

Batas Kritis Merkuri dan Kadmium pada Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts untuk Padi Sawah

Critical Limit of Mercury and Cadmium on Typic Dystrudepts and Typic Hapluderts of Paddy Field

H. SUGANDA¹, A. KASNO¹, DAN B.H. PRASETYO²

ABSTRAK

Limbah Industri dapat menyebabkan pencemaran pada lahan pertanian, yang seringkali berakibat pada terbawanya logam berat pada produk pertanian. Pencemaran Merkuri dan Kadmium pada tanah sawah sulit terlihat pada pertumbuhan tanaman padi, tetapi kadar Merkuri dan Kadmium pada beras, sudah ada yang melampaui tingkat yang membahayakan kesehatan manusia. Untuk itu, batas kritis kandungan Merkuri dan Kadmium pada tanah sawah perlu diteliti. Penelitian dilaksanakan pada dua tanah dengan mineral liat yang berbeda yaitu Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts. Tanah-tanah yang mengandung kadar logam berat seperti Merkuri dan Kadmium yang melampaui batas kritis supaya diremediasi secara fisik, kimia atau biologi sebelum digunakan kembali untuk lahan pertanian. Tujuan Penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh logam berat terhadap hasil panen, hubungan antara konsentrasi logam berat dalam tanah dengan konsentrasi yang terdapat dalam beras, dan batas kritis konsentrasi Merkuri dan Kadmium pada tanah. Penelitian dilakukan di laboratorium untuk menentukan erapan maksimum tanah terhadap Merkuri dan Kadmium, selanjutnya di rumah kaca dengan menggunakan pot-pot yang diberi tanah Typic Dystrudepts, dan Typic Hapluderts sebagai media tumbuh. Masing-masing pot diisi 7,5 kg tanah kering. Tanah dalam pot diberi Merkuri atau Kadmium dengan takaran : 0; 0,1; 0,2; 0,4; dan 0,6 erapan maksimum tanah, kemudian diaduk dan diinkubasi selama tujuh hari. Pot-pot tersebut ditanami padi IR-64 sebagai tanaman indikator. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan ulangan tiga kali. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan Merkuri dalam tanah tidak menurunkan hasil beras, sebaliknya peningkatan Kadmium mengakibatkan penurunan hasil beras. Koefisien korelasi (r) antara Merkuri yang ditambahkan dalam tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts dengan beras, masing-masing 0,79 dan 0,94, sedangkan untuk Kadmium yaitu 0,98 dan 0,97. Batas kritis Merkuri pada Typic Hapluderts dan Typic Dystrudepts masing-masing 7,1 dan 13,6 mg kg⁻¹, sedangkan batas kritis Kadmium yaitu 3,9 dan 6,9 mg kg⁻¹.

Kata kunci : Logam berat Merkuri dan Kadmium, Typic Dystrudepts, Typic Hapluderts, Hasil padi

ABSTRACT

Industrial wastes may pollute agricultural land, which is leading to the contamination of agricultural yield by heavy metals. The pollution of Mercury (Hg) and Cadmium (Cd) on paddy field on rice growth is hard to observe, but the contents of Mercury (Hg) and Cadmium (Cd) on hulled-rice exceed the safety level. Therefore Research should be conducted to study the critical limit of Hg and Cd in soils from paddy field. Soil polluted by Hg and Cd should be remediated physically, chemically, or biologically before it is used for agricultural land. The objectives

of the study were to know the effect of heavy metal on harvest yields; to find out the relationship between the contents of Mercury and Cadmium in the soil and in rice, and to determine the critical level of Hg and Cd in the soil. The study was preceded at the laboratory for determining maximum adsorption of Mercury and Cadmium by soil, and then at green house using pots containing Typic Dystrudepts and Typic Hapluderts as much as 7.5 kg of dry soil. Each pot was given treatments of Mercury and Cadmium with the rate of ; 0, 0.1, 0.2, 0.4, and 0.6 of maximum adsorption by soil, afterward stired and incubated for seven days. Each pot was planted with rice IR-64 as indicator plant. This experiment used Randomised Completely Design with three replicates. The research results showed that the increase of Hg content in soil does not decrease unhulled-rice yield, on the contrary the increase of Cd in soil decreases hulled-rice. Coefficient of correlation (r) between Mercury content in soil and in hulled-rice is 0.79 and 0.94 respectively, while for Cadmium is 0.98 and 0.97. The critical limit of Mercury content in Typic Hapluderts and Typic Dystrudepts is 7.1 and 13.6 mg kg⁻¹ respectively, while the critical limit of Cadmium in Typic Hapluderts and Typic Dystrudepts is 3.9 and 6.9 mg kg⁻¹.

Keywords : Mercury and Cadmium heavy metals, Typic Dystrudepts, Typic Hapluderts, Rice yields

PENDAHULUAN

Limbah di daerah pertanian, khususnya yang berbentuk cairan berlumpur, yang secara terus-menerus terendapkan di lahan pertanian dalam jangka panjang dapat menurunkan produktivitas hasil panen, dan menurunkan kualitas produk pertanian, karena mengandung bahan beracun berbahaya, seperti : logam berat Merkuri (Hg), Kadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Chrom (Cr). Industri tekstil dan penambangan emas, sebagai contoh, menghasilkan limbah yang mengandung logam berat, seperti Hg dan Cd. Jika bahan ini terendapkan di lahan pertanian, konsentrasi kedua logam berat tersebut dalam tanah dan tanaman akan meningkat. Kedua logam berat tersebut, jika terkonsumsi

1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor
2. Peneliti pada Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor

melalui makanan dalam jangka panjang akan menyebabkan penyakit "minamata" dan "itai-itai", bahkan kematian. Hasil penelitian Sismiyati *et al.* (1993) menyebutkan bahwa kandungan Cd dalam beras di beberapa daerah berkisar antara 0,31-0,33 mg kg⁻¹ dan ini sudah melampaui ambang kritis. Kasno *et al.* (2000) menemukan bahwa beras di Bekasi dan Karawang mengandung Cd sampai melampaui batas maksimum yang boleh dikonsumsi. Kandungan Cd tanah sawah yang menggunakan air irigasi tercemar limbah industri tekstil di kawasan Rancaekek-Cicalengka, Bandung berkisar antara 0,05-0,19 mg kg⁻¹ sedangkan Cd dalam jerami dan beras berkisar 0,029-0,351 dan 0,026-0,18 mg kg⁻¹ (Suganda *et al.*, 2002).

Upaya mitigasi peningkatan konsentrasi logam berat sampai ambang kritis dalam produk pertanian perlu dilakukan dengan cara pengendalian limbah sebelum dikeluarkan dari pabrik dan penanggulangannya dilakukan pada tanah yang sudah tercemar. Sebagai tahap awal dalam menemukan teknologi penanggulangannya, identifikasi tingkat pencemaran yang terjadi pada tanah tersebut perlu dilakukan. Diduga semakin tinggi konsentrasi bahan pencemar dalam tanah, semakin tinggi pula konsentrasi bahan itu dalam komponen hasil panen. Subowo *et al.* (1994) menyimpulkan bahwa kandungan Cd dalam tanah berkorelasi nyata dan positif terhadap kandungan Cd dalam beras. Pengetahuan tentang hubungan konsentrasi logam berat dalam tanah dengan konsentrasi dalam tanaman akan bermanfaat dalam menentukan batas kritis logam berat tersebut dalam tanah.

Perbedaan sifat-sifat tanah menyebabkan perbedaan kapasitas sangga tanah terhadap bahan pencemar. Tanah dengan fraksi liat yang didominasi oleh tipe liat 2:1, akan memiliki daya sangga atau erapan maksimum terhadap bahan pencemar tinggi pula, karena mempunyai kapasitas tukar kation tinggi. Penentuan tingkatan tanah yang sudah tercemar perlu menggunakan nilai erapan maksimum dari tanah tersebut terhadap bahan pencemarnya.

Dalam penelitian ini dicobakan beberapa tingkat pemberian logam berat Hg dan Cd ke dalam tanah yang didasarkan pada erapan maksimum dari dua jenis tanah yang umum dijumpai pada lahan sawah di Jawa, yaitu : Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts.

Penelitian bertujuan untuk (i) mengetahui hubungan antara konsentrasi Hg dan Cd dalam tanah sawah dengan konsentrasi yang terdapat dalam tanaman, (ii) menemukan batas kritis konsentrasi Hg dan Cd dalam tanah sawah dan batas kritis pada beras.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dalam dua tahap, yaitu: (i) penelitian di laboratorium untuk menentukan erapan maksimum tanah terhadap Hg dan Cd, (ii) penelitian di rumah kaca untuk menentukan pengaruh penambahan Hg dan Cd pada tanah terhadap hasil padi, dan konsentrasi logam tersebut dalam jerami dan beras.

Waktu dan tempat

Penelitian dilakukan pada bulan Agustus sampai Desember 2003 melalui dua tahap. Tahap pertama menentukan erapan maksimum tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts terhadap Hg dan Cd dilaksanakan di laboratorium penelitian tanah, Balai Penelitian Tanah di Sindangbarang, Bogor, dan tahap kedua percobaan pot dilakukan di rumah kaca, Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati.

Contoh tanah Typic Dystrudepts diambil dari lahan sawah Kecamatan Gabus, Kabupaten Pati, Jawa Tengah sedangkan Typic Hapluderts diambil dari lahan sawah di Desa Karang Asri, Kecamatan Ngawi, Kabupaten Ngawi, Jawa Timur. Kedua jenis tanah tersebut umumnya mempunyai tekstur liat dan lempung yang sering dijumpai pada lahan sawah di Jawa. Lokasi lahan sawah tersebut tidak tercemar limbah industri baik logam berat Hg maupun Cd.

Metode

Pengambilan contoh tanah

Contoh tanah diambil dari kedalaman 0-20 cm. Untuk analisis sifat fisik tanah, contoh tanah utuh diambil menggunakan "ring" tanah. Untuk analisis kimia, contoh tanah komposit diambil dari beberapa titik dalam satu petakan sawah, sedangkan untuk analisis mineral liat contoh tanah diambil pada bagian penampang kontrol profil tanah. Untuk percobaan pot di rumah kaca, cara pengambilan contoh tanah sama dengan cara pengambilan untuk analisis kimia tanah. Tanah yang diperlukan untuk tiap pot percobaan adalah 7,5 kg bobot kering mutlak, sehingga untuk masing-masing jenis tanah diperlukan sekitar 350 kg tanah basah.

Analisis tanah dan tanaman

Analisis tanah dilakukan dua kali, yaitu: sebelum perlakuan dan setelah perlakuan. Analisis tanah sebelum perlakuan meliputi analisis sifat fisik, kimia termasuk kandungan Hg dan Cd, dan mineral pada masing-masing tanah. Analisis setelah perlakuan meliputi kandungan Hg dan Cd pada tanah dan tanaman. Analisis tanah dan tanaman mengikuti prosedur yang dilakukan oleh Laboratorium Kesuburan Tanah, Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Parameter fisika tanah meliputi : tekstur tanah, *bulk density* (g cm⁻³), permeabilitas tanah (cm jam⁻¹) dan distribusi pori tanah (pF) yaitu ruang pori total, kapasitas lapang (pF 2,54), titik layu permanen (pF 4,2), dan pori air tersedia (% vol.). Analisis kimia tanah meliputi pH tanah (H₂O 1:5), C-organik (%), N-Total (%), P₂O₅ Olsen (mg kg⁻¹), K₂O Morgan (mg kg⁻¹), kapasitas tukar kation (KTK), NH₄-OAc, pH7 (cmol_c kg⁻¹), kandungan Hg (mg kg⁻¹) dan kandungan Cd (mg kg⁻¹) tersedia dengan CaCl₂ 0,1 M. Analisis mineral meliputi : penetapan jenis dan tipe mineral liat dilakukan dengan alat difraktogram sinar X (XRD), sedangkan analisis tanaman meliputi kandungan Hg dan Cd dalam beras.

Erapan maksimum tanah

Erapan maksimum yang dimaksud dalam penelitian ini adalah kemampuan tanah dalam menyerap logam berat oleh larutan tanah. Penentuan erapan maksimum Hg dan Cd oleh tanah dilakukan dengan pendekatan model Langmuir (Fox dan Kamprath, 1970), sebagai berikut :

$$x/m = \frac{kbC}{(1 + kC)} \dots\dots\dots (1)$$

dimana :

x/m = jumlah Hg atau Cd yang diserap per satuan berat tanah.

k = konstanta berkaitan dengan energi ikatan.

b = erapan maksimum.

C = konsentrasi Hg atau Cd dalam keseimbangan.

Persamaan (1) dapat diubah menjadi bentuk linier sebagai berikut :

$$C/x/m = 1/kb + C/b \dots\dots\dots (2)$$

Masing-masing contoh tanah ditimbang 2 g sebanyak 10 kali, dimasukkan ke dalam botol kocok, kemudian masing-masing ditambah 20 ml larutan CaCl₂ 0,01M yang mengandung 10 tingkat konsentrasi Hg atau Cd. Setelah itu, contoh tanah diinkubasi selama enam hari sambil dikocok dua kali sehari, masing-masing selama 30 menit. Setelah inkubasi selesai, larutan disaring dan masing-masing ekstrak jernih digunakan untuk mengetahui konsentrasi Hg dan Cd.

Hasil pengeplotan antara *C/x/m* dengan *C* akan diperoleh garis lurus dengan persamaan regresi linier, dimana nilai *b* persamaan regresi sama dengan *1/b* persamaan di atas, dan nilai *a* dalam persamaan regresi sama dengan *1/kb*, dengan demikian nilai *b* dan *k* dapat dihitung. Nilai *b* merupakan erapan maksimum dan *k* merupakan nilai energi ikatan suatu tanah. Nilai erapan maksimum Hg dan Cd ini akan digunakan sebagai penentu dosis Hg dan Cd di rumah kaca.

Perlakuan percobaan

Takaran Hg dan Cd yang digunakan didasarkan pada erapan maksimum tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts. Takaran yang digunakan adalah 0; 0,1; 0,2; 0,4; dan 0,6 kali erapan maksimum. Sebelum diberi perlakuan, tanah dalam pot digenangi selama seminggu kemudian ditambahkan Hg dan Cd lalu diaduk dengan tanah secara merata sesuai takaran, dan selanjutnya diinkubasi selama dua minggu. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tiga kali ulangan, sehingga terdapat 20 kombinasi perlakuan seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan antara jenis tanah dan logam berat Hg dan Cd

Table 1. Combination of treatments of soil types and concentrations of Hg and Cd

1. I Hg 0	6. I Cd 0	11. V Hg 0	16. V Cd 0
2. I Hg 0,1	7. I Cd 0,1	12. V Hg 0,1	17. V Cd 0,1
3. I Hg 0,2	8. I Cd 0,2	13. V Hg 0,2	18. V Cd 0,2
4. I Hg 0,4	9. I Cd 0,4	14. V Hg 0,4	19. V Cd 0,4
5. I Hg 0,6	10. I Cd 0,6	15. V Hg 0,6	20. V Cd 0,6

Keterangan :

I = Typic Dystrudepts, V = Typic Hapluderts

Varietas padi dan komponen hasil

Bibit padi (varietas IR 64) berumur 14 hari setelah semai dipindahkan dari persemaian ke dalam pot percobaan. Tiap pot percobaan ditanam tiga bibit tanaman padi. Komponen hasil panen yang diukur berupa jerami dan gabah kering giling (GKG). Gabah kering giling ditumbuk sehingga diperoleh hasil beras per pot, selanjutnya beras dihaluskan kemudian dianalisis untuk mengetahui kandungan logamnya.

Pemupukan

Pemupukan nitrogen, fosfor, dan kalium diberikan dalam bentuk urea, SP-36, dan KCl. Takaran pupuk urea dan KCl pada tanah Inceptisols dan Vertisols sama, yaitu 300 kg urea ha⁻¹ (1,125 g pot⁻¹) dan 50 kg ha⁻¹ (0,1875 g pot⁻¹), sedangkan SP-36 pada tanah Inceptisols 75 kg ha⁻¹ (0,2813 g

pot⁻¹) dan 50 kg ha⁻¹ (0,1875 g pot⁻¹) pada tanah Vertisols. Urea diberikan tiga kali, yaitu 0,4 takaran sehari sebelum tanam; 0,3 takaran dua minggu setelah tanam; dan 0,3 takaran diberikan 45 hari setelah tanam. KCl dan SP-36 diberikan sekali, yaitu sehari sebelum tanam.

Analisis statistik

Analisis sidik ragam digunakan untuk mengetahui pengaruh pemberian logam berat terhadap hasil jerami dan beras. Jika hasil analisis berbeda nyata, analisis lanjutan menggunakan beda nyata terkecil (BNT) dengan selang kepercayaan 95%. Persamaan regresi dan uji korelasi digunakan untuk menentukan hubungan antara logam berat yang diberikan ke dalam tanah dan kandungan Hg dan Cd dalam beras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat tanah

Beberapa sifat tanah yang digunakan sebagai media tumbuh pada percobaan ini disajikan pada Tabel 2. Tanah Typic Dystrudepts Pati (Jawa Tengah) mengandung mineral smektit, kaolinit, dan illit (tipe liat 1:1), fraksi liat 19%, dengan kapasitas tukar kation (KTK) 11,7 cmol_c kg⁻¹. Sementara itu tanah Typic Hapluderts Ngawi (Jawa Timur) didominasi oleh mineral smektit dengan tipe liat 2:1 dan sedikit kaolinit, fraksi liat sekitar 63%, dan KTK 47,3 cmol_c kg⁻¹. Perbedaan kedua karakteristik tanah ini berpengaruh terhadap perbedaan kemampuan tanah menyerap Hg dan Cd, dan ketersediaan hara bagi pertumbuhan dan hasil tanaman.

Secara alami, kedua tanah tersebut sudah mengandung logam berat Hg dan Cd, bukan akibat pencemaran tetapi sebagai turunan dari bahan induk tanah. Hasil analisis dengan menggunakan dua metode pengekstrak, yaitu CaCl₂ 0,01 M dan Morgan Wolf, kedua logam tersebut dalam tanah masih tergolong sangat rendah atau dapat dikatakan tanah tersebut belum tercemar (Tabel 2).

Tabel 2. Beberapa sifat fisik, kimia, mineral, dan sub grup tanah dari dua lokasi

Table 2. Some of physical, chemical, mineral properties and sub group of soils from two sites

Sifat Tanah	Typic Dystrudepts, Pati	Typic Hapluderts, Ngawi
<i>Mineral tanah</i>		
• Smektit	+++ (banyak)	++++ (dominan)
• Kaolinit	++ (sedang)	+ (sedikit)
• Illit	+ (sedikit)	- (tidak terdeteksi)
<i>Fisika tanah</i>		
Tekstur	Lempung (<i>loam</i>)	Liat (<i>clay</i>)
• Pasir (%)	34	14
• Debu (%)	47	23
• Liat (%)	19	63
<i>Bulk density</i> (g cm ⁻³)	1,17	1,27
Permeabilitas (cm jam ⁻¹)	3,25	0,45
Distribusi pori		
• Ruang pori total (% vol.)	55,8	52,1
• pF 2,54 (% vol.)	40,2	39,6
• pF 4,2 (% vol.)	21,0	26,0
• Air tersedia (% vol.)	19,2	13,6
<i>Kimia tanah</i>		
pH tanah (H ₂ O, 1:5)	5,0	6,0
C-organik (% berat)	0,79	0,67
N-Total (% berat)	0,10	0,10
P ₂ O ₅ Olsen (mg kg ⁻¹)	66	78
K ₂ O Morgan (mg kg ⁻¹)	39,1	142,8
KTK, NH ₄ -OAc, pH7 (cmol _c kg ⁻¹)	11,70	47,30
Total Cd (mg kg ⁻¹)	0,05	0,11
Hg tersedia, ekstrak CaCl ₂ 0,01 M (mg kg ⁻¹)	0,0006	0,0005
Cd tersedia, ekstrak CaCl ₂ 0,01 M (mg kg ⁻¹)	0,0090	0,0220
Hg, ekstrak Morgan Wolf (mg kg ⁻¹)	0,0007	0,0006
Cd, ekstrak Morgan Wolf (mg kg ⁻¹)	0,0200	0,0420

Erapan maksimum tanah

Berdasarkan hasil penelitian di laboratorium dengan aplikasi model Langmuir ternyata Typic Dystrudepts mengerap Hg dan Cd lebih rendah dibandingkan Typic Hapluderts. Hal ini karena tanah yang memiliki mineral liat tipe 2:1 mampu mengerap kedua logam berat itu lebih tinggi dibandingkan tanah dengan mineral liat tipe 1:1. Massa jenis logam juga berpengaruh terhadap erapan maksimum. Terbukti Hg yang memiliki massa jenis lebih tinggi, di erap tanah lebih rendah dibanding dengan Cd yang massa jenisnya lebih rendah (Tabel 3).

Tabel 3. Erapan maksimum tanah terhadap logam berat Hg dan Cd

Table 3. Maximum adsorption of soil on Hg and Cd

Logam berat	Erapan maksimum	
	Typic Dystrudepts	Typic Hapluderts
Hg (mg kg ⁻¹)	90	100
Cd (mg kg ⁻¹)	100	250

Pada percobaan rumah kaca, takaran untuk masing-masing logam berat yang digunakan yaitu 0; 0,1; 0,2; 0,4; dan 0,6 dari erapan maksimum tanahnya, sehingga konsentrasi yang ditambahkan untuk masing-masing perlakuan seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4. Konsentrasi logam berat pada masing-masing takaran erapan maksimum tanah

Table 4. Heavy metal content on each rates of maximum adsorption of the soil

Takaran terhadap erapan maksimum	Typic Dystrudepts		Typic Hapluderts	
	Hg	Cd	Hg	Cd
 mg kg ⁻¹			
0	0	0	0	0
0,1	9	10	10	25
0,2	18	20	20	50
0,4	36	40	40	100
0,6	54	60	60	150

Komponen hasil tanaman

Peningkatan Hg ternyata meningkatkan bobot jerami dan beras pada tanah Typic Hapluderts. Sebaliknya, peningkatan Cd justru menurunkan hasil beras pada tanah Typic Dystrudepts (Tabel 5). Takaran Cd lebih dari 0,4 erapan maksimum tanah menurunkan bobot beras secara nyata baik pada tanah Typic Dystrudepts maupun Typic Hapluderts. Bobot jerami kering tidak dipengaruhi oleh meningkatnya kandungan Cd dalam tanah.

Hubungan kandungan Hg dan Cd dalam tanah dengan dalam beras

Hubungan antara kandungan Hg atau Cd dalam tanah, baik pada Typic Dystrudepts maupun Typic Hapluderts, dan yang dalam beras nampak positif dan kuat, seperti ditunjukkan oleh koefisien korelasi (r) antara 0,79 sampai 0,98 (Gambar 1 dan 2). Semakin tinggi kandungan Hg dan Cd dalam tanah, semakin tinggi pula yang terkandung dalam beras. Dengan mengetahui kandungan logam berat dalam tanah, kandungan dalam beras dapat diketahui dengan mudah menggunakan persamaan, atau sebaliknya. Kandungan logam berat dalam beras ditentukan oleh seberapa besar konsentrasi logam berat (Hg maupun Cd) dalam tanahnya.

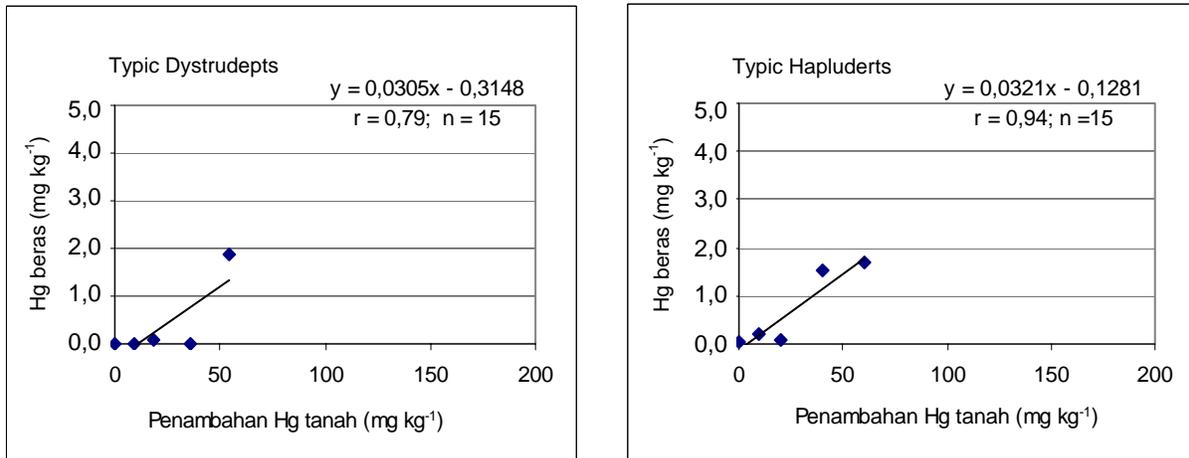
Korelasi antara peningkatan kandungan Cd pada tanah dan kandungan yang ada dalam beras (Gambar 2) lebih kuat (r = 0,97 sampai 0,98) dibandingkan dengan korelasi antara peningkatan kandungan Hg pada tanah dan yang ada dalam beras (r = 0,79 sampai 0,94) pada (Gambar 1). Hal ini diduga antara lain unsur Cd dalam tanah lebih tersedia dibanding Hg, seperti ditunjukkan oleh erapan maksimum tanah terhadap Cd yang lebih tinggi dibandingkan terhadap Hg.

Tabel 5. Bobot jerami dan beras dengan perlakuan logam berat Hg dan Cd pada tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts

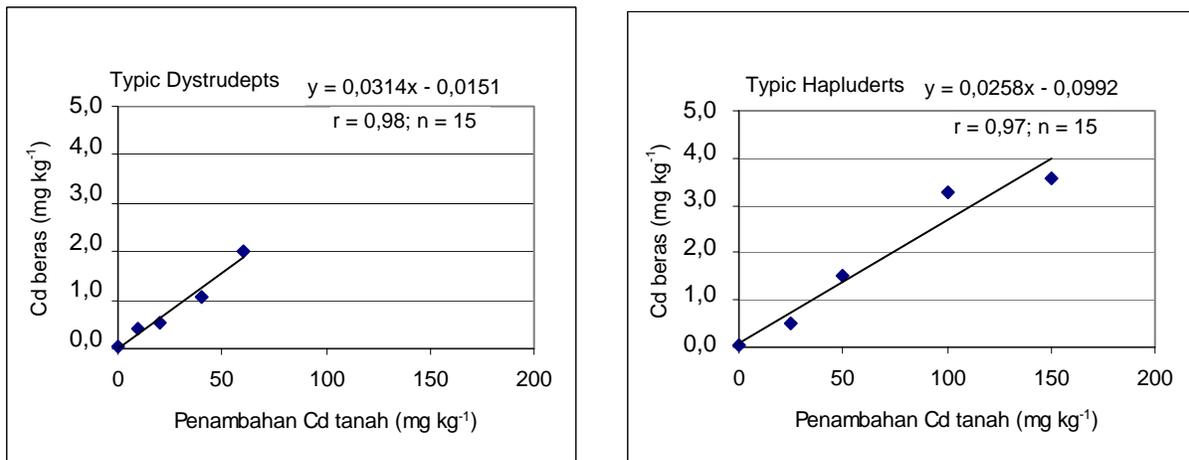
Table 5. Weight of straw and unhulled-rice with Hg and Cd heavy metals treatment in Typic Dystrudepts and Typic Hapluderts

Perlakuan	Komponen hasil			
	Jerami kering jemur		Beras	
	T. Dystrudepts	T. Hapluderts	T. Dystrudepts	T. Hapluderts
 g			
Hg 0	81,5	70,0	39,2	39,5
Hg 0,1	89,5	95,3 *	33,4 *	45,2 *
Hg 0,2	82,0	100,7 *	33,1 *	43,8
Hg 0,4	93,5	97,7 *	39,6	46,1 *
Hg 0,6	93,8	101,5 *	34,3 *	48,4 *
Cd 0	94,5	82,9	41,8	42,1
Cd 0,1	100,3	89,7	42,7	41,2
Cd 0,2	93,9	87,4	42,2	42,7
Cd 0,4	88,9	88,9	32,8 *	40,2
Cd 0,6	85,3	73,9	38,3	29,4 *
BNT(5%)	13,0		4,4	
KK (%)	15,2		11,7	

* = berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa logam berat (Hg 0 atau Cd 0) pada taraf 5% uji BNT.
 * = significantly different in without heavy metal treatment (Hg 0 or Cd 0) at the 5% level of LSD test.



Gambar 1. Hubungan antara Hg dalam larutan tanah dan dalam beras
Figure 1. Relationship between Hg in soil solution and in hulled-rice



Gambar 2. Hubungan antara Cd dalam larutan tanah dan dalam beras
Figure 2. Relationship between Cd in soil solution and in hulled-rice

Batas kritis kandungan Cd dan Hg dalam tanah

Pengetahuan tentang batas kritis kandungan logam berat dalam tanah sangat diperlukan untuk menentukan tingkat pencemaran yang terjadi dalam tanah dalam hubungannya dengan tingkat kontaminasi dalam beras. Persamaan regresi antara penambahan logam berat ke dalam tanah sebagai peubah (X) dan yang terkandung dalam beras sebagai peubah (Y), dapat digunakan untuk menentukan batas kritis logam berat Hg dan Cd dalam tanah (Tabel 6).

Menurut *World Health Organization* (WHO), batas kritis untuk logam berat Hg dalam beras adalah $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$, Harada (2003) juga menyebutkan bahwa rata-rata kandungan Hg dalam tanah yang tidak terkontaminasi adalah $<0,1 \text{ mg kg}^{-1}$. Anggap bahwa batas kritis Hg dalam beras $0,1 \text{ mg kg}^{-1}$ adalah sebagai peubah Y, maka dengan menggunakan persamaan regresi pada Gambar 1, batas kritis Hg dalam tanah dapat diperoleh yaitu masing-masing $13,6$ dan $7,1 \text{ mg kg}^{-1}$ untuk tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts.

Tabel 6. Batas kritis logam berat Hg dan Cd dalam tanah berdasarkan batas kritis dalam beras
Table 6. The critical limit of Hg and Cd in soil based the critical limit on hulled-rice

Logam berat	Tanah	Koefisien korelasi (r) antara X dan Y*)	Batas kritis tanah mg kg ⁻¹
Hg	Typic Dystrudepts	0,79	13,6
	Typic Hapluderts	0,94	7,1
Cd	Typic Dystrudepts	0,98	6,9
	Typic Hapluderts	0,97	3,9

*) Y = kandungan Hg; Cd dalam beras, X = kandungan Hg; Cd dalam tanah.

*) Y = contents of Hg; Cd in hulled-rice, X = contents of Hg; Cd in soil.

Batas kritis atau kandungan maksimum Cd yang diperkenankan dalam beras untuk dikonsumsi adalah 0,2 mg kg⁻¹ (Harada, 2003). Nilai tersebut sama dengan nilai yang diusulkan dalam pembahasan *Codex Alimentarius Commission* tahun 1998 tentang nilai standar beberapa bahan tambahan pangan dan kontaminan dalam pangan. Seperti menentukan batas kritis Hg dalam tanah, menggunakan persamaan regresi batas kritis kandungan Cd dalam larutan tanah Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts adalah masing-masing 6,9 dan 3,9 mg kg⁻¹. Nilai ini tergolong dalam kisaran yang dikemukakan oleh Alloway (1993) bahwa batas kritis Cd dalam tanah berkisar 3-8 mg kg⁻¹. Batas kritis Cd pada tanah Typic Hapluderts dapat diturunkan mencapai 1,07 mg kg⁻¹, jika ditambahkan amelioran seperti zeolit atau kaolin (Kasno *et al.*, 2003).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian dalam pembahasan di atas, maka hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Erapan maksimum Typic Hapluderts (ordo Vertisols) terhadap logam berat Hg dan Cd masing-masing 100 dan 250 mg kg⁻¹, sedangkan Typic Dystrudepts (ordo Inceptisols) masing-masing 90 dan 100 mg kg⁻¹.
2. Hubungan linier antara kandungan logam berat dalam tanah dengan beras sangat kuat dan positif. Koefisien korelasi (r) antara Hg dalam larutan tanah (Typic Dystrudepts dan Typic

Hapluderts) dengan beras, masing-masing adalah 0,79 dan 0,94, sedangkan untuk Cd 0,98 dan 0,97.

3. Peningkatan kandungan Cd dalam larutan tanah ternyata cenderung menurunkan bobot jerami dan hasil beras, baik untuk tanah Typic Dystrudepts maupun Typic Hapluderts. Untuk logam berat Hg, terutama pada Typic Hapluderts, semakin tinggi larutan Hg dalam zone perakaran ternyata tidak menurunkan kuantitas hasil. Meskipun demikian, kualitas berasnya menjadi rendah karena banyak mengandung logam berat berbahaya, seperti Hg dan Cd.
4. Batas kritis Hg pada Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts adalah 13,6 dan 7,1 mg kg⁻¹, sedangkan batas kritis Cd pada Typic Dystrudepts dan Typic Hapluderts adalah 6,9 dan 3,9 mg kg⁻¹.
5. Penetapan kandungan logam berat Hg dan Cd pada tanah sawah menggunakan larutan pengekstrak CaCl₂ 0,01 M akan bermanfaat dalam menilai pencemaran yang terjadi pada tanah dan kualitas bahan pangan khususnya beras.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan terima kasih kepada Bapak Dr. Agus Sofyan dan Bapak Supardi Suping, MSc, atas segala komentar dan saran-sarannya, baik dalam pelaksanaan penelitian maupun pembuatan laporan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1993.** Heavy Metals in Soils. 2nd Ed. Blackie Academic and Professional. London.
- Fox, R.L. and E.J. Kamprath. 1970.** Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 902-907.
- Harada, H. 2003.** Cadmium analysis for food safety. Makalah disampaikan dalam Wokshop "*Cadmium Analysis on Plant, Soil, and Water for Food Safety*" yang diselenggarakan di Bogor, 1 April 2003. Japan International Cooperation Agency (JICA). (tidak diterbitkan).
- Kasno, A., Subowo, Sulaeman, dan J. Suryono. 2000.** Status pencemaran Cd pada padi sawah intensifikasi jalur Pantura Jawa Barat. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan 3(1). April 2000. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Kasno, A., Sulaeman, dan Lenita. 2000.** Pengaruh pemberian jerami dan zeolit terhadap sifat erapan Cd pada Vertisols dan Entisols. Jurnal Ilmu Tanah dan lingkungan 3(1). Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Kasno, A., J.S. Adiningsih, dan S. Dwiningsih. 2003.** Pengaruh pemberian amelioran terhadap Kadmiun tanah dan serapan Kadmiun padi sawah pada tanah Vertisols dan Inceptisols. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian. Kerjasama Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian, Puslitbangtanak dengan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Hlm. 191-201. Bogor
- Sismiyati, R., I. Nasution, L. Sukarno, dan A.K. Makarim. 1993.** Masalah pencemaran Kadmiun (Cd) pada padi sawah. Disajikan dalam Simposium Penelitian Tanaman Pangan III, Jakarta/Bogor, 23 Juli-5 Agustus 1993.
- Subowo, Prastowo, N. Sri Mulyani, dan J.S. Adiningsih. 1994.** Pengaruh tanah Aluvial dan Grumosol tercemar Pb dan Cd terhadap produksi padi sawah. Laporan Proyek Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Suganda, H., D. Setyorini, H. Kusnadi, I. Saripin, dan U. Kurnia. 2002.** Evaluasi pencemaran limbah industri tekstil untuk kelestarian lahan sawah. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Multifungsi dan Konversi Lahan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Hlm. 203-221. Bogor