hari pengolahan⁽⁴⁾. Dari contoh diatas terbukti bahwa tanaman air mempunyai potensi untuk menyerap logam berat dari air, sehingga kemungkinan dapat digunakan untuk pengolahan limbah yang mengandung logam berat sangat besar.

Berdasarkan pada penjelasan di atas dan dalam rangka mencari tanaman air lokal yang efektif menyerap logam berat, maka dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui penurunan konsentrasi logam berat Cd dari air menggunakan tiga tanaman air yaitu eceng gondok (*Eichornia crassipes*), kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kayambang (*Salvinia cucullata*). Tanaman ini adalah jenis tanaman mengapung (*floating*). Jenis tanaman ini dapat

digunakan untuk pengolahan limbah karena tingkat pertumbuhannya tinggi dan kemampuannya untuk menyerap hara langsung dari kolom air. Akarnya menjadi tempat filtrasi dan adsorpsi padatan tersuspensi dan pertumbuhan mikroba yang dapat menghilangkan unsur-unsur hara dari air⁽⁵⁾. Pertumbuhan tanaman dan kemampuan bioakumulasi ketiga tanaman diatas juga diamati. Penggunaan logam Cd dalam penelitian ini dilakukan mengingat logam ini adalah logam yang banyak mencemari tanah dan perairan dengan konsentrasi yang cukup tinggi dan logam ini dapat terakumulasi dalam tubuh suatu organisme sehingga sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Pengaruh toksik logam Cd pada manusia diantaranya adalah kerusakan ginjal, jaringan testikular, sel-sel butir darah merah dan dapat merusak tulang⁽⁶⁾.

2. BAHAN DAN METODE

Tanaman air yang digunakan adalah eceng gondok (*Eichornia crassipes*), kayu apu (*Pistia stratiotes*) dan kayambang (*Salvinia cucullata*). Tanaman tersebut dikumpulkan dari perairan sekitar kawasan PUSPIPTEK Serpong. Sebelum percobaan dimulai dilakukan adaptasi terhadap tanaman tersebut dengan menanamnya dalam air yang mengandung NPK selama seminggu.

Setelah seminggu dilakukan pemilihan tanaman, menimbanginya dan menanamnya dalam air yang mengandung media dan logam berat kadmium (Cd) dengan konsentrasi awal 0,2 ppm dan pH larutan 5,5. Tanaman tersebut ditanam dalam bak-bak PVC (polivinil klorida) yang berukuran 130x13x11 cm dengan volume media 12 L/bak. Setiap tanaman yang ditimbang kira-kira dapat menutupi luas permukaan bak sebesar 60% dari luas permukaan keseluruhan. Setiap percobaan menggunakan tiga bak (3 ulangan) dan dibuat juga kontrol yaitu bak berisi larutan yang sama tetapi tanpa tanaman. Media yang digunakan adalah larutan Hoagland's E (UTCC) modifikasi Fe. Komposisi larutan tersebut dicantumkan dalam tabel 1.

Pengambilan sampel air dari outlet dilakukan setiap hari sampai hari ke 10, dan pada saat yang bersamaan dilakukan penambahan larutan media yang mengandung Cd dari inlet sebanyak 1,2 L

per hari. Sampel tersebut kemudian dianalisa kadar kadmiumnya (Cd) dengan Spektrofotometer Absorpsi Atom (AAS) model AA-64015 merk Shimadzu.

Tabel -1. Komposisi media Hoagland's E (UTCC)

Jenis Unsur	Nama Bahan	Konsentrasi mg/L
Makro	CaNO ₃	1085,6
	KH ₂ PO ₄	136
	KNO ₃	505
	MgSO ₄ .7H ₂ O	492
Fe	FeSO ₄ .7H ₂ O	3,1968
	Na ₂ -EDTA.2H ₂ O	5,18
Mikro	H ₃ BO ₃	2,86
	MnCl ₂ .4H ₂ O	1,82
	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0,22
	Na ₂ MoO ₄ .2H ₂ O	0,09
	CuSO ₄ .5H ₂ O	0,09

Pada akhir percobaan dilakukan pengambilan sampel tanaman, menimbanginya dan mengeringkannya dalam oven suhu 105°C. Setelah kering dilakukan penimbangan lagi untuk mengetahui berat keringnya. Kemudian sampel tersebut diabukan dalam *muffle furnace* suhu 500°C sampai menjadi abu, kemudian ditambahkan asam nitrat pekat pa dan dipanaskan sampai larut. Setelah destruksi disaring dan dimasukkan ke dalam labu ukur dan diencerkan sampai tanda tera. Larutan tersebut siap untuk dinalisa kandungan Cd-nya dengan AAS. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan Analisis Varian (Anava) pada taraf kepercayaan 95% atau uji F pada p≤0,05 untuk mengetahui pengaruh tanaman terhadap waktu pemaparan, dan dilakukan uji Newmans-Keuls untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (antar jenis tanaman) dan antar hari pengamatan pada p≤0,05.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsentrasi Cd dalam air

Hasil analisa Cd dengan AAS terhadap sampel air dicantumkan dalam gambar 1. Dari data tersebut terlihat bahwa semua sampel air dari bak yang berisi tanaman sampai hari ke 10 menunjukkan konsentrasi Cd yang lebih kecil dibandingkan sampel air dari bak yang tidak diisi tanaman (bak kontrol), diperkirakan bahwa tanaman telah menyerap sebagian Cd dari larutan medium. Hasil uji F dengan p≤0,05 menunjukkan bahwa konsentrasi Cd dalam bak kontrol berbeda nyata dengan bak berisi tanaman, hal ini menunjukkan bahwa tanaman

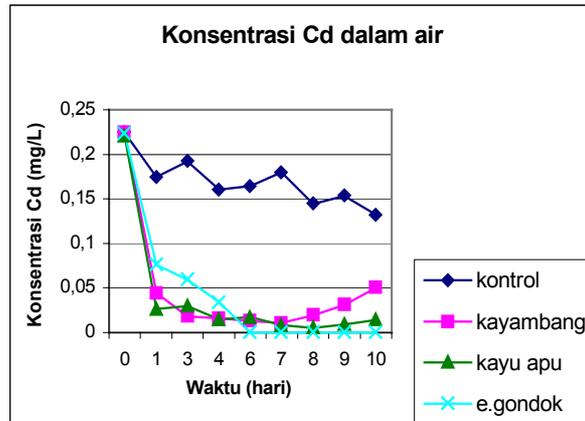
telah nyata berpengaruh dalam menurunkan konsentrasi Cd dalam larutan/air.

Pada gambar 1 terlihat bahwa konsentrasi Cd pada bak kontrol dan bak berisi tanaman menunjukkan adanya penurunan. Walaupun terjadi fluktuasi nilai konsentrasi Cd pada bak kontrol tetapi menurut hasil uji F pada $p \leq 0,05$ menunjukkan bahwa antara hari ke 0 dan hari lainnya tidak menunjukkan adanya perbedaan, sehingga dapat dikatakan konsentrasi hari ke 0 dan hari lainnya adalah sama. Untuk bak berisi tanaman, uji tersebut menunjukkan bahwa antara hari ke 0 dan hari lainnya berbeda secara nyata. Pada bak yang berisi eceng gondok perbedaan terjadi antara hari ke 0 dan hari lainnya, juga antara pengamatan hari ke 6 dengan hari sebelumnya. Dengan demikian waktu tinggal yang efektif untuk bak ini adalah 6 hari dengan persentase penurunan sampai 100 % atau konsentrasi Cd dalam air nol ppm.

Untuk bak berisi kayambang terdapat perbedaan antara hari ke 0 dengan hari yang lainnya, juga antara hari ke 1 dengan hari ke 3, sedangkan antara hari ke 3 dan seterusnya dengan hari ke 4 dan seterusnya tidak terdapat perbedaan. Maka untuk tanaman kayambang diperlukan waktu 3 hari untuk menurunkan konsentrasi Cd dalam air dengan persentase penurunan 92,04% atau konsentrasi Cd 0,016 ppm. Konsentrasi tersebut masih berada di atas ambang batas. Pemaparan sampai hari ke 7 memberikan penurunan konsentrasi yang lebih besar yaitu 95,45% atau konsentrasi 0,0107 ppm tetapi masih tetap berada di atas ambang batas.

Untuk kayu apu hasil uji Newman-Keuls menunjukkan bahwa antara hari ke 0 dengan hari yang lainnya menunjukkan adanya perbedaan, begitu pula antara hari ke 1 dengan hari ke 3 dan dan antara hari ke 3 dengan hari ke 4, sedangkan antara hari ke 4 dengan hari ke 5 dan seterusnya tidak terdapat perbedaan. Persentase penurunan sampai hari ke 4 tersebut sebesar 93,23%. Walaupun hari ke 8 tidak menunjukkan perbedaan konsentrasi dengan hari ke 4 menurut uji Newman-Keuls tetapi penurunan konsentrasi pada hari tersebut memberikan hasil yang cukup berarti dengan nilai penurunan

konsentrasi sebesar 97,79% dan merupakan penurunan konsentrasi maksimal.



Gambar 1. Grafik penurunan konsentrasi Cd dalam air.

Tabel-2. Persentase penurunan konsentrasi Cd.

Jenis Tanaman	Penurunan konsentrasi Cd pada hari ke – (%)							
	1	3	4	6	7	8	9	10
Kontrol	11.02	14.45	28.32	26.76	19.94	35.46	31.62	40.95
Kayambang	80.1	92.04	92.84	94.35	95.23	91.51	86.89	77.38
Kayu apu	88.14	86.6	93.23	92.19	96.34	97.79	95.8	93.50
Eceng gondok	65.84	73.52	84.61	100	100	100	100	100

3.2. Pertumbuhan Tanaman

Dari data berat segar pada tabel 3 terlihat bahwa sampai hari ke 10 semua tanaman mengalami penambahan berat biomassa. Hal ini menunjukkan bahwa semua tanaman dapat tumbuh pada larutan yang mengandung Cd pada konsentrasi awal 0,2 ppm, meskipun mungkin pertumbuhannya terhambat, karena dari literatur Cd yang diketahui dapat terakumulasi dalam berbagai bagian tanaman dapat menurunkan pertumbuhan⁽⁶⁾, menghambat fotosintesis⁽⁷⁾ dan karena itu sangat mempengaruhi produksi biomassa⁽⁸⁾. Dari hasil penelitian ini kecepatan pertumbuhan tertinggi sampai hari ke 10 dicapai oleh kayu apu sebesar 186,075%, kedua eceng gondok sebesar 159,427% dan kayambang sebesar 86,577%.

Walaupun mengalami penambahan biomassa seperti yang dinyatakan dalam berat segar, semua tanaman mengalami gejala pertumbuhan yang berbeda dari tanaman normal. Pengamatan morfologi terhadap ketiga tanaman tersebut memperlihatkan warna daun muda menjadi kuning, yang sangat nampak sekali terlihat pada tanaman kayambang, sedangkan tanaman kayu apu dan eceng gondok hanya sedikit memperlihatkan gejala di atas.

Tabel-3. Pertumbuhan biomassa tanaman.

Jenis Tanaman	Berat segar (gram)		Penambahan berat segar (%)
	Hari ke 0	Hari ke 10	
Kayambang	71.933	131.333	82.577
Kayu apu	138.6	396.5	186.075
Eceng gondok	166.367	431.6	159.427

Selain itu tanaman kayambang juga menunjukkan ukuran daun yang lebih kecil dari ukuran normalnya sedangkan pada eceng gondok dan kayambang tidak begitu nampak perbedaannya dengan tanaman normal. Hasil di atas menunjukkan bahwa Cd telah memperlihatkan efek fitotoksisitas terhadap tanaman terutama kayambang. Gejala toksisitas tersebut diperlihatkan oleh ukuran daun yang menjadi lebih kecil dan warna daun menjadi kuning yang menunjukkan adanya penghambatan terhadap pembentukan klorofil. Hal ini sama dengan yang ditunjukkan oleh beberapa peneliti lain, yang menyatakan bahwa konsentrasi Cd yang tinggi biasanya menyebabkan pertumbuhan terhambat, daun menjadi kecil, keriting/melipat, pembentukan klorofil terhambat, tepi daun dan uratnya memperlihatkan warna coklat kemerahan⁽⁷⁾.

Pengamatan terhadap pertumbuhan tanaman ini penting karena penghilangan logam dari air limbah akan bergantung pada kemudahan pertumbuhan tanaman dan hasil biomasanya pada kondisi aplikasi. Selanjutnya kecepatan pertumbuhan dan hasil biomassa adalah faktor penting dalam aplikasi tanaman untuk digunakan dalam pembuatan bahan bakar, pupuk, bahan kimia dan lain-lain⁽³⁾.

3.3. Akumulasi Cd dalam Jaringan Tanaman

Hasil analisa Cd dalam jaringan tanaman sebelum percobaan menunjukkan bahwa tidak terdapat logam Cd baik dalam daun maupun akar tanaman kayu apu dan kayambang, sedangkan dalam eceng gondok kandungan Cd hanya terdapat dalam akar, yaitu sebesar 0,03 ppm.

Tabel 4 menyajikan konsentrasi rata-rata Cd dalam jaringan tanaman

setelah percobaan. Dari tabel tersebut terlihat bahwa konsentrasi tertinggi terdapat dalam akar daripada dalam daun baik pada kayu apu maupun eceng gondok. Konsentrasi Cd dalam kayambang sebesar 149,384 mg/Kg dihasilkan dari keseluruhan jaringan tanaman karena tanamannya kecil sehingga kesulitan teknis untuk memisahkan akar dan daun.

Rasio nilai konsentrasi Cd dalam akar/daun pada tanaman eceng gondok yaitu sebesar 36 lebih besar daripada tanaman kayu apu yang nilainya 10. Hal ini berarti eceng gondok lebih banyak mengakumulasi Cd dalam jaringan akarnya sedangkan kayu apu lebih mampu untuk mentranslokasikan Cd dari akar ke bagian atas akar (daun).

Tabel-4. Konsentrasi Cd dalam jaringan tanaman.

Jenis Tanaman	Konsentrasi Cd (mg/Kg)		Rasio Konsentrasi Akar/Daun
	Daun	Akar	
Eceng gondok	5,886	215,574	36,62
Kayu apu	23,121	250,934	10,81
Kayambang	149,384		-

Tabel-5. Berat Cd yang diakumulasi oleh Tanaman

Jenis Tanaman	Berat Cd (mg)			Akumulasi (%)
	Daun	Akar	Total	
Eceng gondok	0,097	1,100	1,197	26,06
Kayu apu	0,297	0,775	1,072	23,49
Kayambang	1,434		1,434	31,11

Tabel 5 menyajikan nilai akumulasi Cd dalam satuan mg. Dan persentase akumulasi dari Cd yang ada dalam sistem. Dari tabel tersebut terlihat bahwa tanaman kayambang dapat mengakumulasi Cd sebesar 31,11% dan lebih besar dibandingkan yang lainnya. Walaupun demikian kemampuan mengakumulasi Cd semakin menurun seperti dapat dilihat dari nilai konsentrasi Cd dalam air (tabel 2) yang meningkat lagi sampai hari ke 10. Hal ini dapat dilihat juga dari pengamatan morfologinya seperti yang telah diuraikan sebelumnya. Sedangkan eceng gondok dan kayu apu walaupun persentase akumulasinya secara keseluruhan lebih kecil, tetapi kemampuan untuk mengkonsentrasikan Cd dalam jaringannya (akar) lebih baik dan per-tumbuhannya relatif normal.

3.4. Neraca Massa

Neraca massa ini dihitung untuk mengetahui penyebaran logam Cd di dalam suatu sistem. Tabel 6 menyajikan berat Cd total yang dimasukkan ke dalam sistem. Sedangkan tabel 7 menyajikan penyebaran Cd selama percobaan berlangsung. Dari kedua tabel terlihat bahwa terdapat perbedaan jumlah total Cd yang dimasukkan ke dalam sistem dengan jumlah total Cd yang ada dalam sistem selama percobaan berlangsung. Selisih perbedaan tersebut menunjukkan ada Cd yang hilang di dalam sistem.

Tabel-6. Berat Cd total yang dimasukkan ke dalam sistem.

Jenis sistem	Berat Cd (mg)		
	Hari ke 0	Penambahan hari ke 1-10	Jumlah Total
Kontrol	2,6904	1,92	4,6104
Enceng gondok	2,6736	1,92	4,5936
Kayu apu	2,6412	1,92	4,5612
Kayambang	2,6892	1,92	4,6092

Tabel-7. Penyebaran Cd (mg) dalam sistem selama percobaan

Jenis sistem	Berat Cd (mg)			
	Hari ke 0	Hari ke 1-10	Cd Jaringan	Jumlah total dalam Sistem
Kontrol	2,6904	1,5608	-	4,2516
Enceng gondok	2,6736	0,2033	1,197	4,0734
Kayu apu	2,6412	0,1490	1,071	3,8616
Kayambang	2,6892	0,2421	1,434	4,3649

Persentase Cd yang hilang tersebut adalah sebagai berikut : Cd dalam bak kontrol sebesar 7,79%; Cd dalam bak eceng gondok sebesar 11,31%; Cd dalam bak kayu apu 15,34%; dan Cd dalam bak kayambang sebesar 5,29%. Beberapa hal yang menyebabkan adanya Cd yang hilang tersebut yaitu tumbuhnya *chlorella* pada semua bak percobaan juga dalam bak kontrol yang kemungkinan besar menyerap Cd, dan sebagian Cd terikat di dalam bak percobaan (PVC) sehingga mengurangi konsentrasi Cd yang keluar dari *outlet*. Akumulasi Cd di dalam jaringan dicantumkan dalam tabel 5. Nilai akumulasi Cd tersebut masih di bawah lima puluh persen dengan demikian sebagian besar Cd masih berada dalam larutan.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Semua tanaman dapat tumbuh dalam larutan yang mengandung Cd pada konsentrasi awal 0,2 ppm.
- Tanaman air eceng gondok, kayu apu dan kayambang dapat menurunkan konsentrasi Cd sampai waktu pemaparan 10 hari.
- Kemampuan untuk menurunkan logam Cd dari air yang paling efektif adalah eceng gondok, yaitu dapat menurunkan konsentrasi Cd sampai nol ppm selama 6 hari pengolahan.
- Semua tanaman dapat menyerap Cd. Akumulasi Cd dalam akar lebih tinggi daripada dalam daun baik dalam tanaman eceng gondok maupun kayu apu. Rasio konsentrasi Cd akar/daun untuk eceng gondok (36) lebih tinggi daripada kayu apu (10).

DAFTAR PUSTAKA

1. D.J. Glass, " US and International Markets for Phytoremediation 1999-2000", D. Glass Associates Inc., Needham-Massachusetts, Juli 1999.
2. D.E. Salt, M. Blaylock, N.P.B. Kumar, V. Dushenhov, B.D. Ensley, I. Chet and I. Raskin, "Phytoremediation : A. Novel Strategy for the Removal of Toxic Metals from The Environment Using Plants", Biotechnology, V.13, 468-474, 1995.
3. C.L.R. Pinto, A.Caconia and M.M. Sonza, "Utilization of Water Hyacinth for Removal and Recovery Of Silver from Industrial Wastewater, Water Science Technology, V. 19, No. 10, pp. 89-101, 1987.
4. S.K. Jain, P. Vassudevan and N.K. Jha,"Removal of Some Heavy Metals from Polluted Water by Aquatic Plants : Studies on Duckweed and Water Velvet", Biological Wastes, 28, pp. 115-126, 1989.
5. M. S. Saeni, Kimia Lingkungan, PAU-ITB, Bogor, 1989.
6. H.J. Weigel and H.J. Jäger, "Subcellular Distribution and Chemical forms of Cadmium in Bean Plants", Journal of Plant Physiology, 65, 480-482, 1980.
7. Bazzaz F.A., Rolfe G.L., Carson R.W., " Effects of Cadmium on Photosynthesis and Transpiration in Excised Leaves of Corn and Sunflower", Plant Physiology, 32, 373-376, 1974.