

Daya Erap Inceptisols Brebes Terhadap Logam Berat Cadmium (Cd) dan Serapannya pada Tanaman Indikator Bawang Merah

Cadmium Adsorption Capacity on Inceptisols Brebes and its Uptake by Shallot as Plant Indicator

L.R. WIDOWATI¹, L.I. NURHAYATI², CHARLENA², S. DWININGSIH¹, DAN J. SRI ADININGSIH¹

ABSTRAK

Untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya pencemaran Cd dalam tanah dan tanaman pada masa yang akan datang, telah dilaksanakan penelitian di laboratorium dan rumah kaca Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat pada tahun 2001. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari daya erap Inceptisols Brebes terhadap Cd dan ketersediaan Cd pada larutan tanah, dan serapan Cd oleh tanaman bawang merah sebagai tanaman indikator. Tahapan penelitian adalah studi erapan di laboratorium dan dilanjutkan dengan percobaan respon tanaman di rumah kaca. Studi erapan dilaksanakan dengan menggunakan prosedur 'Model Absorpsi Langmuir' dengan deret konsentrasi Cd (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm). Respon dan serapan tanaman terhadap Cd dipelajari di rumah kaca dengan menggunakan 2 kg tanah per pot dan ditanami bawang merah varietas Bima Brebes selama 2 bulan. Rancangan percobaan adalah acak lengkap dengan 6 perlakuan dan diulang tiga kali. Perlakuan yang diaplikasikan meliputi Cd bertingkat : 0, 25, 50, 100, 200, dan 400 ppm Cd ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah Inceptisols Brebes mempunyai daya erap, daya sangga, dan kapasitas erapan maksimum terhadap Cd berturut-turut sebesar 14,78 $\text{ml } \mu\text{g}^{-1}$; 12.987 $\text{ml } \mu\text{g}^{-1}$; dan 879 $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$. Ketersediaan Cd pada tanah Inceptisols Brebes dapat dihitung dengan persamaan : $\text{Cd}_{\text{tersedia}} = 0,0532(\text{Cd}_{\text{perlakuan}}) - 1,6757$, $R^2 = 0,9686$ (sebelum tanam); $\text{Cd}_{\text{tersedia}} = 0,0671(\text{Cd}_{\text{perlakuan}}) + 0,924$, $R^2 = 0,9903$ (setelah panen). Perlakuan Cd sebesar 50 ppm menurunkan produksi bawang merah sebesar 31% secara signifikan dengan total serapan 4,57 ppm. Pada takaran 25 ppm Cd, serapan Cd meningkat secara signifikan di umbi (2,36 mg Cd per kg berat kering) dimana nilai ini telah melewati ambang batas kadar Cd dalam makanan, sedangkan serapan Cd di daun meningkat secara signifikan mulai pada perlakuan 200 ppm Cd (7,16 $\text{mg } \text{kg}^{-1}$).

Kata kunci : *Inceptisols, Serapan, Ambang batas, Cadmium*

ABSTRACT

A research had been done in the laboratory and greenhouse of the Indonesian Center for Soil and Agroclimate Research and Development to study cadmium adsorption capacity, availability, and its uptake by shallot as plant indicator in order to anticipate Cd pollution in soil and plant in the future. The steps of the research were adsorption study in the laboratory and followed by greenhouse trial. Cadmium adsorption study was using the rate of 0; 10; 20; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90; and 100 ppm. The trial on response and plant uptake on cadmium used 2 kg soil pot⁻¹ then planted with shallot var. Bima for 2 months. The experiment utilized completely randomized design with six treatments and three replicates. The rates of Cd were 0; 25; 50;

100; 200; and 400 ppm Cd ($\text{Cd}(\text{NO}_3)_2$). The results showed that Inceptisols Brebes adsorption, maximum adsorption, and buffering capacity are 14.78 $\text{ml } \mu\text{g}^{-1}$; 879 $\mu\text{g } \text{g}^{-1}$ and 12.987 $\text{ml } \mu\text{g}^{-1}$, respectively. The cadmium availability in the soil could be calculated by using the equation: $\text{Cd}_{\text{exchangeable}} = 0.0532(\text{Cd}_{\text{applied}}) - 1.6757$, $r^2 = 0.9686$ (after treatment); $\text{Cd}_{\text{exchangeable}} = 0.0671(\text{Cd}_{\text{applied}}) + 0.924$, $r^2 = 0.9903$ (after harvest). Application of 50 ppm Cd reduced shallot production up to 31% significant with total uptake of 4.57 ppm Cd. The Cd uptake increased significantly for treatment 25 ppm, Cd in shallot tuber (2.36 mg Cd per kg dry weight), and at 200 ppm Cd in leaves (7.16 $\text{mg } \text{kg}^{-1}$). The cadmium content in tuber at treatment 25 ppm Cd (2.36 ppm Cd) exceeds critical value/missible limit of vegetable for consumption.

Key word : *Inceptisol, Adsorption, Critical level, Cadmium*

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya taraf hidup masyarakat, meningkat pula kebutuhan kualitas bahan pangan yang diperlukan. Di lain pihak peningkatan pembangunan pertanian dihadapkan pada peningkatan produktivitas yang semaksimal mungkin. Terindikasi bahwa peningkatan produksi bahan pangan berkorelasi dengan peningkatan penggunaan bahan agrokimia seperti pupuk dan pestisida, sehingga kebutuhan akan kualitas pangan yang baik tidak terpenuhi oleh ketersediaannya.

Penggunaan bahan agrokimia yang berlebihan selain dapat mengurangi kualitas produk, juga dapat mencemari tanah, badan air, tanaman, dan udara yang berdampak negatif terhadap manusia, ternak dan lingkungan. Bahan pencemar tersebut antara lain logam berat Pb, Cd, Cr, Ni yang termasuk bahan beracun berbahaya (B3) dan residu pestisida.

Ambang kritis Cd dalam tanah pertanian secara umum sebesar 2 ppm (Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Dal Housie University, 1992,

1. Peneliti Balittanah

2. Staf Pengajar FMIPA - IPB

dalam Munarso, 2003), sedangkan dalam air minum sebesar 0,01 ppm.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa di sentra produksi sayuran telah terjadi penggunaan bahan-bahan agrokimia secara berlebihan, dan ada indikasi di beberapa lokasi bahwa kandungan logam berat Cd dalam sayuran telah melampaui ambang yang membahayakan. (Andiwinata dan Djazuli, 1994; Ohsawa *et al.*, 1985; Gayatri dan Riza, 1994). Sumber kontaminasi Cd terutama berasal dari limbah industri (Munarso, 2003), pupuk P (Setyorini *et al.*, 2002) dan pestisida (Tim Baku Mutu Tanah, 2000). Kandungan Cd dari pupuk P berkisar antara 0,1-170 ppm Cd.

Hasil penelitian Sri Adiningsih *et al.* (2003), mengemukakan bahwa jika mengacu pada nilai batas Cd dalam kelompok sayuran sebesar 0,05 ppm (*Codex Alimentarius Commission - International Food Standard Organization*) maka Cd dalam tanaman bawang merah di Kabupaten Brebes dan Tegal terukur dalam kisaran nilai 0,05-0,34 ppm. Keadaan tersebut mencakup wilayah seluas 16.697 ha yang dianggap telah mempunyai nilai di atas ambang batas atau dengan kata lain telah tercemar logam berat Cd. Akan tetapi jika mengacu pada kriteria WHO dengan nilai ambang batas 0,24 ppm Cd untuk kelompok tepung dan hasil olahannya maka luas lahan pertanian yang tercemar lebih sedikit yaitu 1.654 ha (9,2% dari luasan 16.697 ha). Hasil penelitian Sumarni dan Rosliani (1996) menunjukkan bahwa petani di daerah Brebes, yang merupakan salah satu pusat produksi bawang merah di Jawa Tengah, cenderung menggunakan pupuk dan pestisida secara berlebihan.

Terserapnya logam berat Cd dalam tubuh manusia dapat mengganggu kesehatan antara lain gagal ginjal dan gangguan syaraf pusat (Alloway, 1990). Saeni (1989) menambahkan dampak Cd terhadap kesehatan adalah tekanan darah tinggi, kerusakan jaringan testikular, dan kerusakan sel-sel darah merah. Kasus di negara Jepang, kontaminasi

Cd pada beras telah menimbulkan penyakit itai-itai dengan gejala nyeri pada pinggang dan otot kaki (Subowo *et al.*, 1999). Batas toleransi pemasukan Cd menurut gabungan FAO/WHO tiap minggunya adalah < 420 µg untuk orang dewasa dengan berat badan 60 kg (Laegreid *et al.*, 1999).

Faktor yang mempengaruhi penyerapan logam berat oleh tanah ialah daya adsorpsi tanah, bentuk kompleks dengan humus, dan bentuk senyawa tidak larut pada kondisi reduksi. Logam berat pada larutan tanah bisa dalam bentuk ion maupun kompleks (Limura, 1981). Logam berat akan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik tanah sehingga kandungan logam berat tertinggi dijumpai pada lapisan atas (Alloway, 1990).

Ion logam berat Cd^{2+} merupakan bentuk yang dapat diserap oleh tanaman (Taylor and Griffin, 1981). Pada umumnya tanaman menyerap Cd hanya sedikit (1-5%) dari larutan Cd yang ditambahkan ke dalam tanah. Walaupun jumlah serapannya sedikit, Cd bersifat akumulatif di dalam tubuh dan dengan waktu akan terakumulasi dalam jumlah signifikan dan dapat membahayakan kesehatan.

Penyerapan Cd dari tanah oleh tanaman dipengaruhi oleh total masukan Cd dalam tanah, pH tanah, kandungan Zn, jenis tanaman dan kultivar. Penyerapan Cd tinggi pada pH rendah dan menurun pada pH tinggi (Laegreid *et al.*, 1999). Tingkat ketersediaan Cd juga sangat dipengaruhi oleh partikel tanah dan kadar bahan organik (Subowo *et al.*, 2001). Di dalam tanah logam berat dapat dijerap oleh partikel tanah ataupun bahan organik melalui ikatan koordinasi ataupun ikatan elektrostatik, sehingga ketersediaannya di dalam tanah berbeda-beda.

Penelitian bertujuan untuk mempelajari daya erap *Inceptisols* Brebes terhadap Cd, ketersediaan Cd pada larutan tanah, dan serapan Cd oleh tanaman indikator bawang merah. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengantisipasi kemungkinan terjadinya pencemaran Cd dalam tanah dan tanaman pada masa yang akan datang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian daya erap Cd dilaksanakan di laboratorium, sedangkan serapan Cd oleh tanaman bawang merah diteliti di rumah kaca Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat pada tahun 2001. Penelitian diawali dengan survei tanah untuk mengetahui distribusi kadar Cd, kadar liat, reaksi tanah (pH), dan penyebaran penanaman bawang merah di Brebes. Lokasi ini menurut peta Tanah Tinjau 1966 skala 1:250.000 tergolong tanah aluvial kelabu tua, dan jika menurut USDA Soil Taxonomy (1975) tanah ini tergolong Inceptisols (Hardjowigeno, 1993). Contoh perwakilan untuk bahan penelitian dipilih tanah yang mempunyai kandungan Cd terendah dan berasal dari lokasi yang ditanami bawang merah minimal 1 tahun sekali. Penetapan contoh dengan kadar Cd yang tergolong rendah dimaksudkan agar besaran nilai daya erap dan daya sangga dapat terwakili dari nilai terendah sampai tertinggi, dan kapasitas erapan maksimum dapat dicapai secara optimal. Pemilihan lokasi Brebes sebagai daerah penelitian karena daerah ini merupakan sentra produksi sayuran terutama bawang merah yang terluas (>15.000 ha) dibandingkan dengan daerah sentra produksi lainnya.

Contoh tanah diambil dari lapisan olah pada kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah bulk merupakan kumpulan dari beberapa contoh tanah komposit yang dicampur homogen. Contoh tanah kemudian dikeringanginkan.

Studi erapan Cd

Studi erapan dilaksanakan dengan menggunakan prosedur 'Model Absorpsi Langmuir'. Kelebihan Model ini dapat mengukur erapan maksimum dan energi erapan dibandingkan dengan model absorpsi lainnya. Penelitian menggunakan satu contoh tanah yang diulang 2 kali (duplo). Contoh tanah keringangin kemudian diayak dengan ayakan 2 mm, ditimbang dalam 1 l botol kocok masing-masing sebanyak 2 g. Larutan CaCl₂ 0,001

M dengan berbagai konsentrasi Cd (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 ppm) ditambahkan sebanyak 20 ml, dan diinkubasi selama 1 minggu. Setiap hari larutan dikocok selama 1 jam. Pada hari ke 8, larutan disaring untuk mendapatkan ekstrak jernih yang kemudian diukur kadar Cd dalam larutan dengan spektrofotometer serapan atom (AAS) pada panjang gelombang 228,8 nm.

Model Langmuir adalah sebagai berikut (Persamaan 1) :

$$x = \frac{kx_m C}{1 + kx} \quad \dots \dots \dots (1)$$

- dimana kx_m : daya sangga (ml μg^{-1})
 x_m : kapasitas erap maksimum ($\mu\text{g g}^{-1}$)
 k : daya erap/konstanta energi ikatan ($\text{mg } \mu\text{g}^{-1}$)
 x : Cd yang diserap ($\mu\text{g g}^{-1}$)
 C : Cd terlarut ($\mu\text{g ml}^{-1}$)

Respon dan serapan Cd pada tanaman bawang merah

Respon dan serapan tanaman bawang merah terhadap Cd dipelajari di rumah kaca dengan menggunakan 2 kg tanah per pot dan ditanami bawang merah selama 2 bulan. Tanah yang telah diberi berbagai tingkat Cd diinkubasi selama 1 minggu sebelum tanam. Takaran pupuk dasar adalah sebagai berikut : 250 kg SP-36 ha⁻¹, 100 kg KCl ha⁻¹, dan 150 kg urea ha⁻¹.

Parameter yang diamati antara lain: berat umbi dan daun, serapan Cd pada umbi dan daun, sifat tanah awal sebelum perlakuan, Cd tersedia atau Cd terekstrak sebelum tanam dan setelah panen (Olsen-EDTA) dan Cd total (ekstrak HNO₃-HClO₄) pada tanah awal.

Rancangan percobaan adalah rancangan acak lengkap dengan 6 perlakuan dan diulang tiga kali. Perlakuan yang diaplikasikan meliputi Cd bertingkat: 0, 25, 50, 100, 200, dan 400 ppm Cd (Cd(NO₃)₂).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat tanah

Tanah Inceptisols Brebes dicirikan oleh tekstur liat berat dengan kandungan liat >70%, dan reaksi tanah agak masam (Tabel 1). Kandungan C, N serta nisbah C/N tergolong rendah. Kapasitas tukar kation sangat tinggi dan basa-basa dapat dipertukarkan tinggi sampai sangat tinggi, sehingga menghasilkan kejenuhan basa yang tinggi. Kadar P dan K potensial dan tersedia sangat tinggi. Dari keseluruhan sifat tersebut, tanah Inceptisols Brebes tergolong mempunyai tingkat kesuburan tanah sangat tinggi.

Tabel 1. Hasil analisis sifat fisik dan kimia tanah Inceptisols Brebes

Table 1. Soil physical and chemical analyses of Inceptisols Brebes

Sifat tanah	Nilai	Metode/ Ekstraksi
Tekstur (%)		
Pasir	4	Pipet
Debu	21	Pipet
Liat	75	Pipet
pH		
H ₂ O	5,9	pH meter
KCl	5,3	pH meter
Bahan organik		
C (%)	0,62	Kurmies
N (%)	0,10	Kjedahl
(C/N)	6	
P ₂ O ₅		
HCl 25% (mg/100 g)	120	HCl 25%
Bray (ppm)	30,4	Bray 1
Olsen (ppm)	83	Olsen
K ₂ O		
Kation (cmol _c kg ⁻¹)		
Ca	26,24	NH ₄ OAc pH 7,0
Mg	13,92	NH ₄ OAc pH 7,0
K	0,57	NH ₄ OAc pH 7,0
Na	1,64	NH ₄ OAc pH 7,0
KTK	48,58	NH ₄ OAc pH 7,0
KB (%)	87,5	
Cd Total (ppm)	0,23	HNO ₃ -HClO ₄
Cd-terekstrak (ppm)	0,16	Olsen-EDTA

Tanaman bawang merah memerlukan pH tanah yang tidak terlalu masam, ketersediaan basa-basa yang cukup, kapasitas tukar kation yang sedang sampai tinggi. Dengan demikian tanah

tersebut di atas sangat sesuai untuk budidaya bawang merah. Salah satu kendala bagi optimalisasi budidaya dan kelestarian produktivitas bawang merah pada tanah ini adalah rendahnya kadar bahan organik tanah.

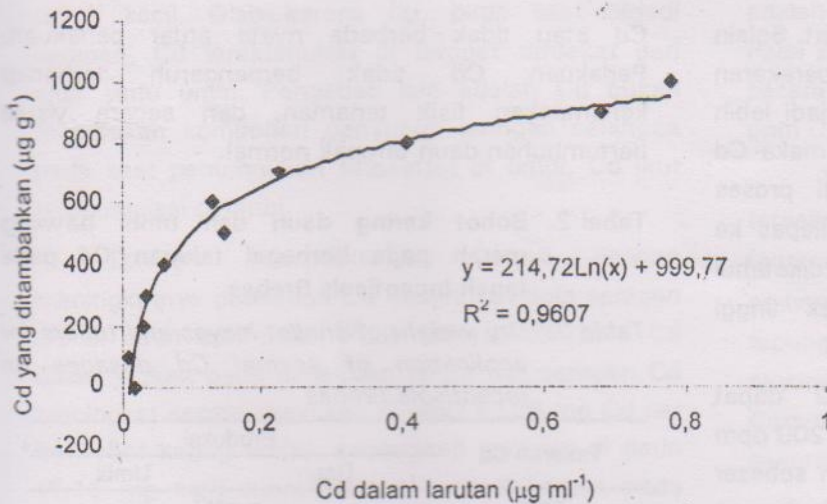
Kadar Cd tersedia (Olsen-EDTA) tanah awal sebesar 0,16 ppm, sedangkan Cd total terukur sebesar 0,23 ppm. Dari hasil survei Sri Adiningsih *et al.* (2003) tentang distribusi pencemaran tanah oleh bahan agrokimia didapatkan informasi bahwa di daerah Brebes kadar Cd tersedia (Olsen-DTPA) dalam kisaran nilai 0,07-0,19 ppm sedangkan kadar Cd total (HClO₄ + HNO₃) dalam kisaran nilai 0,13-0,45 ppm.

Erapan Cd

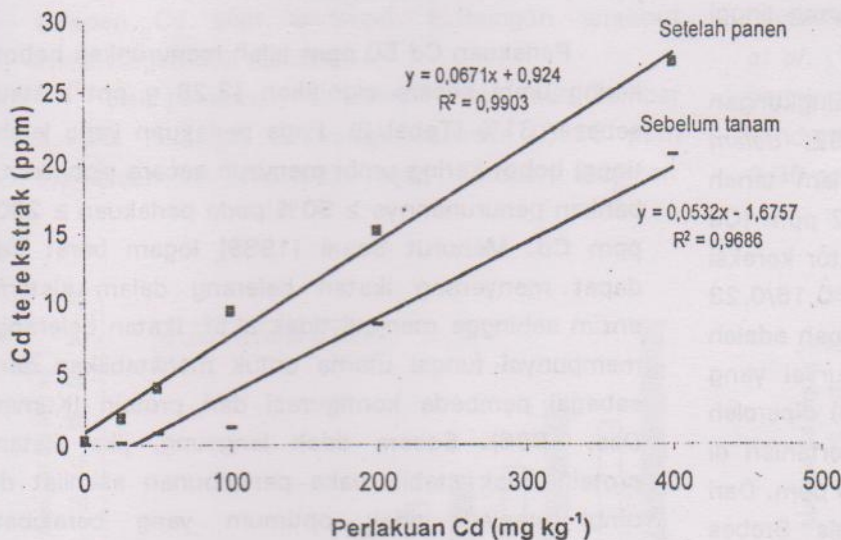
Kurva erapan Cd merupakan hubungan antara Cd yang ditambahkan dengan yang terekstrak (Gambar 1). Menurut Schulthess dan Dey (1996) erapan dapat dihitung menggunakan persamaan isoterm Langmuir yang menerangkan hubungan antara Cd tanah dalam larutan dengan dalam fase padat. Dengan menggunakan persamaan isoterm Langmuir didapatkan bahwa tanah Inceptisols Brebes mempunyai kapasitas erap maksimum yang sangat tinggi (x_m) sebesar 879 $\mu\text{g g}^{-1}$ atau sebesar 1.758 kg Cd ha⁻¹. Angka-angka ini diperoleh dengan cara melinierkan Persamaan 1 dan Gambar 1.

Dari persamaan awal $x = (kx_m C)/(1 + kx)$ dibuat suatu persamaan linier $y = ax + b$, sehingga diperoleh $y = 1/x$; $a = (1/kx_m)$; $x = C$; dan $b = (1/x_m)$. Dengan rumus yang sama didapatkan bahwa daya erap (k) dan daya sangga (kx_m) masing-masing sebesar 14,78 ml μg^{-1} dan 12.987 ml μg^{-1} . Daya erap dan daya sangga yang tinggi menunjukkan kemampuan tanah yang tinggi untuk menyerap dan mempertukarkan Cd.

Daya erap dan daya sangga yang tinggi salah satunya dipengaruhi oleh kadar liat aktif yang tinggi. Seperti diketahui bahwa liat aktif merupakan komponen tanah yang bersifat koloidal dengan muatan dominan negatif sehingga mampu menyerap



Gambar 1. Erapan Cd tanah Inceptisols Brebes
Figure 1. Cadmium adsorption by Inceptisols Brebes



Gambar-2. Cadmium terekstrak tanah sebelum tanam dan setelah panen pada tanah Inceptisols Brebes

Figure 2. Extractable Cd in Inceptisols Brebes before planting and after harvesting

kation lebih besar dengan gaya elektrostatis terutama pada permukaannya (Tan, 1991). Alloway (1990) mengemukakan bahwa selain kadar liat, sifat-sifat tanah seperti pH, kadar bahan organik, dan KTK akan mempengaruhi ambang batas logam berat

dalam tanah, dan pada akhirnya berpengaruh terhadap daya sangga tanah terhadap Cd. Hasil penelitian Fitriyani (1999) menunjukkan daya erap tanah meningkat dengan semakin tinggi nilai pH dan KTK tanah.

Dari Gambar 1 dapat dikatakan jika Cd ditambahkan ke dalam tanah sebesar 483 mg kg⁻¹ atau setara 966 kg Cd ha⁻¹, misalnya sebagai bahan ikutan dalam pupuk, pestisida maupun limbah industri dalam jumlah besar dan atau dalam jangka waktu yang lama, maka dalam ekstrak tanah akan terukur sebesar 0,09 µg ml⁻¹. Nilai terekstrak Cd 0,09 ppm akan menyebabkan serapan Cd dalam umbi bawang merah sebesar 0,24 ppm. Nilai 0,24 ppm merupakan nilai ambang batas Cd dalam tepung (WHO).

Cd tersedia dalam tanah

Hasil analisis Cd terekstrak tanah atau Cd tersedia sebelum tanam (setelah perlakuan) dan setelah panen disajikan pada Gambar 2. Cadmium terekstrak sebelum tanam lebih rendah dibandingkan setelah panen. Keadaan ini menunjukkan bahwa sesaat setelah pemberian terjadi proses adsorpsi yang sangat cepat pada permukaan tanah mengingat kandungan liat tanah sangat tinggi. Liat tanah tergolong mempunyai aktivitas tinggi (*high activity clay*) seperti diperlihatkan oleh nilai kapasitas erapan yang sangat besar. Pendugaan jenis liat beraktivitas tinggi didasarkan pada kadar liat yang

tinggi dan daya erap yang tinggi pula. Hasil analisis kadar bahan organik tergolong sangat rendah.

Hasil analisis setelah panen menunjukkan, Cd terekstrak lebih besar karena, dengan bertambahnya waktu, telah terjadi kesetimbangan antara Cd dalam

larutan tanah dengan Cd pada permukaan liat. Selain itu penambahan pupuk dasar dan adanya perakaran menambah dinamika Cd dalam tanah menjadi lebih tinggi. Pada saat tanaman menyerap Cd, maka Cd dalam larutan menjadi menurun. Melalui proses kesetimbangan, Cd dari permukaan liat dilepas ke dalam larutan. Dari kegiatan studi erapan diketahui bahwa daya sangga tanah ini termasuk tinggi ($12.987 \text{ ml } \mu\text{g}^{-1}$).

Dari persamaan pada Gambar 2 dapat disimpulkan bahwa jika tanah diaplikasikan 200 ppm Cd, maka Cd tersedia dalam larutan tanah sebesar 8,51 ppm yang berbeda secara signifikan dengan perlakuan ≤ 100 ppm yaitu sebesar $\leq 1,17$ ppm. Sedangkan setelah panen, pada perlakuan 100 ppm, Cd tersedia sebesar 9,34 ppm yang berbeda secara signifikan dengan perlakuan Cd ≤ 50 ppm yaitu sebesar $\leq 3,93$ ppm. Hubungan antara perlakuan Cd dengan Cd tersedia sebelum tanam dan setelah panen mempunyai koefisien regresi (R^2) yang tinggi (0,9686 dan 0,9903).

Menurut Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan Dal Housie University (1992, dalam Munarso, 2003), ambang kritis Cd dalam tanah pertanian secara umum adalah sebesar 2 ppm (Cd total). Pada tanah Inceptisols Brebes, faktor koreksi untuk Cd total ke Cd-terekstrak sebesar 0,16/0,23 maka nilai ambang kritis Cd-terekstrak tanah adalah $2 \times (0,16/0,23) = 1,39$ ppm. Hasil survei yang dilakukan oleh Sri Adiningsih *et al.* (2003) diperoleh kadar Cd-terekstrak pada tanah-tanah pertanian di Brebes adalah berkisar antara 0,08 – 0,19 ppm. Dari hasil penelitian untuk tanah Inceptisols Brebes menunjukkan bahwa penambahan Cd ke dalam tanah sampai $966 \text{ kg Cd ha}^{-1}$ pun dalam larutan tanah baru terukur $0,09 \mu\text{g g}^{-1}$ atau setara 0,09 ppm.

Produksi bawang merah

Tanaman bawang merah sebagai tanaman indikator dipanen pada umur 8 minggu setelah tanam (MST). Seperti yang terlihat pada Tabel 2, bobot kering daun bawang merah dengan nilai rata-rata $1,67 \text{ g pot}^{-1}$ tidak dipengaruhi oleh perlakuan

Cd atau tidak berbeda nyata antar perlakuan. Perlakuan Cd tidak berpengaruh terhadap kenampakan fisik tanaman, dan secara visual pertumbuhan daun tampak normal.

Tabel 2. Bobot kering daun dan umbi bawang merah pada berbagai takaran Cd pada tanah Inceptisols Brebes

Table 2. Dry weight of shallot leaves and tubers for application of several Cd dosages on Inceptisols Brebes

Takaran Cd	Produksi	
	Daun	Umbi
ppm g pot ⁻¹	
0	1,61 a	4,75 a
25	1,68 a	4,55 a
50	1,50 a	3,28 ab
100	1,62 a	2,76 b
200	1,64 a	2,05 b
400	1,98 a	2,01 b
CV (%)	20	29
LSD	0,608	1,680

Perlakuan Cd 50 ppm telah menurunkan bobot kering umbi secara signifikan ($3,28 \text{ g pot}^{-1}$) atau sebesar 31% (Tabel 2). Pada perlakuan yang lebih tinggi bobot kering umbi menurun secara signifikan, bahkan penurunannya $\geq 50\%$ pada perlakuan ≥ 200 ppm Cd. Menurut Saeni (1989) logam berat Cd dapat menyerang ikatan belerang dalam sistem enzim sehingga menjadi tidak aktif. Ikatan belerang mempunyai fungsi utama untuk menstabilkan dan sebagai pembeda konfigurasi dari protein (Kumar Das, 1996). Secara tidak langsung, jika ikatan protein tidak stabil maka penimbunan asimilat di umbi menjadi tidak optimum yang berakibat terhadap penurunan bobot kering tanaman.

Total Cd dalam bawang merah

Pada Gambar 3 disajikan hasil analisis serapan Cd pada umbi dan daun bawang merah. Akumulasi Cd lebih banyak terkonsentrasi pada umbi daripada di daun, dengan jumlah lebih besar dari 125%. Penumpukan ini salah satunya disebabkan karena Cd adalah logam berat dengan berat atom dan diameter yang besar sehingga mempunyai mobilitas yang

relatif kecil. Oleh karena itu, pada saat terjadi serapan, Cd terakumulasi di tempat terdekat dari akar yaitu umbi. Penyebab lain adalah Cd bukan merupakan komponen penyusun jaringan sehingga pada saat penumpukan fotosintat di umbi, Cd ikut terakumulasi di umbi.

Terdapat kecenderungan bahwa dengan meningkatnya perlakuan Cd meningkat pula serapan Cd di daun dan umbi. Pada takaran 25 ppm Cd dibandingkan pada perlakuan tanpa Cd, serapan Cd meningkat secara signifikan di umbi (2,36 mg Cd per kg bobot kering umbi), sedangkan serapan di daun (7,16 mg kg⁻¹) menunjukkan berbeda nyata pada perlakuan 200 ppm Cd dibandingkan dengan perlakuan <200 ppm.

Hubungan Cd-tersedia dan serapannya

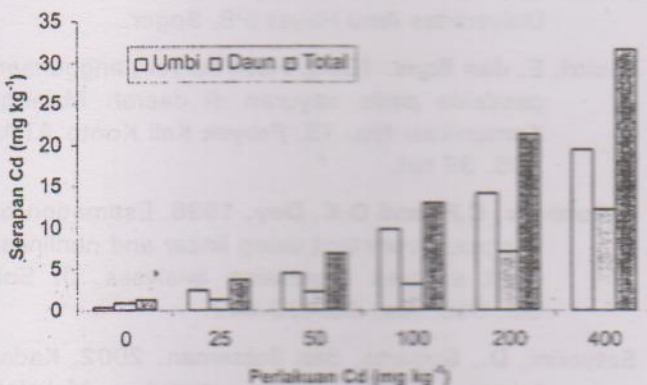
Terdapat pola bahwa peningkatan ketersediaan Cd dalam larutan tanah akan meningkatkan serapan Cd oleh tanaman. Hubungan tersebut adalah logaritmik (Gambar 4).

Dari persamaan Cd dalam umbi pada Gambar 4, jika nilai Cd terekstrak sebesar 0,336 ppm (perlakuan 50 ppm Cd) maka serapan tanaman

adalah sebesar 4,57 mg Cd per kg bawang merah. Pada perlakuan 50 ppm Cd produksi umbi menurun secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan 25 ppm Cd.

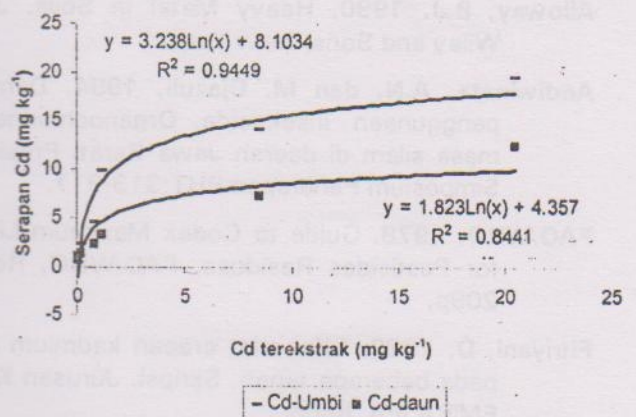
Total serapan Cd sebesar 4,57 mg Cd kg⁻¹ tersebut melampaui ambang batas Cd dalam tanaman dan tidak aman untuk dikonsumsi, karena ambang batas Cd menurut WHO untuk kelompok tepung 0,24 ppm (belum ada untuk kelompok sayuran), dan menurut Codex Alimentarius Commission nilai batas Cd dalam kelompok tanaman sayuran sebesar 0,05 ppm.

Dengan demikian jika bawang merah mengandung > 0,24 ppm Cd maka tidak layak konsumsi karena batas toleransi intake logam berat Cd menurut FAO/WHO tiap minggunya adalah <420 µg untuk orang dewasa dengan berat badan 60 kg, atau setara <1,68 mg Cd per kg bawang merah (asumsi intake sebesar 0,25 kg bawang merah per jiwa per minggu). Hasil penelitian Purwani et al. (1999) pada tanah dari Brebes, menunjukkan perlakuan pemberian 12 ppm Cd mengakibatkan kandungan Cd dalam umbi bawang merah sebesar 2,30 ppm.



Gambar 3. Pengaruh perlakuan Cd terhadap total serapan Cd pada umbi dan daun bawang merah varietas Bima pada tanah Inceptisols Brebes

Figure 3. Effects of Cd application on total Cd uptake by shallot tubers and leaves on Inceptisols Brebes



Gambar 4. Hubungan antara Cd terekstrak (Cd tersedia) dengan total serapan Cd tanaman bawang merah

Figure 4. Relationship between extractable or available Cd with total Cd-adsorption by shallot

KESIMPULAN

1. Tanah Inceptisols Brebes mempunyai daya erap, daya sangga dan kapasitas erapan maksimum terhadap Cd tergoiung tinggi berturut-turut sebesar 14,78 ml μg^{-1} ; 12.987 ml μg^{-1} ; dan 879 $\mu\text{g g}^{-1}$.
2. Ketersediaan Cd pada tanah Inceptisols Brebes dapat dihitung dengan persamaan :

$$Cd_{\text{tersedia}} = 0,0532(Cd_{\text{perlakuan}}) - 1,6757,$$

$$R^2 = 0,9686 \text{ (sebelum tanam) } \dots\dots\dots (1)$$

$$Cd_{\text{tersedia}} = 0,0671(Cd_{\text{perlakuan}}) + 0,924,$$

$$R^2 = 0,9903 \text{ (setelah panen) } \dots\dots\dots (2)$$
3. Dari persamaan (1), penambahan 33 kg Cd ha⁻¹ ke dalam tanah akan terukur Cd terekstrak 0,09 ppm dan serapan Cd dalam tanaman bawang merah sebesar 0,24 ppm (nilai ambang batas oleh WHO 0,24 ppm).
4. Perlakuan Cd sebesar 50 ppm berakibat menurunkan produksi bawang merah secara signifikan sebesar 31% dan meningkatkan serapan Cd sebesar 4,57 ppm.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. Heavy Metal in Soils. John Wiley and Sons, New York.
- Andiwinata, A.N. dan M. Djazuli. 1994. Dampak penggunaan insektisida Organochlorine di masa silam di daerah Jawa Barat. Prosiding Simposium Penerapan PHT:313-317.
- FAO/WHO. 1978. Guide to Codex Maximum Limits for Pesticides Residues. FAO/WHO, Rome. 209p.
- Fitriyani, D. 1999. Sifat-sifat erapan kadmium (Cd) pada beberapa tanah. Skripsi. Jurusan Kimia FMIPA IPB, Bogor.
- Gayatri dan V.T. Riza. 1994. Bunga Rampai Residu Pestisida dan Alternatifnya. PAN Indonesia, Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. Edisi pertama. Akademika Pressindo, Jakarta.
- limura, K. 1981. Chemical forms and behavior of heavy metal in soils. In Kakuzo, K. dan I. Yamane (Eds). Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. Japan Scientific Societies Press, Tokyo.
- Kumar Das. 1996. Introductory: Soil Science. Kalyani Publisers, Ludhiana.
- Leagreid, M., O.C. Buckman, and O. Kaarstad. 1999. Agriculture, Fertilizers, and The Environment. Cabi Publishing, Norway.
- Munarso, S.J. 2003. Regulasi kontaminasi cadmium dalam Codex Alimentarius Commission. Workshop Analisis Cd. Bogor, 1 April 2003. Balai penelitian Tanah-Puslitbangtanak, Bogor.
- Ohsawa, K., S. Hartati, S. Nugrohati, Hardjono S., K. Untung, N. Arya, K. Sumirat, and S. Kuwatsuka. 1985. Residue analysis of Organochlorine and Organophosphorus pesticides in soils, water and vegetables from Central Java and Bali. Ecol. Impact of IPM in Indonesia : 59-70.
- Prihatini T., J. Purwani, dan Nurjaya. 2003. Pengaruh bahan organik terhadap populasi bakteri dan pencemaran tanah pada pertanaman bawang merah di Tegal dan Brebes. Disajikan dalam "Seminar Pengelolaan Lingkungan Pertanian" tgl 21 Oktober 2003 di UNS-Solo.
- Saeni, M.S. 1989. Kimia Lingkungan. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat IPB, Bogor.
- Savitri, E. dan Iloga. 1989. Hasil survei penggunaan pestisida pada sayuran di daerah Malang. Komunikasi No. 13. Proyek Kali Konto ATA-206. 39 hal.
- Schulthess, C.P. and D.K. Dey. 1996. Estimation of Langmuir constant using linear and nonlinear least squares regression analyses. J. Soil Sci. Soc. Am, 60:433-442.
- Setyorini, D., Suparto, dan Sulaeman. 2002. Kadar logam berat dalam pupuk. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Kudus, 4 Nopember 2002.
- Sri Adiningsih, J., Nurjaya, T. Prihatini, dan A. Nugraha. 2003. Identifikasi dan Inventarisasi Pencemaran Bahan Agrokimia di Daerah Sentra Tanaman Sayuran. Laporan Akhir:

Bagian proyek penelitian dan pengembangan kesuburan tanah dan iklim. No. 18-a/Puslitbangtanak/2002. Balai Penelitian Tanah, Bogor. (Tidak Diterbitkan).

Subowo, E. Tuherkih, A.M. Kurniawansyah, dan I. Nasution. 1999. Identifikasi dan evaluasi pencemaran Cd untuk padi gogo. Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Puslittanak, Bogor.

Sumarni, N., dan R. Rosliani. 1996. Efisiensi pemupukan NPK pada sistem tanaman bawang merah dan cabai. Prosiding Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jakarta.

Tan, K.H. 1991. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University, Yogyakarta.

Taylor, R.W. and G.F. Griffin. 1981. The distribution of topically applied heavy metals in the soils. *J. Plant and Soil*. 62: 147-152.

Tim Peneliti Baku Mutu Tanah. 2000. Pengkajian baku mutu tanah pada lahan pertanian. Laporan akhir Kerjasama antara Proyek Pengembangan Penataan Lingkungan Hidup-Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Jakarta dan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat-Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. No. 50/Puslittanak/2000.