

**BIOAKUMULASI DAN DISTRIBUSI Cd PADA AKAR DAN PUCUK
3 JENIS TANAMAN FAMILI BRASSICACEAE:
IMPLEMENTASINYA UNTUK FITOREMEDIASI
(Cadmium Bioaccumulation and Distribution in Root and Shoot of 3 Crops of
Brassicaceae: Implication For Phytoremediation)**

Rini Susana dan Denah Suswati *

* Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura

Email: rini.susana@yahoo.com

Diterima: 8 April 2013

Disetujui: 21 Juni 2-13

Abstrak

Effisiensi tanaman untuk fitoremediasi salah satunya ditentukan oleh besarnya akumulasi logam dalam biomassa tanaman yang dipanen. Akumulasi kadmium pada organ berbagai jenis tanaman menunjukkan respon yang beragam, Sebuah percobaan pot telah dilakukan pada 3 jenis tanaman famili Brassicaceae yaitu sawi hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis*), sawi putih (*Brassica rapa* var. *Pekinensis*) dan kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) pada tanah gambut yang dikontaminasi kadmium (Cd) dengan tujuan mempelajari bioakumulasi Cd pada akar dan pucuk dari ketiga jenis tanaman tersebut dan menentukan jenis yang lebih potensial untuk fitoremediasi. Kontaminan Cd dicampurkan pada tanah dengan tingkatan dosis yang berbeda yaitu tanpa kontaminan, 2 mgkg⁻¹ Cd, 4 mgkg⁻¹ Cd, 8 mgkg⁻¹ Cd, 16 mgkg⁻¹ Cd dan 32 mgkg⁻¹ Cd, dan tanah tersebut digunakan sebagai media tumbuh tanaman (5kg/polibag). Hasil penelitian menunjukkan kandungan Cd pada organ akar sawi hijau, sawi putih dan kailan lebih besar dari pucuk. Ketiga tanaman termasuk tanaman akumulator Cd. Kailan mempunyai kemampuan akumulasi Cd (BCF) yang lebih besar dari sawi hijau dan sawi putih, tetapi mempunyai kemampuan transfer Cd ke pucuk (TF) paling kecil. Sawi hijau dan sawi putih dengan biomassa yang besar dan mempunyai kemampuan transfer Cd ke pucuk yang jauh lebih besar dari kailan, lebih potensial digunakan untuk fitoremediasi tanah yang tercemar Cd.

Kata Kunci: Bioconcentration Factor, Transfer Factor, Fitoremediasi, Fitoekstraksi.

Abstract

Plant efficiency for phytoremediation depend on total amount of metal content in the harvestable tissues of plant biomass. Cadmium accumulation in the organs of various plant species showed varying responses. Field experiment was carried out with 3 crops of family Brassicaceae, i.e. Brassica rapa var. parachinensis, Brassica rapa var. Pekinensis and Brassica oleracea var. Alboglabra on Cd-contaminated peat soil. Contaminant Cd and soil were mixed in different dosages i.e. 2 mgkg⁻¹ Cd, 4 mgkg⁻¹ Cd, 8 mgkg⁻¹ Cd, 16 mgkg⁻¹ Cd and 32 mgkg⁻¹ Cd and used to fill growth pot (5kg/pot). The results showed that Cd accumulation in root of three crops tested greater than that in shoot. All of the three plants tested were characterized as Cd accumulator plant. Brassica oleracea var. Alboglabra was characterized by the highest Cd bioconcentration factor (BCF) and the lowest Cd shoot-root translocation factor (TF). Brassica rapa var. Parachinensis showed highest biomass (>2 times biomass of Brassica oleracea var. Alboglabra) and highest Cd translocation factor may be suitable used for phytoremediation Cd contaminated soil.

Keywords: Bioconcentration Factor, Translocation Factor, Phytoremediation, Phytoextraction.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan tanaman untuk remediasi tanah-tanah yang mengandung polutan khususnya logam berat sudah banyak dilakukan, cara ini dikenal sebagai Fitoremediasi. Effisiensinya menurut Sekara *et al.* (2005) selain ditentukan oleh sifat kimia dari unsur/logam yang akan diekstraksi, juga oleh translokasi dan distribusi unsur tersebut pada organ tanaman yang dipanen (*harvestable organs*). Sejumlah tanaman pangan diketahui mampu mengakumulasi kadmium dalam organnya walaupun konsentrasi logam ini di dalam tanah relatif kecil. Kadmium merupakan logam berat non esensial yang bersifat mobil sehingga mudah diserap oleh tanaman dan ditransfer ke pucuk, sedangkan unsur logam yang bersifat *immobil* seperti Pb, umumnya terdistribusi dengan pola yang sama pada tanaman, konsentrasi di akar > pucuk>daun>buah>biji.

Akumulasi Cd pada berbagai jenis tanaman sudah banyak diteliti dan menunjukkan respon yang beragam. Greger and Lofstedt (2004) meneliti serapan dan distribusi Cd di akar, daun dan biji pada berbagai kultivar gandum. Hasil penelitian Sekara *et al.* (2005) menunjukkan bahwa tanaman bit merah (*red beet*) mampu mengakumulasi sejumlah besar Cd dalam daunnya, sedangkan pada akarnya 2,8 kali lebih kecil dari daun. Pada tanaman labu (*pumpkin*), akumulasi Cd terbesar berada di daun, paling sedikit berada di batang dan buah. Akumulasi Cd pada akar *barley* 4 kali lebih besar dari bagian malai, dan 7 kali lebih besar dari yang terdapat pada bijinya. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa tanaman bit merah, labu, *chycory*, *common bean*, *white-cabbage* dan *parsnip*, mengakumulasi Cd terbesar pada organ daunnya. Wang *et al.* (2007) meneliti 2 kultivar jagung (Nongda No.108 dan Liyu No.6), walaupun serapan dan konsentrasi Cd di akar dan pucuk kedua kultivar jagung tersebut berbeda namun kedua kultivar mengakumulasi Cd lebih besar di akar daripada bagian pucuk. Kultivar Liyu No.6 mempunyai kemampuan yang lebih besar

mengakumulasi Cd dibandingkan Nongda No.108. Romkens *et al.* (2009) meneliti serapan dan distribusi Cd pada 12 varietas padi. Sharma *et al.* (2010) menemukan bahwa akumulasi Cd di akar *Pisum sativum* lebih besar dari bagian pucuk.

Beberapa tanaman diketahui pula sebagai akumulator logam berat. Famili Brassicaceae (kubis-kubisan) dan bayam (*Amaranthus oleraceus*) sering digunakan dalam *phytoextraction* pada lahan yang tercemar logam berat (Kumar, 2006), juga jagung dan *Pisum sativum* (Neugschwandtner *et al.*, 2008). Menurut Wang *et al.* (2007), jagung adalah tanaman pangan yang sering digunakan dalam studi eliminasi unsur-unsur polutan. Kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat dapat diprediksi dari nilai *Bioconcentration Factor* (BCF) dan *Transfer Factor* (TF). Menurut Ghosh dan Singh (2005), *Bioconcentration Factor* merupakan kemampuan tanaman untuk mengakumulasi logam berat tertentu sebagai tanggapan terhadap konsentrasi logam tersebut di dalam suatu substrat. *Bioconcentration Factor* (BCF) ditentukan oleh rasio logam di akar dengan yang terdapat di dalam tanah. Nilai BCF >1 menunjukkan spesies tersebut potensial sebagai akumulator. *Translocation Factor* menurut Smith dalam Sharma *et al.* (2010) adalah rasio konsentrasi logam pada bagian pucuk terhadap bagian akar, menunjukkan kemampuan transfer logam dari akar ke pucuk tanaman. Baker (1981) membagi tanaman menjadi 3 kategori yaitu akumulator, excluder dan indikator. Akumulator mempunyai nilai BCF >1, excluder mempunyai nilai BCF < <1 dan tanaman indikator dengan nilai BCF mendekati 1. Ebbs *et al.* (1997) dan Opeolu *et al.* (2005) menyatakan bahwa keberhasilan fitoremediasi menghendaki tanaman yang mempunyai biomassa besar di samping kemampuan mengakumulasi kontaminan dalam biomasanya.

Penelitian ini bertujuan mempelajari distribusi dan akumulasi Cd pada akar dan pucuk 3 jenis sayuran famili Brassicaceae yaitu sawi hijau (*Brassica rapa* var. *parachinensis*), sawi putih (*Brassica rapa* var.

Pekinensis) dan kailan (*Brassica oleracea* var. *Alboglabra*) dan menentukan jenis yang potensial untuk fitoremediasi tanah yang tercemar Cd.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Pontianak, berlangsung dari bulan September 2011 sampai dengan Nopember 2011. Media tanam berupa tanah gambut dengan tingkat dekomposisi Hemik, pH tanah 3,56 dan Cd total 0,0143 mgkg⁻¹. Sebagai kontaminan Cd digunakan Kadmiumsulfat-Hidrat (CdSO₄·8H₂O) Pro Analysis dengan kemurnian 98% (Susana dan Suswati, 2011).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan, rancangan Split Plot. Main Plot terdiri sawi hijau, sawi putih dan kailan. Sub Plot terdiri dari: kontrol (tanpa kontaminan Cd), tanah dikontaminasi dengan 2 mgkg⁻¹ Cd (\approx 5 mgkg⁻¹ CdSO₄·8H₂O); 4 mgkg⁻¹ Cd (\approx 10 mgkg⁻¹ CdSO₄·8H₂O); 8 mgkg⁻¹ Cd (\approx 20 mgkg⁻¹ CdSO₄·8H₂O); 16 mgkg⁻¹ Cd (\approx 40 mgkg⁻¹ CdSO₄·8H₂O) dan 32 mgkg⁻¹ Cd (\approx 80 mgkg⁻¹ CdSO₄·8H₂O). Masing-masing perlakuan terdiri dari 3 ulangan, dan setiap ulangan terdiri dari 2 set tanaman, sehingga total ada 108 tanaman.

Persiapan media tanam: Tanah ditimbang sebanyak 5 kg, diberi kapur dan dimasukkan ke polibag, kemudian diinkubasi selama 2 minggu. Tanah dikapur untuk menaikkan pH tanah gambut menjadi 5,5. Dosis kapur yang digunakan 94 gr/5 kg tanah. Pemberian kontaminan Kadmium Sulfat (CdSO₄·8H₂O): Kadmium ditambahkan dalam bentuk Kadmiumsulfat-Hidrat pada media tanam bersamaan dengan pengapuran, pada akhir inkubasi pH tanah naik pada kisaran 4,42-5,10. Penanaman bibit: Setelah inkubasi selesai, bibit sayuran yang berumur 2 minggu ditanam di dalam polibag, dilakukan penyiraman secukupnya, kemudian polibag ditempatkan di rumah penelitian yang beratap plastik transparan. Pemeliharaan tanaman: Penyiraman dilakukan dengan melihat kondisi media, apabila kering maka dilakukan penyiraman

dengan volume air yang sama untuk semua perlakuan. Pemupukan diberikan pada umur 1 minggu setelah tanam di sekeliling tanaman sejauh 5 cm dari batangnya dengan dosis 3 gram urea/tanaman (dosis pemupukan menurut Sunarjono, 2008). Pemupukan kedua dengan pupuk daun Bayfolan pada umur 3 minggu setelah tanam dengan konsentrasi pupuk 2cc/l. Pemanenan tanaman: Pemanenan tanaman dilakukan pada umur tanam 4 minggu setelah tanam. Tanaman dicabut dengan hati-hati agar akar tidak rusak/putus, kemudian dilakukan pemisahan bagian akar dengan bagian atas tanaman (pucuk).

Berat kering bagian Akar dan Pucuk ditentukan dengan pengeringan di dalam oven pada suhu 85°C sampai beratnya konstan. Pengukuran konsentrasi Cd di jaringan tanaman menggunakan metoda destruksi basah dari Yusuf *et al.* (2002), digunakan asam kuat HNO₃ : H₂SO₄ : HClO₄ dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Kadmium Tersedia dalam tanah ditentukan dengan metode dari Sekara *et al.* (2005), menggunakan pelarut CaCl₂ 0.01 N, pengocokan selama 2 jam dan penyaringan ekstrak. Ekstrak jaringan tanaman dan tanah diukur dengan AAS merk Shimadzu Tipe AA-630 dengan menggunakan deret standard sebagai pembanding.

Analisis Varians (ANOVA) pada berat basah dan kering tanaman menggunakan Software SAS versi Window 9.0, tingkat signifikansi ditentukan pada P \leq 0.01 dan 0.01>P \leq 0.05. Uji beda menggunakan *Duncan Multiple Range Test* pada tingkat kepercayaan (α) 0.05.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Basah dan Berat Kering Pucuk

Analisis keragaman (Anova) menunjukkan bahwa faktor jenis tanaman berpengaruh sangat nyata terhadap biomassa yang dihasilkan baik berat basah maupun berat kering tanaman (P<0.01). Uji Duncan menunjukkan bahwa berat basah ke-3 jenis sayuran berbeda nyata (α 0.05), begitu pula berat keringnya. Rerata berat basah dan berat kering pucuk ketiga jenis sayuran

disajikan pada Tabel 1. Berat basah pucuk sawi hijau berbeda tidak nyata dengan sawi putih, namun keduanya berbeda nyata dengan kailan. Sementara itu berat kering ketiga jenis sayuran berbeda nyata satu dengan lainnya (Tabel 2).

Sawi hijau mempunyai biomassa yang lebih besar dibandingkan kedua jenis lainnya, perbedaan biomassa ketiganya merupakan pengaruh genetik tanaman.

Sawi hijau mempunyai biomassa (berat kering) yang lebih besar dibandingkan sawi putih dan > 2 kali biomassa kailan pada umur yang sama (6 minggu), sehingga lebih potensial digunakan untuk fitoremediasi apabila jenis ini termasuk akumulator logam berat. Tanaman seperti *Brassica juncea* menurut Mounicou *et al.* (2006) secara luas digunakan untuk fitoremediasi selain karena mempunyai kemampuan aku-

mulasi Selenium yang besar juga karena biomasanya besar dan siklus hidupnya yang cepat.

Konsentrasi Cd pada Akar dan Pucuk, TF dan BCF pada Sawi Hijau, Sawi Putih dan Kailan.

Sawi hijau, sawi putih dan kailan mengakumulasi sejumlah besar Cd pada akar dan sejumlah kecil pada pucuk (Tabel 3.). Pada Sawi hijau rerata akumulasi Cd di akar 2 kali lebih besar dari pada di pucuk, sementara pada kailan rerata akumulasi Cd di akar lebih dari 3 kali akumulasi di pucuk. Kemampuan suatu jenis tanaman dalam mengakumulasi logam dari dalam tanah dapat diperkirakan dari nilai BCF, BCF > 1 adalah indikasi bahwa spesies tersebut potensial sebagai fitoremediator logam berat. BCF menunjukkan nilai maksimum

Tabel 1. Berat basah dan berat kering pucuk pada sawi hijau, sawi putih dan kailan

Dosis Cd (mgkg ⁻¹)	Sawi Hijau		Sawi Putih		Kailan	
	Berat basah Pucuk (g)*	Berat kering Pucuk (g)	Berat basah Pucuk (g)*	Berat kering Pucuk (g)	Berat basah Pucuk (g)*	Berat kering Pucuk (g)
0	58.82	2.99	33.55	1.01	18.06	1.38
2	53.83	2.52	56.51	2.40	22.58	1.65
4	68.20	3.36	70.22	2.97	18.53	1.30
8	68.38	3.39	55.64	2.35	19.03	1.28
16	70.16	3.37	75.79	2.45	14.10	1.05
32	36.55	1.53	40.22	1.87	18.04	1.34
Rerata	59.32	2.86	55.32	2.18	18.39	1.34

Keterangan:

Semua data merupakan rerata dari 3 ulangan

*) Susana dan Suswati (2011)

Tabel 2. Uji duncan berat basah dan berat kering pucuk pada sawi hijau, sawi putih dan kailan

Jenis Tanaman	Berat Basah (g)	Berat Kering (g)
Sawi Hijau	59,32 a	2,86 a
Sawi Putih	55,32 a	2,18 b
Kailan	18,39 b	1,34 c

Tabel 3. Konsentrasi Cd di akar dan pucuk, nilai TF dan BCF pada sawi hijau, sawi putih dan kailan

Jenis Sayuran	Dosis Cd (mgkg ⁻¹)	Akar (mgkg ⁻¹)	Pucuk (mgkg ⁻¹)	Cd tersedia (mgkg ⁻¹ *)	TF	BCF
Sawi Hijau	0	0.3260	0.0940	0.0395	0.29	8.25
	2	2.2960	1.0873	0.1447	0.47	15.87
	4	3.3434	1.8393	0.2825	0.55	11.83
	8	8.9536	3.3260	0.4759	0.37	18.81
	16	9.3478	8.4947	1.1007	0.91	8.49
	32	30.3382	16.1627	2.8459	0.53	10.66
Rerata					0.52	12.32
Sawi Putih	0	0.8338	0.3613	0.0821	0.43	10.16
	2	1.9348	0.7633	0.2018	0.39	9.59
	4	2.9035	1.4573	0.2851	0.50	10.18
	8	10.9529	2.6343	0.6702	0.24	16.34
	16	18.7798	6.7933	1.251	0.36	15.01
	32	35.1662	24.1887	2.7306	0.69	12.88
Rerata					0.44	12.36
Kailan	0	1.3462	0.6647	0.1365	0.49	9.86
	2	3.6113	1.1267	0.2142	0.31	16.86
	4	4.0740	2.2653	0.3637	0.56	11.20
	8	17.1337	2.3847	1.0009	0.14	17.12
	16	23.6868	3.0253	1.3799	0.13	17.17
	32	40.9639	7.7660	2.8371	0.19	14.44
Rerata					0.30	14.44

Semua data merupakan rerata dari 3 ulangan

*) Susana dan Suswati (2011)

pada tanaman kailan (14,44), diikuti oleh sawi putih (12,36) dan sawi hijau(12,32). Nilai ini menunjukkan bahwa ketiga jenis tanaman ini sesuai digunakan untuk fitoekstraksi logam Cd pada tanah yang tercemar. Berdasarkan katagori dari Baker (1981), maka ketiga tanaman digolongkan sebagai tanaman akumulator logam berat (BCF>1). Hasil penelitian Gupta dan Sinha (2007) menunjukkan nilai BCF untuk Cd pada tanaman *S. candifolia* (33.14), dan *C. album* (30.89), jauh lebih besar dari BCF Cd pada sawi hijau, sawi putih dan kailan.

Logam dipindahkan dari akar ke bagian pucuk melalui jalur transpirasi tanaman (xylem), tingkat transportasi unsur tidak sama pada tiap unsur dan tiap jenis tanaman. Nilai TF digunakan untuk melihat translokasi

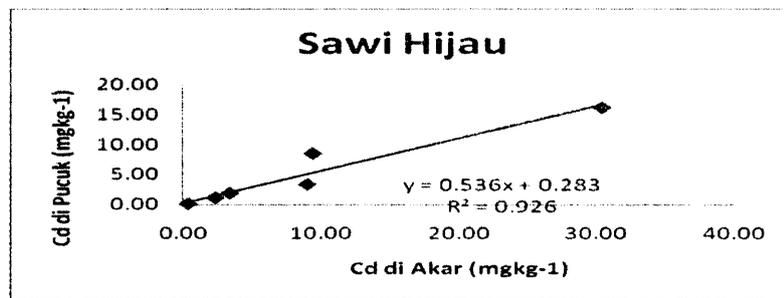
logam dari akar ke pucuk tanaman, yang dihitung dengan membagi konsentrasi logam di bagian pucuk dengan bagian akar. Rasio translokasi Cd dari akar ke pucuk (Nilai TF) dari ketiga jenis tanaman kurang dari 1 (0,52 ; 0,44 ; 0,30), hal ini mengindikasikan bahwa Cd tertahan pada jaringan akar dan hanya sedikit yang ditranfer ke pucuk atau menunjukkan mobilitas Cd yang rendah dari akar ke pucuk dan immobilisasi Cd di akar. Kailan dengan TF paling kecil (0.30) menunjukkan bahwa tanaman ini mempunyai kemampuan menahan Cd di akar lebih besar dari sawi putih dan sawi hijau. Gupta dan Sinha (2008) menyatakan bahwa tanaman yang mengakumulasi Cd di akarnya lebih besar dari yang ditransfer di pucuk menunjukkan bahwa akar tanaman tersebut

dapat mengenali Cd sebagai unsur toksik sehingga terjadi mekanisme inaktivasi seperti sekuestrasi unsur tersebut di vakuola atau pada dinding sel.

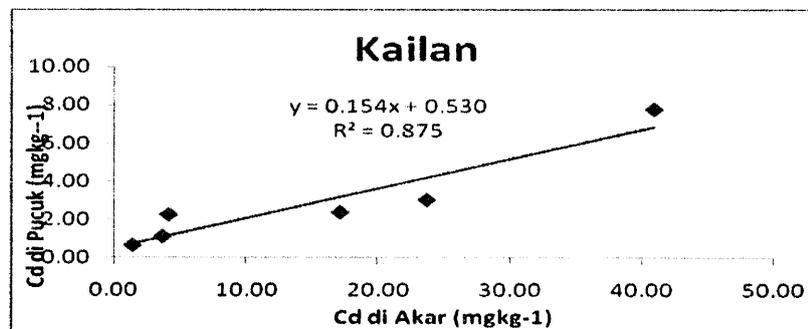
Gambar 1, Gambar 2 dan Gambar 3 menunjukkan bahwa terdapat hubungan linear positif antara konsentrasi Cd di akar dan pucuk ketiga tanaman dengan koefisien korelasi (R^2) masing-masing 0,926 (sawi hijau), 0,914 (sawi putih) dan 0,875 untuk kailan.

Menurut Ebbs *et al.* (1997), tanaman dapat digunakan untuk fitoremediasi tidak saja

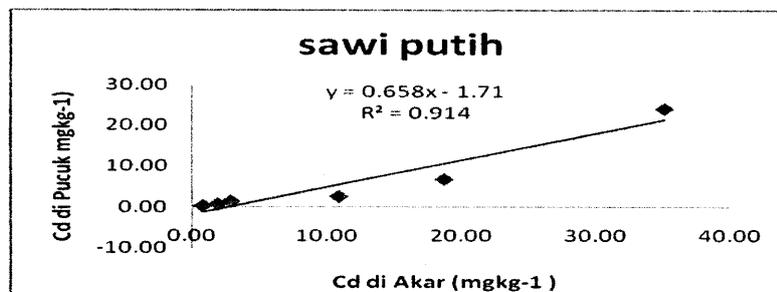
terbatas pada tanaman yang hiperakumulator, tetapi juga tanaman dengan konsentrasi logam berat di pucuk yang lebih kecil tetapi mempunyai biomassa yang besar, karena total logam berat yang berhasil diangkut tanaman dari dalam tanah adalah total jumlah logam tersebut dalam biomassa tanaman yang dipanen per unit area. Dengan demikian sawi hijau dan sawi putih yang mempunyai biomassa, konsentrasi Cd di bagian pucuk dan nilai TF yang jauh lebih besar dari kailan, lebih potensial sebagai fitoremediator tanah yang tercemar Cd.



Gambar 1. Hubungan Konsentrasi Cd di Akar dan Pucuk Pada Sawi Hijau



Gambar 2. Hubungan Konsentrasi Cd di Akar dan Pucuk Pada Sawi Putih



Gambar 3. Hubungan Konsentrasi Cd di Akar dan Pucuk Pada Kailan

KESIMPULAN

Kandungan Cd pada bagian akar sawi hijau, sawi putih dan kailan lebih besar dari pucuk. Ketiga jenis tanaman termasuk akumulator Cd. Kailan mempunyai kemampuan akumulasi Cd (BCF) yang lebih besar dari sawi hijau dan sawi putih, tetapi mempunyai kemampuan transfer Cd ke pucuk (TF) paling kecil. Sawi hijau dan sawi putih dengan biomassa yang lebih besar dari biomassa kailan dan mempunyai kemampuan transfer Cd ke pucuk yang lebih besar, lebih potensial digunakan untuk fitoremediasi tanah yang tercemar Cd.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dirjen DIKTI atas dukungan dana yang memungkinkan penelitian ini dapat terlaksana. Tulisan ini adalah sebagian dari hasil penelitian yang didanai oleh Dirjen DIKTI melalui Grant Research Program I-Mhere 2011 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Tanjungpura.

DAFTAR PUSTAKA

- Baker A.J. (1981). Accumulator and excluders-strategic in the response of plants to heavy metals, *Journal Plant Nutrition*.3, Page 1-4
- Ebbs.S.D., Lasat M.M., Brady J., Cornish J., Gordon R., Kochian L.V. 1997. Phytoextraction of cadmium and zinc from a contaminated soil, *Journal Environ. Qual*, 26 (5).
- Greger M. and Lofstedt M. 2004. Comparison of uptake and distribution of cadmium in different cultivars of Bread and Durum Wheat, *Crop Science* Vol 44 No 2, Page 501-507.
- Ghosh M. and Singh S.P. 2005. Comparative uptake and phytoextraction study of soil induced chromium by accumulator and high biomass weed species. *Journal Applied Ecology and Environmental Research*, Volume 3. No.2,page 67-79.
- Gupta, A. K and Sinha, S. (2008). Decontamination and/or revegetation of fly ash dykes through naturally growing plants, *Journal of Hazardous Materials* 153, Page 1078-1084
- Kumar, A. 2006. *Heavy Metal Pollution Research, Recent Advances*, Daya Publishing House, New Delhi.
- Mounicou S., Vonderheide A.P., Shann J.R.,Caruso J.A. (2006). Comparing a selenium accumulator plant (*Brassica juncea*) to a nonaccumulator plant (*Helianthus annuus*) to investigate selenium-containing proteins, *Anal Bioanal Chem* 386, Page 1367-1378.
- Neugschwandtner, Tlustos, Komarek, Szakova. 2008. Phytoextraction of Pb and Cd from a contaminated agricultural soil using EDTA Application Rezimes: Laboratory versus Field Scale Measures of Efficiency, *Journal Geoderma* 144, Page 446-454.
- Opeolu B.O., Bamgbose O., Arowolo T.A. and Kadiri S.J. (2005). Phytoremediation of lead-contaminated soil using *Amaranthus cruentus*. Paper Prepared for Presentation at The Farm Management Assosiation of Nigria Conference, Asaba, Nigeria October 18-20, 2005.
- Romkens P.F.A.M., Guo H.Y., Chu C.L., Liu, T.S., Chiang C.F. and Koopmans, G.F.2009. Prediction of cadmium uptake by brown rice and derivation of soil-plant transfer models to improve soil protection guidelines, *Journal Environmental Pollution*, Volume 157, Issues 8-9, Pages 2435-2444.
- Sekara, A., Poniedzialek M., Ciura J., Jedrszczyk E. 2005. Cadmium and lead accumulation and distribution in the organ of nine crops: implications for phytoremediation, *Polish Journal of Environmental Studies*, Vol 14, No 4, Page 509-516.
- Sunarjono, Hendro. 2008. *Bertanam 30 Jenis Sayuran*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Sharma S., Sharma P. and Mehrotra. 2010. Bioaccumulation of heavy metals in *Pisum sativum* L. growing in fly ash amended soil. *Journal of American*

- Science*, Vol 6 (6), Page 43-50.
- Susana R. dan Suswati D. 2011. Ketersediaan Cd, Gejala Toksisitas dan Pertumbuhan 3 Spesies *Brassicaceae* pada Media Gambut yang Dikontaminasi Kadmium (Cd). *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*, Volume 1 No.2.
- Wang M., Zou J., Duan X., Jiang W., Liu D. 2007. Cadmium accumulation and its effect on metal uptake in maize (*Zea mays* L), *Journal Bioresource Technology* No. 98, Page 82-88.
- Yusuf A.A., Arowolo T., Bamgbose O. 2002. Cd, Cu and Ni levels in vegetables from industrial and residential areas of Lagos City, Nigeria, *Global journal of Environmental Sciences* Vol 1, Page 1-3.