



**FITOREMEDIASI ION KADMIUM DAN PENGARUHNYA TERHADAP  
PERTUMBUHAN DAN AKUMULASINYA DALAM BIOMASSA KULTUR  
TUNAS *MUSA PARADISIACA***

Tjie Kok

Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya,  
Surel: tjie\_kok@staff.ubaya.ac.id

**ABSTRACT**

This research was aimed at observing the removal of cadmium ions from media by shoot cultures of *Musa paradisiaca* and its influence on the growth and accumulation of the ions in their biomass. The results showed that the shoot cultures of *Musa paradisiaca* var. saba were able to grow in media containing cadmium ions up to the concentration of 15 ppm with the greatest growth index was at 2 ppm of cadmium ions. These cultures could remove cadmium ions as much as 1.462 ppm from media containing 15 ppm of those ions.

*Keywords:* cadmium ions, shoot cultures, *Musa paradisiaca* var. saba, growth index, accumulation.

**PENDAHULUAN**

Upaya menanggulangi pencemaran logam berat saat ini masih mengalami kendala dengan mahalnya biaya yang diperlukan dan di samping itu metode remediasi tanah yang ada saat ini, seperti fiksasi, pengurukan tanah, ekstraksi tanah dan pelarutan, tidaklah benar-benar menyelesaikan persoalan. Oleh karena itu diperlukan metode alternatif yang murah dan efisien untuk membersihkan lokasi industri yang terkontaminasi dengan parah, yaitu dengan memanfaatkan tanaman yang mempunyai potensi untuk itu. Teknik ini dikenal sebagai fitoremediasi. Karena keluwesannya dan luasnya daerah yang terkontaminasi, fitoremediasi telah mendapat perhatian saintifik dan komersial yang signifikan (Peuke & Rennenberg, 2005).

Kebanyakan perhatian saintifik dan komersial dalam fitoremediasi saat ini difokuskan pada fitoekstraksi, yaitu menggunakan spesies tanaman yang telah di seleksi yang ditumbuhkan pada tanah yang terkontaminasi. Tanaman-tanaman ini kemudian dipanen untuk menghilangkan tanaman tersebut bersama dengan polutan yang telah terakumulasi di dalam jaringan-jaringannya. Tergantung pada tipe kontaminasi,

tanaman tersebut dapat dibuang atau digunakan dalam proses alternatif, seperti pembakaran untuk produksi energi (Meagher, 2000).

Kemampuan untuk mentoleransi logam berat dengan konsentrasi yang tinggi merupakan hal yang jarang dijumpai pada dunia tanaman secara keseluruhan, namun kemampuan ini tersebar pada golongan tanaman tertentu: beberapa spesies yang bersifat hiperakumulasi atau toleran logam telah diteliti selama beberapa tahun: *Silene vulgaris*, *Thlaspi caerulescens*, *Alyssum lesbiacum*, *Arabidopsis halleri* dan *Brassica spp.* Kemampuan tanaman-tanaman tersebut untuk mengakumulasi logam dengan konsentrasi yang relatif tinggi diamati baik terhadap nutrien esensial, seperti tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn) dan Selenium (Se), maupun logam non-esensial, seperti kadmium (Cd), raksa (Hg), timbal (Pb), aluminium (Al) dan arsen (As) (Clemens *et al.*, 2002; McGrath & Zhao, 2003). Konsentrasi logam dalam pucuk dari tanaman yang mengakumulasi dapat 100-1000 kali lebih tinggi daripada dalam tanaman yang tidak mengakumulasi: 1% untuk Zn (sampai 4%) dan Mn; 0.1% untuk Co (sampai 1.2%), Cu, Ni (sampai 3.8%), As (sampai 0.75%) dan Se (sampai 0.4%); dan 100 ppm untuk Cd (sampai 0.2%) (Clemens *et al.*, 2002; Memon & Schröder, 2009).

Waktu yang diperlukan oleh tanaman untuk mengurangi jumlah logam berat dalam tanah yang terkontaminasi tergantung pada dua faktor: banyaknya biomassa yang diproduksi tanaman dan faktor biokonsentrasi logam dari tanaman tersebut, yang merupakan rasio dari konsentrasi logam di dalam jaringan pucuk terhadap tanah (McGrath & Zhao, 2003). Faktor yang terakhir ditentukan oleh: kemampuan dan kapasitas dari akar untuk menyerap logam dan mengirimkan ke dalam xilem, aliran massa dari xilem ke pucuk dalam arus transpirasi, dan kemampuan untuk mengakumulasi, menyimpan dan mendetoksifikasi logam-logam sementara tanaman tersebut mempertahankan metabolisme, pertumbuhan dan produksi biomassa (Guerinot & Salt, 2001; Clemens *et al.*, 2002).

Kultur suspensi sel dari *Agave amaniensis* yang ditumbuhkan pada media yang mengandung 0.6-15 mg/l ion tembaga dapat menghilangkan lebih dari 67% ion tembaga dari media. Sel-selnya mengakumulasi ion tembaga sampai 106 µg/g berat kering (Kartosentono *et al.*, 2001). Kultur pucuk dari *Solanum laciniatum* dapat melakukan

remediasi ion tembaga sebesar 13-33% dari media yang mengandung 1-20 mg/l ion tembaga (Dewi, 2005).

Pisang (*Musa paradisiaca*) merupakan pohon yang berkembang dengan subur terutama pada daerah tropis yang lembab, seperti di Indonesia. Di daerah hujan turun merata sepanjang tahun, tanaman pisang dapat tumbuh dengan baik tanpa mengenal musim. Tinggi tanaman pisang (dewasa) berkisar antara 2-5 m (tergantung jenisnya), dengan daun-daun yang panjangnya ada yang mencapai 3.5 m. Sebelum suatu batang/pohon pisang mati, pohon tersebut akan digantikan oleh pohon/batang pisang baru. Bagian dasar/bonggol pohon pisang berupa rhizoma, yang dapat hidup hingga 15 tahun atau bahkan lebih (Anonim<sup>a</sup>, 2012).

Dengan kemudahan tumbuh dan banyaknya biomassa yang dapat dihasilkannya, maka tanaman pisang ini mempunyai potensi untuk digunakan sebagai tanaman yang dapat menurunkan pencemaran logam berat kadmium dalam tanah.

Untuk mengeksplorasi potensi tanaman pisang untuk menurunkan pencemaran logam berat dalam tanah, pada penelitian ini pertama-tama dilakukan penanaman jaringan tanaman tersebut pada media tanam buatan di laboratorium (berupa kultur jaringan, yaitu kultur tunas), kemudian menumbuhkan kultur tersebut pada media tanam buatan yang diberi perlakuan penambahan logam berat kadmium untuk mengamati kemampuan berbagai kultur tunas dari tanaman ini untuk menurunkan kadar logam berat tersebut dalam media. Kemudian dilakukan seleksi untuk mendapatkan kultur tunas yang tahan terhadap pemaparan logam berat kadmium serta dapat menurunkan kadar logam berat tersebut dalam media tanam buatan tersebut.

Pada penelitian ini digunakan tanaman pisang saba (*Musa paradisiaca* var. saba) dengan pertimbangan bahwa pohon ini merupakan kandidat yang sangat baik untuk aplikasi fitoremediasi karena sistem perakarannya yang ekstensif, kecepatan penyerapan dan penguapan air yang tinggi –yang menghasilkan transport senyawa yang efisien dari akar ke pucuk–, pertumbuhan yang cepat dan produksi biomassa yang banyak. Pisang dapat ditumbuhkan pada rentang kondisi iklim yang lebar, sehingga hal ini membuka peluang bagi kemudahan penggunaan tanaman ini untuk mengurangi pencemaran logam-logam berat dari tanah di berbagai daerah.

Sementara banyak yang telah diketahui tentang evolusi ekologi toleransi logam pada tanaman, mekanisme fisiologis, biokimia, dan genetik toleransi belum dipahami dengan baik pada sebagian ekotipe yang tahan logam. Sintesis fitokelatin diduga menjadi faktor utama dalam sel tanaman untuk mendetoksifikasi logam berat dalam tanaman (Ray & Williams, 2011). Senyawa-senyawa pembentuk kelat, yang paling dikenal adalah metalotionein dan fitokelatin, mempunyai peranan signifikan dalam detoksifikasi logam-logam, dan sintesis senyawa-senyawa tersebut dalam tanaman diinduksi oleh pemaparan sel-sel akar pada logam berat (Cobbett & Goldsbrough, 2002; Rea *et al.*, 2004; Wen-Ju Liu *et al.*, 2010). Metalotionein banyak ditemukan pada hewan sedangkan fitokelatin terdapat terutama pada tanaman tingkat tinggi, alga, dan jamur. Fitokelatin adalah suatu famili dari peptida  $\gamma$ -glutamilsistein yang kaya akan gugus tiol (SH) dengan asam amino glisin atau yang lain pada akhir ujung karboksi, di mana unit  $\gamma$ -Glu-Cys terulang 2-11 kali. Senyawa ini disintesis dari glutation dan derivatnya oleh suatu enzim transpeptidase yaitu fitokelatin sintase dengan keberadaan ion logam berat (Cobbett, 2000; Rea *et al.*, 2004; Ray & Williams, 2011).

Kadmium (Cd) adalah unsur logam transisi golongan IIB dalam sistem periodik dengan nomor atom 48 dan berat atom 112.41. Kadmium banyak digunakan pada industri baterai, pigmen, dan elektroplating. Kadmium berpotensi menimbulkan kerusakan lingkungan. Pemaparan kadmium oleh manusia ke lingkungan terutama adalah sebagai akibat dari pembakaran bahan bakar fosil, dan limbah kadmium ini dapat mencemari makanan dan air (Anonim<sup>b</sup>, 2012).

Kadmium merupakan unsur yang toksik bagi manusia. Ginjal merupakan organ yang paling rentan terhadap kadmium, kadar kadmium sekitar 200 mg/L dapat menyebabkan kerusakan ginjal yang parah. Keracunan kadmium juga dapat menyebabkan penyakit degeneratif tulang (Anonim<sup>b</sup>, 2012).

Pada studi pendahuluan yang telah dilakukandengan ion tembaga didapatkan hasil yang cukup menjanjikan, yaitu bahwa kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba dapat menurunkan ion tembaga sebanyak 34.41-58.32% dari media yang mengandung 80-320  $\mu$ M ion tersebut (Tjie Kok, 2012).

## METODE

Kultur tunas *Musa paradisiacavar.* saba koleksi laboratorium bioteknologi tanaman, Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya sebanyak kurang lebih 1.5 gram ditransfer ke dalam suatu seri media yang mengandung ion kadmium dengan berbagai konsentrasi [0 (kontrol), 2, 5, 10, dan 15 ppm] dan ditumbuhkan dalam kondisi yang sama selama 4 minggu. Untuk masing-masing konsentrasi ion kadmium, digunakan 30 wadah yang mengandung kurang lebih 1.5 gram berat segar dari kultur tunas. Setelah inkubasi, kultur dipanen dengan cara mengambil tunas dengan pinset, kemudian semua material tanaman dengan hati-hati dipisahkan dari media dan sisa media dihilangkan dengan mencuci/membilas tunas dengan air suling. Setelah itu material ini ditimbang, dikeringkan dan dijadikan serbuk.

Indeks pertumbuhan dari kultur tunas dihitung berdasarkan perbandingan berat kultur tunas pada saat dipanen dengan berat awal kultur tunas pada saat ditanam.

Konsentrasi kadmium dalam biomassa ditentukan dengan menggunakan ICP-AES, setelah destruksi serbuk dengan menggunakan HNO<sub>3</sub> pekat dan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 30% w/v. Kuantifikasi tersebut dilakukan dengan mengukur intensitas emisi dari ion tersebut pada panjang gelombang 228.80 nm; estimasi limit deteksi adalah sebesar 4 µg/L. Penentuan kadarnya dilakukan dengan regresi linier (Chen, 1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengamatan pertumbuhan kultur tunas dan penentuan indeks pertumbuhan

Pertumbuhan kultur tunas dan hasil penentuan indeks pertumbuhan dari kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba dengan perlakuan ion kadmium 0, 2, 5, 10, dan 15 ppm ditunjukkan oleh **Gambar-gambar** dan **Tabel** berikut.



Gambar 1. Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba yang ditumbuhkan pada media tanpa Cd<sup>2+</sup>



Gambar 2. Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba yang ditumbuhkan pada media yang mengandung  $\text{Cd}^{2+}$  2 ppm



Gambar 3. Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba yang ditumbuhkan pada media yang mengandung  $\text{Cd}^{2+}$  5 ppm



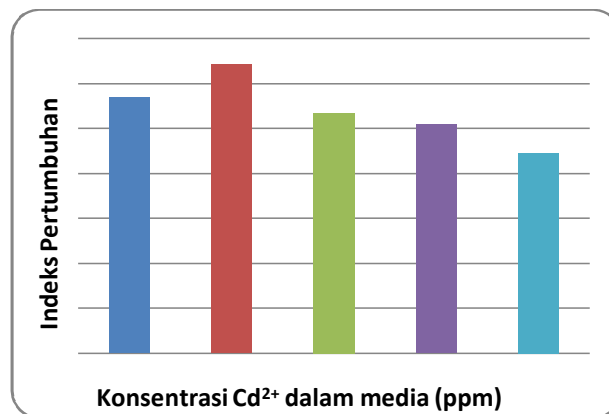
Gambar 4. Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba yang ditumbuhkan pada media yang mengandung  $\text{Cd}^{2+}$  10 ppm



Gambar 5. Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba yang ditumbuhkan pada media yang mengandung  $\text{Cd}^{2+}$  15 ppm

Tabel 1. Indeks pertumbuhan rata-rata dari kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba selama 4 minggu perlakuan

Konsentrasi Cd <sup>2+</sup> dalam media (ppm)	Jumlah replikasi	Indeks pertumbuhan rata-rata ± standar deviasi
0 (kontrol)	30	2.840 ± 0.231
2	30	3.212 ± 0.321
5	30	2.675 ± 0.326
10	30	2.542 ± 0.342
15	30	2.226 ± 0.352



Gambar 6. Indeks pertumbuhan kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba selama 4 minggu perlakuan pada berbagai konsentrasi ion kadmium dalam media

Hasil pengamatan pertumbuhan dan penentuan indeks pertumbuhan kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba pada **Gambar** dan **Tabel** di atas menunjukkan bahwa kultur tersebut dapat tumbuh pada media yang mengandung ion kadmium dengan konsentrasi sampai 15 ppm dengan indeks pertumbuhan 2.840 pada media tanpa Cd<sup>2+</sup>, 3.212 pada konsentrasi Cd<sup>2+</sup> 2 ppm, 2.675 pada konsentrasi Cd<sup>2+</sup> 5 ppm, 2.542 pada konsentrasi Cd<sup>2+</sup> 10 ppm, dan 2.226 pada konsentrasi Cd<sup>2+</sup> 15 ppm. Laju pertumbuhan kultur tunas yang paling cepat adalah pada media dengan konsentrasi Cd<sup>2+</sup> 2 ppm, hal ini kemungkinan disebabkan karena konsentrasi ion kadmium yang kecil dapat membantu sistem enzim tertentu dari kultur tunas untuk proses-proses metabolisme primer sehingga terjadi peningkatan laju pertumbuhan kultur. Sedangkan pada konsentrasi yang lebih besar, ion tersebut justru menghambat sistem enzim tertentu sehingga

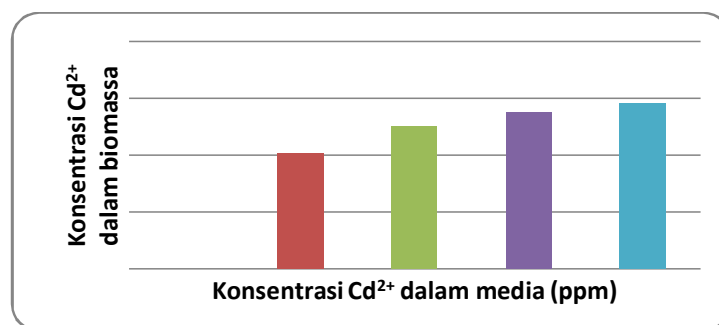
menyebabkan terjadinya perlambatan pertumbuhan kultur. Bahkan pada konsentrasi 20 ppm, ion kadmium bersifat toksik terhadap kultur dan mengakibatkan kematian kultur sebelum mencapai usia 4 minggu.

### Penentuan akumulasi ion kadmium dalam biomassa

Hasil penentuan akumulasi ion kadmium dalam biomassa tunas *Musa paradisiaca* var. saba ditunjukkan oleh **Tabel** dan **Gambar** berikut.

Tabel 2. Akumulasi ion kadmium dalam biomassa tunas *Musa paradisiaca* var. saba selama 4 minggu perlakuan

Konsentrasi Cd <sup>2+</sup> dalam media (ppm)	Jumlah replikasi	Konsentrasi Cd <sup>2+</sup> dalam biomassa (ppm) ± standar deviasi
0 (kontrol)	30	0
2	30	1.013 ± 0.096
5	30	1.256 ± 0.122
10	30	1.380 ± 0.142
15	30	1.462 ± 0.153



Gambar 7. Akumulasi ion kadmium dalam biomassa tunas *Musa aradisiaca* var. saba selama 4 minggu perlakuan pada berbagai konsentrasi ion kadmium dalam media

Hasil penentuan akumulasi ion kadmium dalam biomassa tunas *Musa paradisiaca* var. saba pada **Tabel** dan **Gambar** di atas menunjukkan bahwa kultur tunas tanaman tersebut dapat meremediasi ion kadmium dari media yang mengandung ion



kadmium dengan konsentrasi sampai 15 ppm dan mengakumulasi ion tersebut dalam biomassa. Akumulasinya adalah sebesar

1.013 ppm pada konsentrasi  $Cd^{2+}$  2 ppm, 1.256 ppm pada konsentrasi  $Cd^{2+}$  5 ppm, 1.380 ppm pada konsentrasi  $Cd^{2+}$  10 ppm, dan 1.462 ppm pada konsentrasi  $Cd^{2+}$  15 ppm. Akumulasi ini dimungkinkan karena adanya mekanisme detoksifikasi yang dilakukan oleh kultur tunas tersebut agar konsentrasi ion kadmium yang berlebihan tidak bersifat toksik bagi kultur tersebut. Mekanisme detoksifikasi ini diduga melalui pembentukan fitokelatin yang dapat membentuk ikatan kompleks (ikatan koordinasi) dengan ion kadmium, dimana senyawa kompleks yang terbentuk dikirim ke vakuola agar tidak berpengaruh terhadap metabolisme kultur.

## KESIMPULAN

Kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba dapat tumbuh pada media yang mengandung ion kadmium sampai konsentrasi 15 ppm dengan indeks pertumbuhan tertinggi pada konsentrasi ion kadmium 2 ppm. Kultur tersebut dapat meremediasi ion kadmium sampai 1.462 ppm pada konsentrasi ion kadmium dalam media sebesar 15 ppm.

Disarankan perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui mekanisme detoksifikasi kadmium dalam kultur tunas *Musa paradisiaca* var. saba, yaitu deteksi terhadap pembentukan fitokelatin dalam biomassa dengan elektroforesis menggunakan sodium dodecyl sulphate-polyacrylamide gel, setelah ekstraksi dengan asetonitril atau aseton.

Identifikasi lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan waktu retensi yang ditentukan dengan kromatograf cair (KC) serta dengan kromatograf cair-spektrometer massa (KC-SM), dengan menggunakan senyawa standar sebagai pembanding.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim<sup>a</sup>, 2012. [Http://inyu.multiply.com/journal/item/7/Pisang\\_Musa\\_Paradisiaca\\_Linn.](http://inyu.multiply.com/journal/item/7/Pisang_Musa_Paradisiaca_Linn.), diakses tanggal 12 Maret 2012.
- Anonim<sup>b</sup>, 2012. [Http://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium](http://en.wikipedia.org/wiki/Cadmium), diakses tanggal 12 Maret 2012.
- Chen F, 1993. Nitric/peroxide digestion of biological tissues, Analytical Service Laboratories Trace Metals Metodology.
- Clemens S, Palmgren MG and Krämer U, 2002. A long way ahead: understanding and engineering plant metal accumulation. *Trends Plant Sci*7: 309-315.
- Cobbett C and Goldsbrough P, 2002. Phytochelatins and metallothioneins: roles in heavy metal detoxification and homeostasis. *Annu Rev Plant Biol*53: 159-182.
- Dewi IS., 2005. Studi Fitoremediasi, Pertumbuhan dan Fitosteroid Kultur Pucuk *Solanum laciniatum* Ait. Pada Berbagai Kadar Cu<sup>2+</sup>, Skripsi Fakultas Farmasi Universitas Airlangga Surabaya.
- Guerinot ML and Salt DE, 2001. Fortified foods and phytoremediation. Two sides of the same coin. *Plant Physiol*125: 164-167.
- Kartosentono S, Gunawan I and Noor Cholies Z, 2001. The Uptake of Copper Ions by Cell Suspension Cultures of *Agave amaniensis*, and Its Effect on The Growth, Amino Acids and Hecogenin Content. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 00:1-6.
- McGrath SP and Zhao FJ, 2003. Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils, *Curr Opin Biotechnol*14: 277-282.
- Meagher RB, 2000. Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Curr Opin Plant Biol*3: 153-162.
- Memon AR and Schröder P., 2009. Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation, *Environ Sci Pollut Res Int.*, Mar;16(2):162-75.
- Peuke AD and Rennenberg H, 2005. Phytoremediation with transgenic trees, *Z Naturforsch C60*: 199-207.
- Ray D and Williams DL, 2011. Characterization of the Phytochelatin Synthase of *Schistosoma mansoni*. *PLoS Negl Trop Dis* 5(5): e1168. doi:10.1371/journal.pntd.0001168.
- Rea PA, Vatamaniuk OK and Rigden DJ, 2004. Weeds, worms, and more. Papain's long-lost cousin, phytochelatin synthase, *Plant Physiol*136: 2463-2474.



- Tjie Kok, 2012. The Accumulation of Copper Ions in Biomass and Its Influence on The Production of Phytochelatins in Shoot Cultures of *Musa paradisiaca*, International Conference Proceedings of PSRC, Penang, Malaysia, pp. 38-40.
- Wen-Ju Liu, Alan W, Andrea Raab, Steve PM, Fang-Jie Zhao and Jörg F, 2010. Complexation of Arsenite with Phytochelatins Reduces Arsenite Efflux and Translocation from Roots to Shoots in Arabidopsis, Plant Physiology, vol. 152 no. 4, pp. 2211-2221.