

KETERSEDIAAN Cd, GEJALA TOKSISITAS DAN PERTUMBUHAN 3 SPESIES *Brassicaceae* PADA MEDIA GAMBUT YANG DIKONTAMINASI KADMIUM (Cd)

Rini Susana¹ dan Denah Suswati¹

ABSTRACT

Cadmium is a heavy metal and non-essential element but easily absorbed by plants and transferred to the shoots. Cadmium accumulation in various plant species showed varying responses. This research aimed to study the availability of Cd, the toxicity symptoms and growth of three species of Brassicaceae (Brassica rapa var. parachinensis, Brassica rapa var. pekinensis, 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 the addition of Cd contaminant produces Exchangeable-Cd in growth media on range 0.1477 mgkg⁻¹ up to 2.8459 mgkg⁻¹ and influenced fresh weight of shoot of crops used except Brassica oleracea var. alboglabra. Brassica oleracea var. alboglabra showed more tolerant to high Cd exposure, no symptoms of toxicity found so far, while Brassica rapa var. parachinensis and Brassica rapa var. pekinensis showed stunting and chlorosis symptoms as excess of Cd in growth media.

Key words: Cd-availability, Cd- toxicity, Brassicaceae

PENDAHULUAN

Penggunaan bahan-bahan agrokimia untuk meningkatkan produksi pertanian sering memberi efek negatif berupa pencemaran lahan pertanian itu sendiri. Logam berat seperti kadmium sering menjadi pencemar pada lahan pertanian karena berasosiasi dengan penggunaan pupuk Fosfat. Hasil penelitian Susana (2010) pada lahan pertanian gambut di Kecamatan Pontianak Utara menunjukkan rerata kandungan Cd total dalam tanah pada areal sayur-sayuran 0,327 mg/kg. Keberadaan logam berat Cd ini berhubungan dengan penggunaan pupuk P dan tingginya penggunaan abu kayu sebagai amelioran pada lahan gambut.

Unsur Cd sangat toksik terhadap makhluk hidup pada konsentrasi rendah sehingga nilai maksimal yang diperbolehkan pada pakan atau pangan juga pada level yang sangat rendah dibandingkan logam berat lainnya. Menurut Romkens *et al.* (2009), standar Cd yang diperbolehkan pada bahan pangan (*Food Quality Standard*) menurut WHO adalah 0,2 mgkg⁻¹ dan *Japan / Taiwan Food Quality Standard* menetapkan standard 0,4 mgkg⁻¹. Menurut Sekara *et al.* (2005), sejumlah tanaman pangan diketahui mampu mengakumulasi logam berat dalam organnya,

walaupun konsentrasi logam tersebut di dalam tanah relatif kecil. Kadmium merupakan logam berat non esensial yang bersifat mobil sehingga mudah diserap oleh tanaman dan di transfer ke pucuk, sedangkan unsur logam yang bersifat *immobil* seperti Pb, umumnya terdistribusi dengan pola yang sama pada tanaman, serapan di akar> pucuk>daun>buah>biji.

Akumulasi kadmium pada berbagai jenis tanaman menunjukkan respon yang beragam. 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 bagian akar hampir sama besarnya dengan di bagian pucuk (daun+batang+buah). Tanaman *barley* mengakumulasi sejumlah besar Cd pada akarnya (Fecenco *et.al*, Tlustos *et.al* dalam Sekara *et.al*, 2005). Penelitian Sekara *et.al* (2005) juga menunjukkan bahwa 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*, sawi putih,

¹ Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Tanjungpura, Pontianak

parsnip, mengakumulasi Cd terbesar pada organ daunnya.

Gejala toksisitas unsur ini pada tanaman sangat sulit dideteksi walaupun tanaman sudah mengakumulasi Cd dalam jumlah besar (Alloway, 1997). Chaney et al. dalam Alloway (1997) mengatakan bahwa sulit dideteksi gejala-gejala tampak (*visible symptoms*) akibat toksisitas Cd apabila tanaman pangan telah mengakumulasi sejumlah besar Cd. Akumulasi sejumlah besar Cd pada *edible portion*, tidak menunjukkan adanya gejala-gejala stress. Toksisitas yang akut dapat menyebabkan klorosis pada daun, layu dan kerdil, tapi hal ini sangat jarang dijumpai.

Pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sudah banyak diteliti. Ghosh dan Singh (2005) melaporkan pada *Brassica campestris* dan *Brassica juncea* yang ditanam pada media yang dikontaminasi Krom (Cr) sampai dosis 20 ppm menghasilkan berat kering tanaman yang berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol, sedangkan pada dosis 50-200 ppm tanaman dapat berkecambah dan tumbuh hanya selama 10 hari. Dilaporkan oleh Opeolu et al. (2005), tanaman *Amaranthus cruentus* hanya menghasilkan berat kering tanaman setengah dari berat kering tanaman kontrol apabila dikontaminasi dengan 1800 ppm Pb +EDTA. Sharma et al. (2010) melaporkan hasil penelitiannya pada *Pisum sativum* yang ditanam pada media yang diberi amelioran *fly ash* yang mengandung beberapa unsur logam berat seperti Pb, Cd, Cu dan lainnya, pemberian *fly ash* sampai dosis 25% berat media tidak menyebabkan perbedaan yang nyata pada berat basah tapi memberikan perbedaan yang nyata pada berat kering tanaman. Neugschwandtner et al. (2008) telah meneliti akumulasi Cd pada kacang buncis. Hasil penelitian Wang et al. (2007) pada semaian jagung (*maize seedling*) menunjukkan pemberian larutan Cd dengan konsentrasi 10^{-4} M secara substansial menurunkan pertumbuhan jagung bahkan menghentikan pertumbuhan akar.

Penelitian ini bertujuan mempelajari ketersediaan Cd, gejala toksisitas dan pertumbuhan 3 jenis sayuran famili Brassicaceae yaitu sawi hijau, sawi putih dan kailan yang ditanam pada tanah gambut yang dikontaminasi kadmium (Cd).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian UNTAN Jalan A.Yani, Kecamatan Pontianak Tenggara, Kota Pontianak. Penelitian berlangsung dari bulan September 2011 sampai dengan Nopember 2011.

Bahan yang digunakan terdiri dari: Benih sawi hijau, sawi putih dan kailan; tanah gambut berasal dari tanah gambut di Desa Rasau Jaya, Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat, dengan tingkat dekomposisi Hemik; Kapur dolomit dengan daya netralisasi 87,07%; Pupuk urea dan pupuk daun Bayfolan; Kadmiumsulfat-Hidrat ($\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) Pro Analysis dengan kemurnian 98%; polibag berwarna hitam dengan ukuran 40 x 50 cm; Insektisida Decis 25 EC.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen lapangan, rancangan Split Plot Design. Main Plot terdiri dari 3 perlakuan, sedangkan sub plot terdiri dari 6 perlakuan, sehingga diperoleh 18 kombinasi perlakuan, masing-masing perlakuan terdiri dari 3 ulangan, dan setiap ulangan terdiri dari 2 set tanaman, sehingga total ada 108 tanaman. Perlakuan yang dimaksud adalah: Main Plot terdiri dari: s1 = sawi hijau; s2 = sawi putih dan s3 = kailan. Sub Plot terdiri dari: c0 = kontrol (tanpa kontaminan Cd); c1 = tanah dikontaminasi dengan 2 mgkg^{-1} Cd ($5 \text{ mgkg}^{-1} \text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$); c2 = tanah dikontaminasi dengan 4 mgkg^{-1} Cd ($10 \text{ mgkg}^{-1} \text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$); c3 = tanah dikontaminasi dengan 8 mgkg^{-1} Cd ($20 \text{ mgkg}^{-1} \text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$); c4 = tanah dikontaminasi dengan 16 mgkg^{-1} Cd ($40 \text{ mgkg}^{-1} \text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) dan c5 = tanah dikontaminasi dengan 32 mgkg^{-1} Cd ($80 \text{ mgkg}^{-1} \text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$).

Varibel penelitian yang diamati adalah: Kadmium Tersedia (mgkg^{-1}), menggunakan pelarut CaCl_2 0.01 N, setelah proses penyaringan ekstrak diukur dengan AAS merk Shimadzu Tipe AA-6300. Tingkat kemasaman (pH tanah) diukur pada sampel tanah awal dan setelah inkubasi menggunakan pH-meter. Berat Basah Pucuk (g), bagian atas tanaman yang telah dipanen dan dibersihkan, ditimbang beratnya menggunakan timbangan elektrik.

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

Persiapan media tanam

Tanah gambut diambil pada kedalaman olah 20 cm, kemudian tanah dibersihkan dari sisa-sisa akar dan jaringan tanaman yang berukuran besar, dikeringanginkan dan diayak. 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 Cadmiumsulfat-Hydrat pada media tanam bersamaan dengan pengapuran sesuai perlakuan, perlakuan s1c1, s2c1, s3c1 sebesar 5 mg/kg tanah (25 mg/polibag), perlakuan s1c2, s2c2, s3c2, sebesar 10 mg/kg (50 mg/polibag), perlakuan s1c3, s2c3, s3c3, sebesar 20 mg/kg (100 mg/polibag), perlakuan s1c4, s2c4, s3c4 sebesar 40 mg/kg (200 mg/polibag), perlakuan s1c5, s2c5, s3c5 sebesar 80 mg/kg tanah (400 mg/polibag), sedangkan perlakuan s1c0, s2c0, s3c0 tidak dikontaminasi dengan Cd (merupakan perlakuan kontrol). Kemudian media tanam diinkubasi selama 2 minggu untuk stabilisasi.

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 (Sunarjono,

2008). Pemupukan kedua dengan pupuk daun Bayfolan pada umur 3 minggu setelah tanam dengan konsentrasi pupuk 2cc/l. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan terhadap tanaman yang terserang ulat daun.

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).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cd tersedia dan pH tanah setelah inkubasi

Kisaran Cd tersedia pada tanah tanpa diberi kontaminan dan diberi kapur dolomit berkisar dari 0,0750-0,0966 mgkg⁻¹, sementara pada tanah yang diberi kontaminan Cd, ketersediaan Cd meningkat seiring meningkatnya dosis Cd yang ditambahkan, berkisar 0,1477 mgkg⁻¹ – 2,8459 mgkg⁻¹ (Tabel 1). Kemasaman tanah (pH) setelah inkubasi berkisar dari 4,42 – 5,10, meningkat dari pH tanah awal yaitu: 3,56. Tidak terjadi kenaikan atau penurunan pH yang signifikan dengan semakin tingginya dosis kontaminan Cd yang ditambahkan. Kenaikan pH yang diinginkan sebesar 5,5 tidak tercapai dengan masa inkubasi selama 2 minggu.

Berat basah pucuk (g)

Analisis keragaman menunjukkan perbedaan jenis sawi-sawian memberikan pengaruh sangat nyata terhadap berat basah pucuk ($pr < 0.0001$) sedangkan interaksi antara jenis sawi dan dosis kontaminan Cd yang ditambahkan memberikan pengaruh yang nyata ($pr = 0.0376$). Perbedaan berat basah pucuk ketiga jenis sawi disajikan pada Tabel 2 dan perbedaan pengaruh interaksi jenis sawi dengan dosis kontaminan Cd pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 2, pada umur 4 minggu setelah tanam sawi hijau dan sawi putih menghasilkan berat basah pucuk yang tidak berbeda nyata, tapi kedua-nya berbeda nyata dengan kailan. Sawi hijau dan sawi putih berat basahnya lebih dari tiga kali berat kailan. Peningkatan dosis kontaminan Cd memberikan respon yang berbeda terhadap berat basah pucuk ketiga jenis sawi-sawian

(Tabel 3). Dosis kontaminan Cd pada sawi hijau menghasilkan perbedaan berat basah pucuk yang nyata antara sawi hijau yang media tanamnya dikontaminasi dengan 32 mgkg⁻¹ Cd dengan yang dikontaminasi 4,8 dan 12 mgkg⁻¹. Media tanam yang dikontaminasi dengan 2 mgkg⁻¹ dan 32 mgkg⁻¹ Cd menghasilkan berat basah pucuk yang berbeda tidak nyata dengan perlakuan kontrol. Sawi putih yang medianya dikontaminasi

dengan 32 mgkg⁻¹ Cd menghasilkan berat basah pucuk yang berbeda nyata dengan tanaman yang medianya dikontaminasi dengan 4 dan 12 mgkg⁻¹ tetapi berbeda tidak nyata dengan perlakuan lainnya. Sementara itu pada tanaman kailan, tidak ada perbedaan berat basah pucuk yang signifikan antara media yang dikontaminasi Cd dengan perlakuan kontrol.

Tabel 1. Cd tersedia dan pH tanah 2 minggu setelah tanah diberi Kapur dan Kontaminan Cd

Jenis sayuran	Dosis Kontaminan Cd (mgkg ⁻¹)	Cd Tersedia (mgkg ⁻¹ *)	pH *)	Ratio Cd-tersedia dengan Cd yang ditambahkan (%)
Sawi Hijau	0	0.0750	4.56	-
	2	0.1447	5.10	7.24
	4	0.2751	4.92	6.88
	8	0.6100	4.50	7.63
	16	1.3983	4.61	8.74
	32	2.8459	4.42	8.89
Sawi Putih	0	0.0821	4.66	-
	2	0.2018	4.84	10.09
	4	0.2851	4.93	7.13
	8	0.6702	4.60	8.38
	16	1.2510	4.67	7.82
	32	2.7306	4.70	8.53
Kailan	0	0.0966	4.65	-
	2	0.2142	4.62	10.71
	4	0.3637	4.87	9.09
	8	1.0009	4.61	12.51
	16	1.3799	4.58	8.62
	32	2.8235	4.68	8.82

*) Data diperoleh dari rata-rata 3 ulangan

Tabel 2. Uji Duncan perbedaan berat basah pucuk sawi hijau, sawi putih dan kailan akibat faktor jenis sayur

Jenis sayuran	Rerata Berat Basah Pucuk (g)
Sawi Hijau	59,323 a
Sawi Putih	55,321 a
Kailan	18,392 b

Keterangan:

1. Data diperoleh dari rata-rata 3 ulangan.
2. Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan

Tabel 3. Uji Duncan perbedaan berat basah pucuk sawi hijau, sawi putih dan kailan akibat peningkatan dosis kontaminan Cd

Jenis sayuran	Dosis Cd (mgkg ⁻¹)	Berat Basah Pucuk (g)	
Sawi Hijau	0	58,820	ab
	2	53,830	abc
	4	68,197	a
	8	68,830	a
	12	70,160	a
	32	36,550	bdec
Sawi Putih	0	33,547	cde
	2	53,830	ab
	4	70,223	a
	8	55,640	ab
	12	75,787	a
	32	40,220	bcd
Kailan	0	18,063	de
	2	22,577	de
	4	18,533	de
	8	19,030	de
	12	14,183	de
	32	18,043	de

Keterangan:

1. Data diperoleh dari rata-rata 3 ulangan.
2. Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan

Hubungan pH dengan ketersediaan dan serapan Cd.

Cd tersedia adalah fraksi Cd yang dapat diserap oleh tanaman, besar atau kecilnya unsur ini mampu diserap akar tanaman sangat ditentukan oleh sifat tanaman, apakah tanaman tersebut termasuk akumulator Cd atau bukan. Ketersediaan Cd di dalam tanah sangat ditentukan oleh reaksi tanah, selain oleh kandungan bahan organik dan KTK tanah. Tabel 1 menunjukkan bahwa pada tanah gambut dengan kisaran pH 4,42 – 5,10, persentase ketersediaan Cd berkisar 7-12% dari dosis yang ditambahkan ke dalam tanah.

Kemasaman tanah merupakan faktor yang sangat penting terhadap ketersediaan Cd, karena mempengaruhi mekanisme adsorpsi dan spesifikasi logam tersebut dalam larutan tanah (Alloway, 1997). Tanah gambut yang memiliki bahan organik tinggi juga akan mempengaruhi ketersediaan Cd selain pengaruh pH, retensi Cd dalam ikatan *chelate* akan mengurangi ketersediaannya dibandingkan dengan tanah mineral pada tingkat pH yang sama. Dilaporkan oleh Susana dan Rahawarin (2010), *reference value* Cd pada tanah gambut

di lahan pertanian Kecamatan Pontianak Utara berkisar 1,81 mgkg⁻¹ sampai 2,29 mgkg⁻¹, sementara pada tanah alluvial berkisar 1,1 mgkg⁻¹ sampai 1,23 mg⁻¹, hal ini menunjukkan kemampuan retensi Cd atau daya sangga tanah terhadap logam berat Cd pada tanah gambut lebih tinggi.

Korelasi tingkat kemasaman tanah (pH) dengan ketersediaan Cd dapat dilihat dari serapan tanaman terhadap Cd pada tingkatan pH yang berbeda. Page *et al* dalam Alloway (1997) menyatakan bahwa serapan Cd berbanding terbalik dengan pH, kandungan Cd pada daun *Swiss Chard* meningkat 2 sampai 3,9 kali lebih besar apabila pH turun dari 7,4 menjadi 4,5. Sedangkan pada padi serapan Cd menurun dengan meningkatnya pH dari 5,5 sampai 7,5. Kemasaman tanah juga sangat mempengaruhi transportasi Cd pada tanaman, dilaporkan oleh Street *dalam* Das *et al.* (1998), bahwa pada tanaman jagung kandungan Cd paling tinggi pada bulirnya diketahui pada tanah dengan pH 6 dan kecil konsentrasinya di bulir pada tanah-tanah masam.

Pengaruh Cd terhadap berat basah pucuk dan gejala toksisitas

Perbedaan berat basah pucuk pada sawi hijau, sawi putih dan kailan (Tabel 2) adalah karena secara genetis terdapat perbedaan morfologi tanaman pada ketiganya, kailan dengan morfologi daun yang lebih kecil ukurannya menghasilkan biomassa yang lebih kecil dibandingkan sawi hijau dan sawi putih. Tanaman akumulator logam berat dengan biomassa yang lebih besar, lebih potensial dan efektif jika digunakan untuk *fitoextraction* pada tanah-tanah yang tercemar logam berat.

Sawi hijau sudah menunjukkan pertumbuhan yang tertekan jika media dikontaminasi dengan dosis 32 mgkg⁻¹ Cd, dengan dihasilkannya berat basah pucuk yang sangat kecil, sementara penambahan kontaminan pada dosis 2,4,8 dan 12 mgkg⁻¹ menghasilkan berat basah yang relatif sama dengan media tanpa tambahan kontaminan (kontrol), artinya dengan paparan sampai batas 12 mgkg⁻¹ tanaman sawi hijau masih tidak terganggu metabolisme pertumbuhannya, belum diketahui berapa besar akumulasi Cd pada organ akar dan pucuk tanaman.

Sawi putih menunjukkan respon yang relatif sama dengan sawi hijau terhadap paparan Cd, pertumbuhan tanaman tertekan jika media dikontaminasi dengan dosis 32 mgkg⁻¹ Cd, dengan dihasilkannya berat basah pucuk yang sangat kecil dan berbeda nyata dengan tanaman yang dikontaminasi dengan 4 dan 12 mgkg⁻¹ Cd. Penambahan kontaminan pada dosis 2,4,8 dan 12 mgkg⁻¹ menghasilkan berat basah pucuk yang relatif sama, artinya respon tanaman masih relatif sama terhadap perbedaan konsentrasi Cd di media tanam atau Cd yang diserapnya pada kisaran dosis ini. Respon yang menarik tampak pada perlakuan kontrol, dimana berat basah yang dihasilkan justru paling rendah dibandingkan dengan media yang dikontaminasi Cd, berat basahnya tidak signifikan dengan tanaman yang dipapar dengan Cd pada konsentrasi sangat tinggi (32 mgkg⁻¹) tetapi berbeda signifikan dengan tanaman yang medianya dikontaminasi dengan Cd pada kisaran 2 sampai 12 mgkg⁻¹. Dugaan sementara penulis, hal ini berhubungan dengan serapan Zn yang meningkat dengan meningkatnya serapan Cd pada tanaman. Zn diketahui berperan sebagai enzim atau co-enzim dalam metabolisme tanaman, sehingga

ketersediaan Zn dalam tanaman akan meningkatkan pertumbuhan. Cd dan Zn memiliki sinergisme dalam pola serapannya pada tanaman. Das *et al.* (1998) mengatakan bahwa Zn dan Cd selalu ditemukan bersama dalam batuan, asosiasi Zn dan Cd menarik karena di satu sisi Cd adalah logam toksik sementara Zn adalah unsur esensial, efek toksik Cd dapat dihambat oleh Zn. Respon yang hampir sama tampak juga pada sawi hijau, dimana tanaman kontrol dan yang dikontaminasi dengan dosis Cd paling kecil (2 mgkg⁻¹) menghasilkan berat basah yang relatif rendah.

Pertumbuhan tanaman kailan tampaknya tidak terpengaruh dengan paparan Cd sampai pada batas 32 mgkg⁻¹ pada media tanam. Respon ini diduga karena sifat toleran tanaman terhadap Cd, tanaman yang toleran terhadap Cd cenderung tidak menunjukkan gejala toksisitas/keracunan apabila tanaman sudah mengakumulasi sejumlah besar Cd dalam jaringannya. Tanaman dengan sifat seperti ini baik digunakan untuk *Phytoextraction* tanah-tanah yang tercemar logam berat Cd, tetapi memerlukan kehati-hatian untuk dikonsumsi karena secara visual tanaman terlihat normal walaupun sudah mengakumulasi sejumlah besar Cd. Sifat toleran tanaman terhadap Cd menurut Das *et al.* (1998) ditunjukkan dengan kemampuannya menghambat absorpsi apabila kelebihan kadmium dalam larutan tanah ataupun mendetoksifikasinya setelah diserap. Serapan Cd di organ akar dan pucuk pada kailan belum diketahui dalam penelitian ini.

Kandungan Cd pada bagian atas tanaman (pucuk) menunjukkan bahwa seluruh perlakuan dosis kontaminan Cd pada ketiga jenis sayuran berada pada konsentrasi di atas batas yang diizinkan oleh WHO untuk bahan pangan yaitu 0,4 mg/kg⁻¹ kecuali perlakuan kontrol (Susana dan Suswati, 2012).

Secara visual di lapangan kondisi tanaman umumnya terlihat baik pertumbuhannya (Gambar 1), kecuali pada sawi hijau dan sawi putih yang menunjukkan gejala khlorosis dan kerdil (*stunting*) pada pemberian dosis Cd sebesar 32 mgkg⁻¹, sementara pada kailan gejala khlorosis tersebut tidak tampak (Gambar 2). Gejala khlorosis jelas terlihat pada tulang daun. Penelitian ini memperkuat pernyataan Das *et al.* (1998) bahwa gejala keracunan Cd pada tanaman adalah kerdil

(*stunting*) dan khlorosis, gejala khlorosis adalah akibat defisiensi Fe. Serapan Fe terganggu akibat tingginya Cd di media tumbuh (Haghiri *dalam* Das et al. 1998). Root at al. *dalam* Das et al. (1998) melaporkan pada tanaman jagung, khlorosis diakibatkan perubahan rasio Fe: Zn di daun akibat kelebihan Cd. *Stunting* (kerdil) akibat kelebihan Cd dilaporkan oleh Das et al. (1998) adalah efek dari terhambatnya serapan P pada tanaman. Sharma *et al.* (2010) melaporkan bahwa saat ini studi tentang *excess* logam berat pada tanaman menjelaskan adanya *stunting* atau *retardation* adalah akibat terganggunya sintesis khlorofil, juga karena ketersediaan P dan N yang rendah.

Kailan yang tidak menunjukkan gejala keracunan pada dosis tinggi menunjukkan secara genetik tanaman toleran terhadap logam berat Cd, hal ini memperkuat pernyataan Herstein and Jeger (1986) bahwa spesies dan varietas tanaman sangat besar variasi toleransinya terhadap Cd, pada berbagai spesies tanaman perbedaan ini dikontrol oleh faktor genetik.

SIMPULAN

Penambahan kontaminan Cd pada kisaran 2 mgkg⁻¹ sampai dengan 32 mgkg⁻¹ menghasilkan Cd-tersedia sebesar 0,1477 mgkg⁻¹ – 2,8459 mgkg⁻¹ pada kisaran pH tanah gambut 4,42 – 5,10 dan mempengaruhi pertumbuhan tanaman sawi putih dan sawi hijau tetapi tidak mempengaruhi pertumbuhan kailan. Kailan lebih toleran terhadap paparan Cd pada dosis tinggi dibandingkan sawi hijau dan sawi putih dengan tidak menunjukkan gejala toksisitas. Gejala toksisitas Cd pada sawi hijau dan sawi putih adalah tanaman tumbuh kerdil (*stunting*) dan khlorosis pada daun.

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

- Alloway, B.J. 1997. *Heavy Metal in Soils*. Jhon Willey and Sons Inc., New York.
- Das P, Samantaray S and Rout G.R. 1998. Studies on Cadmium toxicity in plants: A review. *Environmental Pollution*, Vol 98. No.1, page 29-36.
- 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.
- Hertstein, U. and Jeger, H.J. 1986. Tolerances of different populations of three grass species to cadmium and other metals. *Environmental and Experimental Botany*, volume 26. 309-319.
- 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 (2008) p 446-454.
- Opeolu B.O., Bamgbose O., Arowolo T.A. and Kadiri S.J. (2005). Phyto-remediation 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, August-September 2009, 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 Sayur*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Susana, R. 2010. Kajian Kandungan Kadmium (Cd) dalam Tanah pada Areal Pertanian di Kecamatan Pontianak Utara Kota Pontianak. TESIS. Sekolah Pascasarjana Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Susana, R. dan Rahawarin, Y. (2010) Penentuan *reference value* dan kandungan kadmium tanah pada areal pertanian di Kecamatan Pontianak Utara. *Purifikasi; Jurnal Teknologi dan Manajemen Lingkungan*, Vol.11.No.2, hal 109-118
- Susana, R. dan Suswati, D. 2012. Bioakumulasi dan distribusi Cd pada akar dan pucuk 3 jenis tanaman famili Brassicaceae: implikasinya untuk fitoremediasi. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*. In Press.
- 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.
- 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.