

KANDUNGAN MERKURI DAN CADMIUM DALAM TANAH DAN HUBUNGANNYA DENGAN HASIL TANAMAN PADI

Husein Suganda, A. Kasno, dan B.H. Prasetyo
Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian

ABSTRAK

Logam berat merkuri dan cadmium dari limbah yang mencemari tanah dapat terserap oleh tanaman, sehingga dapat membahayakan kesehatan manusia. Hubungan antara konsentrasi logam berat yang ada dalam tanah dan tanaman perlu diketahui karena sangat bermanfaat untuk menentukan batas kritis logam berat tersebut dalam tanah bagi pertumbuhan pada tanaman. Penelitian dilaksanakan untuk mengetahui hubungan antara konsentrasi logam berat dalam tanah dan konsentrasi yang terdapat dalam tanaman, pengaruh logam berat terhadap pertumbuhan tanaman dan batas kritis konsentrasi merkuri dan cadmium dalam tanah. Penelitian dilakukan di rumah kaca dengan menggunakan pot-pot yang diisi tanah Inceptisol, dan Vertisol sebagai media tumbuh. Tiap pot diisi 7,5 kg tanah kering, dan diberi tambahan merkuri, dan cadmium masing-masing dengan konsentrasi berbeda, yaitu 0; 0,1; 0,2; 0,4 dan 0,6 dari erapan maksimum tanahnya. Pot-pot tersebut ditanami padi IR-64 sebagai tanaman indikator. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap dengan ulangan tiga. Hasil penelitian menunjukkan erapan maksimum Typic Hapluderts terhadap merkuri dan cadmium masing-masing 100 dan 250 mg kg⁻¹, sedangkan pada Typic Dystrudepts masing-masing 90 dan 100 mg kg⁻¹. Terdapat korelasi positif dan nyata antara masing-masing kandungan merkuri dan cadmium dalam tanah dengan beras. Koefisien korelasi (r) antara merkuri yang ditambahkan dalam tanah Inceptisol dan vertisol dengan beras, masing-masing 0,79 dan 0,94 sedangkan untuk cadmium yaitu 0,98 dan 0,97. Peningkatan konsentrasi cadmium pada Inceptisol, dan vertisol dapat menurunkan pertumbuhan dan hasil beras. Peningkatan kandungan Merkuri sampai 0,6 kali erapan maksimum tanah khususnya pada vertisol tidak menurunkan produksi beras, tetapi konsentrasi merkuri dalam beras meningkat. Batas kritis Merkuri pada Inceptisol dan Vertisol masing-masing 13,6 dan 7,1 mg kg⁻¹ sedangkan batas kritis merkuri dalam beras 0,1 mg kg⁻¹, batas kritis Cadmium pada Inceptisol dan Vertisol 6,9 dan 3,9 mg kg⁻¹ sedangkan batas kritis cadmium dalam beras 0,2 mg kg⁻¹.

PENDAHULUAN

Pembangunan industri dan pertambangan sejak tahun 1970-an sampai sekarang masing-masing dihadapkan pada permasalahan yang dilematis. Di satu sisi pembangunan diharapkan memberikan hasil positif dengan meningkatnya

lapangan pekerjaan, kesejahteraan masyarakat dan pendapatan asli daerah, namun disisi lain menimbulkan dampak negatif akibat limbah yang dikeluarkannya.

Dampak negatif limbah di daerah pertanian, khususnya yang berbentuk cairan mengandung lumpur dalam jangka panjang secara terus menerus terendapkan di lahan pertanian sehingga dapat menurunkan produktivitas dan kualitas produk pertanian. Hasil tersebut terjadi akibat kandungan logam berat seperti merkuri (Hg), cadmium (Cd), timbal (Pb) dan chrom (Cr). Limbah industri tekstil mengeluarkan limbah yang mengandung logam berat antara lain Hg dan Cd secara terus menerus menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi ke dua logam berat tersebut dalam tanah dan tanaman. Seperti diketahui kedua logam berat tersebut jika terkonsumsi melalui makanan dalam jangka panjang akan menyebabkan penyakit *minamata* dan *itai-itai*, yang dapat menyebabkan kematian. Hasil penelitian Sismiyati *et al.*, (1993), kandungan Cd dalam beras di beberapa daerah berkisar antara 0,31 - 0,33 mg kg⁻¹ dan ini sudah melampaui ambang kritis.

Upaya mitigasi konsentrasi logam berat dalam produk pertanian perlu dilakukan melalui pengendalian limbah sebelum dikeluarkan dari pabrik dan penanggulangan dilakukan pada tanah yang sudah tercemar. Sebagai tahap awal dalam menemukan teknologi penanggulangan perlu dilakukan identifikasi tingkat pencemaran yang terjadi pada tanah tersebut. Diduga semakin tinggi konsentrasi bahan pencemar dalam tanah semakin tinggi pula konsentrasinya dalam komponen hasil panen. Menurut Subowo *et al.* (1994), kandungan Cd dalam tanah berkorelasi nyata dan dengan kandungan Cd dalam beras. Dengan mengetahui hubungan konsentrasi logam berat dalam tanah dengan konsentrasi logam berat dalam tanaman akan bermanfaat dalam menentukan batas kritis logam berat tersebut dalam tanah.

Perbedaan sifat-sifat tanah menyebabkan tanah memiliki karakteristik yang berbeda dalam kapasitas menyangga bahan pencemar. Tanah yang didominasi tekstur liat dengan tipe liat 2:1, dan kapasitas tukar kation tinggi akan memiliki daya sangga atau erapan maksimum terhadap bahan pencemar tinggi pula, sehingga dalam penentuan tingkatan tanah yang sudah tercemar perlu menggunakan nilai erapan maksimum dari tanah tersebut terhadap bahan pencemarnya. Dalam penelitian ini dicoba beberapa tingkat pemberian Hg dan Cd ke dalam tanah didasarkan pada erapan maksimum dari dua jenis tanah yang secara umum ditemui pada lahan sawah di Jawa yang memiliki sifat-sifat tanah berbeda, yaitu Inceptisol dan Vertisol.

Penelitian ini bertujuan; (i) mempelajari pengaruh logam berat Hg dan Cd terhadap pertumbuhan tanaman dan hasil padi, (ii) mengetahui hubungan antara konsentrasi Hg dan Cd dalam tanah dengan konsentrasi Hg dan Cd yang

terdapat dalam tanaman, (iii) menemukan batas kritis konsentrasi Hg dan Cd dalam tanah dengan menghubungkan batas kritisnya pada beras.

BAHAN DAN METODE

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

Contoh tanah Inceptisol dengan tipe liat 1:1 diambil dari persawahan Kecamatan Gabus, Kabupaten Pati, sedangkan Vertisol dengantipe liat 2:1 diambil dari pesawahan Desa Karang Asri, Kecamatan Ngawi Kabupaten Ngawi. Penentuan erapan maksimum tanah Inceptisol dan Vertisol terhadap Hg dan Cd dilaksanakan di laboratoium penelitian tanah, Balai Penelitian Tanah di Sindangbarang, Bogor. Percobaan pot dilakukan di rumah kaca, Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian, Jakenan, Pati. Penelitian berlangsung dari Agustus – Desember 2003.

Pengambilan Contoh Tanah

Pengambilan contoh tanah dilakukan melalui tiga cara pada kedalaman 0-20 cm tergantung tujuannya, yaitu; (i) untuk analisis sifat fisik tanah, diambil contoh tanah utuh menggunakan *ring* tanah dengan ukuran tinggi 4 cm, diameter dalam 7,63 cm dan luar 7,93 cm. (ii) untuk analisis kimia dan mineral tanah diambil contoh tanah pada beberapa tempat dalam satu petakan sawah lalu diaduk/dicampur kemudian dimasukkan kedalam kantong plastik ukuran 2 kg, dan (iii) untuk percobaan pot di rumah kaca, contoh tanah diambil sama seperti cara pengambilan untuk analisis kimia tanah, dan tanah yang diperlukan 7,5 kg bobot kering mutlak untuk setiap potnya, sehingga untuk masing-masing jenis tanah diperlukan sekitar 350 kg tanah basah.

Analisis Tanah dan Tanaman

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

Analisis fisika tanah terdiri dari 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 dengan satuan persen volume (% vol.). Analisis kimia tanah meliputi pH tanah (H_2O , 1:5, tanah : air), C-organik (%), N-otal (%), P_2O_5 Olsen (mg kg^{-1}), K_2O Morgan (mg kg^{-1}), kapasitas tukar kation (KTK) $\text{NH}_4\text{-Oac pH7}$ (me/100 g), kandungan Hg (mg kg^{-1}) dan kandungan Cd (mg kg^{-1}), tersedia dengan CaCl_2 0,1 M. Analisis mineral meliputi penetapan jenis dan tipe mineral liat. Sedangkan analisis tanaman mencakup kandungan Hg dan Cd dalam jerami dan beras.

Erapan Maksimum Tanah

Erapan maksimum yaitu kemampuan tanah, dalam hal ini Vertisol dan Inceptisol dalam menyerap Hg dan Cd dalam larutan tanah. Penentuan erapan maksimum oleh tanah dilakukan dengan pendekatan model Langmuir (Fox dan Kamprath, 1970). Masing-masing contoh tanah ditimbang 2 g sebanyak 10 kali, dimasukkan ke dalam botol kocok. Masing-masing ditambah 20 ml larutan CaCl_2 0,01M yang mengandung 10 tingkat konsentrasi Hg atau Cd. Setelah itu, diinkubasi selama 6 hari sambil dikocok 2 kali sehari, masing-masing selama 30 menit. Setelah inkubasi selesai, larutan disaring dan masing-masing ekstrak jernih digunakan untuk mengetahui konsentrasi Hg dan Cd.

Untuk mengetahui erapan maksimum dihitung dengan model Langmuir menurut Fox dan Kamprath (1970) sebagai berikut :

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

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 pertama dapat dirubah menjadi :

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

Pengeplotan antara $C/x/m$ dengan C diperoleh garis lurus dengan persamaan regresi. 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.

Perlakuan Percobaan

Percobaan rumah kaca dilakukan di rumah kaca Loka Penelitian Pencemaran Lingkungan Pertanian Jakenan. Dosis logam berat yang digunakan didasarkan pada erapan maksimum masing-masing tanah (Vertisol dan Inceptisol) terhadap logam berat Hg dan Cd. Takaran yang digunakan adalah 0, 0,1; 0,2; 0,4 dan 0,6 kali erapan maksimum. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL), setiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 20 kombinasi perlakuan (Tabel 1).

Pada percobaan ini Setiap pot ditanami tiga bibit padi varietas IR-64 dengan cara tanam pindah.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan antara tanah dan logam berat pada percobaan di rumah kaca, Lolington.

Kombinasi jenis tanah dengan logam berat	Konsentrasi logam berat (x erapan maksimum)			
	0	0,1	0,2	0,6
I Inceptisol Hg	I Hg 0	I Hg 0,1	I Hg 0,2	I Hg 0,6
I Inceptisol Cd	I Cd 0	I Cd 0,1	I Cd 0,2	I Cd 0,6
V Inceptisol Hg	V Hg 0	V Hg 0,1	V Hg 0,2	V Hg 0,6
V Inceptisol Cd	V Cd 0	V Cd 0,1	V Cd 0,2	V Cd 0,6

Pertumbuhan Tanaman dan Komponen Hasil

Bibit padi dari persemaian dipindahkan ke dalam pot percobaan setelah berumur dua minggu. Pertumbuhan tanaman yang diamati berupa tinggi tanaman dan jumlah anakan, dilakukan mulai umur dua minggu setelah tanam selanjutnya dilakukan setiap dua minggu sampai tanaman menjelang panen. Komponen hasil panen berupa jerami dan gabah, ditimbang saat panen dan setelah kering mutlak untuk jerami dan kering giling untuk gabah.

Pemupukan

Pemupukan nitrogen, posfor dan kalium diberikan dalam bentuk Urea, SP-36 dan KCl. Takaran pupuk Urea dan KCl pada tanah Inceptisol dan Vertisol sama, yaitu 300kg Urea/ha (1,125 g/pot) dan 50 kg/ha (0,1875 g/pot), sedangkan SP-36 pada tanah Inceptisol 75 kg /ha (0,2813 g/pot) dan 50 kg/ha (0,1875 g/pot) pada tanah Vertisol. 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 Data

Analisis sidik ragam digunakan untuk mengetahui pengaruh pemberian logam berat terhadap pertumbuhan dan hasil padi dan konsentrasi residu logam berat dalam tanah dan tanaman. Jika terdapat perbedaan analisis dilanjutkan menggunakan uji beda nyata terkecil (BNT). Persamaan regresi dan uji korelasi digunakan untuk menentukan hubungan konsentrasi logam berat yang diberikan ke dalam tanah dan yang terkandung dalam beras.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat-sifat Tanah

Beberapa sifat tanah yang meliputi mineral, fisik, dan kimia tanah yang digunakan sebagai media tumbuh pada percobaan ini disajikan pada Tabel 2. Tanah yang berasal dari Kabupaten Ngawi tergolong Typic Hapluderts (ordo Vertisol), didominasi mineral liat smektit dengan sedikit kaolinit. Berdasarkan observasi lapang dan analisis di laboratorium, tanah ini didominasi mineral smektit dengan tipe liat 2:1, fraksi liat sekitar 63 % dan kapasitas tukar kation (KTK) 47,3 me/100g. Sedangkan tanah dari Kabupaten Pati tergolong Typic Dystrudepts (ordo Inceptisol) dengan komposisi mineral liat terdapat smektit, kaolinit dan illit. Berdasarkan observasi lapang dan analisis di laboratorium, tanah ini didominasi mineral liat tipe 1 : 1 dengan fraksi debu tertinggi 47 % dan KTK 11,7 me/100g. Perbedaan kedua karakteristik tanah ini akan berpengaruh kemampuan tanah menyerap logam berat Hg dan Cd, dan ketersediaan hara bagi pertumbuhan tanaman dan hasil tanaman.

Tabel 2. Beberapa sifat fisik, kimia, dan mineral tanah dua sub group tanah dari dua lokasi yang berbeda.

Sifat Tanah	Ngawi	Pati
Mineral tanah		
- Smektit	++++ (dominan)	+++ (banyak)
- Kaolinit	+ (sedikit)	++ (sedang)
- Illit	- (tidak terdeteksi)	+ (sedikit)
Fisika tanah		
Tekstur		
- Pasir (%)	14	34
- Debu (%)	23	47
- Liat (%)	63	19
BD (g/cm ³)	1,27	1,17
Permeabilitas (cm/jam)	0,45	3,25
Distribusi pori		
- Ruang pori total (% vol.)	52,1	55,8
- pF 2,54 (% vol.)	39,6	40,2
- pF 4,2 (% vol.)	26,0	21,0
- Air tersedia (% vol.)	13,6	19,2
Kimia tanah		
pH tanah (H ₂ O, 1 : 5 tanah : air)	6,0	5,0
C-organik (%)	0,67	0,79
N-Total (%)	0,10	0,10
P ₂ O ₅ Olsen (mg kg ⁻¹)	78	66
K ₂ O Morgan (mg kg ⁻¹)	142,8	39,1
KTK, NH ₄ -Oac, pH7 (me/100 g)	47,30	11,70
Total Cd (mg kg ⁻¹)	0,11	0,05
Hg tersedia, ekstrak CaCl ₂ 0,01 M (mg kg ⁻¹)	0,0005	0,0006
Cd tersedia, ekstrak CaCl ₂ 0,01 M (mg kg ⁻¹)	0,0220	0,0090
Hg ekstrak Morgan Wolf (mg kg ⁻¹)	0,0006	0,0007
Cd, ekstrak Morgan Wolf (mg kg ⁻¹)	0,0420	0,0200
Klasifikasi tanah	Typic Hapluderts	Typic Dystrudepts

Erapan Maksimum Tanah

Berdasar hasil penelitian di laboratorium dengan aplikasi model Langmuir, ternyata Inceptisol Pati lebih rendah dalam menyerap logam berat Cd maupun Hg dibanding Vertisol Ngawi (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa sifat tanah Vertisol yang memiliki mineral liat tipe 2:1 mempunyai kemampuan menyerap logam berat lebih tinggi dibanding mineral liat tipe 1:1. Massa jenis

logam juga berpengaruh terhadap erapan maksimum, terbukti Hg yang memiliki massa jenis lebih tinggi di serap tanah lebih rendah dibandingkan dengan Cd.

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

Logam berat	Erapan maksimum	
	Typic Dystrudepts	Typic Hapluderts
Hg (mg kg^{-1})	90	100
Cd (mg kg^{-1})	100	250

Pada percobaan di rumah kaca dengan menggunakan takaran untuk masing-masing logam berat yaitu 0; 0,1; 0,2; 0,4 dan 0,6 dari erapan maksimum tanahnya, sehingga konsentrasi masing-masing perlakuan logam berat tersebut tertera pada Tabel 4.

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

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

Pada Tabel 4 terlihat bahwa konsentrasi tertinggi untuk masing-masing erapan maksimum tanah berbeda-beda, yaitu tertinggi pada takaran 0,6 erapan maksimum untuk Typic Hapluderts terhadap logam berat Cd setara dengan konsentrasi 150 mg kg^{-1} .

Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman yang meliputi tinggi tanaman dan jumlah anakan disajikan pada Tabel 5 dan 6. Pada pengukuran 30 sampai 85 hari setelah tanam (HST), umumnya kandungan Cd tanah sampai 0,4 erapan maksimum menimbulkan penurunan tinggi tanaman antara 3-5 cm. Tetapi pada tanah dengan penambahan Hg sampai 0,6 erapan maksimum tidak nyata dalam menurunkan tinggi tanaman, justru pada umur 85 HST khususnya pada tanah Vertisol, tinggi tanaman meningkat.

Tabel 5. Tinggi tanaman padi dengan perlakuan penambahan logam berat Cd dan Hg pada tanah Inceptisol dan Vertisol.

Perlakuan	Tinggi tanaman padi					
	30 HST		57 HST		85 HST	
	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol
----- cm -----						
Cd 0	50.3	54.3	80.3	82.7	96.3	105.7
Cd 0.1	51.0	52.7	76.3 *	77.3 *	98.7	101.3
Cd 0.2	52.7	50.7 *	84.3	83.3	101.3 *	106.0
Cd 0.4	47.7	49.3 *	77.0 *	77.7 *	99.3	102.0
Cd 0.6	46.3 *	43.7 *	78.0	74.3 *	101.7 *	97.7 *
Hg 0	51.3	53.3	77.7	78.3	95.7	98.7
Hg 0.1	50.0	54.3	73.7	78.7	94.3	101.3 *
Hg 0.2	50.0	52.0	74.3	78.0	95.0	101.7 *
Hg 0.4	51.3	52.0	75.7	77.0	95.7	100.0 *
Hg 0.6	48.7	52.7	74.7	77.3	94.3	101.0 *
LSD 5 %	3.01		3.27		5.08	
KK. (%)	6.2		4.4		5.4	

* = berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa logam berat (Cd 0 atau Hg 0) pada taraf 5% uji BNT.

Tabel 6. Jumlah anakan tanaman padi dengan perlakuan penambahan logam berat Cd dan Hg pada tanah Inceptisol dan Vertisol.

Perlakuan	Jumlah anakan					
	30 HST		57 HST		85 HST	
	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol
----- batang -----						
Cd 0	38.3	32.3	32.0	28.3	31.7	26.7
Cd 0.1	39.7	37.0 *	32.7	29.7	31.3	29.7
Cd 0.2	31.7 *	35.3	30.7	29.3	29.7	28.7
Cd 0.4	27.0 *	34.0	29.0 *	29.3	28.3	29.0
Cd 0.6	29.0 *	26.0 *	29.7	26.0	29.3	25.0
Hg 0	42.0	40.0	31.7	29.7	32.0	29.3
Hg 0.1	36.0	39.0	29.0	33.7 *	28.3	32.3
Hg 0.2	34.7	36.3	28.0	35.0 *	27.0	32.3
Hg 0.4	38.3	43.7	31.3	34.3 *	30.7	32.7
Hg 0.6	32.3 *	43.3	30.7	34.7 *	29.7	34.3 *
LSD 5 %	4.80		2.57		2.59	
KK. (%)	14.1		8.8		9.1	

* = berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa logam berat (Cd 0 atau Hg 0) pada taraf 5% uji BNT.

Kandungan Cd yang semakin meningkat dalam tanah menyebabkan jumlah anakan sepadi makin menurun (Tabel 6). Peningkatan konsentrasi Hg dalam larutan tanah ternyata tidak berpengaruh pada jumlah anakan padi, tetapi pada tanah Vertisol terlihat ada kecenderungan meningkat.

Komponen Hasil Tanaman

Komponen hasil tanaman yang disajikan meliputi: bobot jerami, malai dan beras. Mulai takaran 0,4 erapan maksimum tanah terhadap kandungan Cd menurunkan bobot malai dan beras secara nyata baik pada tanah Inceptisol maupun Vertisol (Tabel 7). Bobot jerami kering tidak berubah dengan meningkatnya konsentrasi Cd dalam tanah. Lain halnya dengan penambahan Hg, ternyata mulai takaran 0,1 erapan maksimum bobot jerami dan beras pada tanah Vertisol justru makin meningkat secara nyata. Sebaliknya hasil beras pada tanah Inceptisol justru menurun. Bobot malai kering tidak dipengaruhi oleh peningkatan konsentrasi Hg dalam tanah. Pada tanah Inceptisol peningkatan logam berat Cd dan Hg dalam tanah dapat menurunkan bobot malai dan beras. Peningkatan konsentrasi Hg mulai 0,1 ppm ternyata justru meningkatkan bobot jerami, malai maupun beras.

Tabel 7. Bobot jerami, malai dan beras dengan perlakuan logam berat Cd dan Hg pada tanah Inceptisol dan Vertisol.

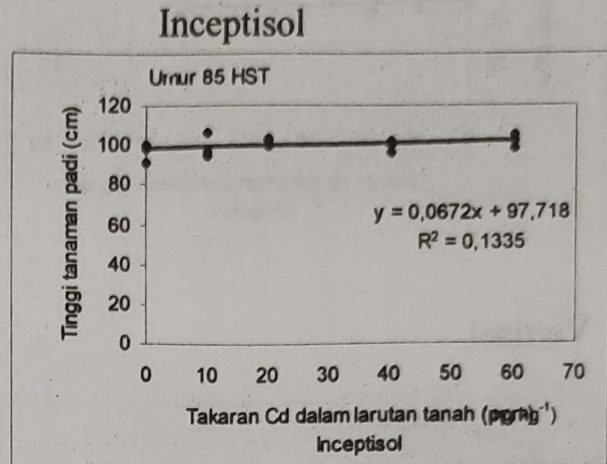
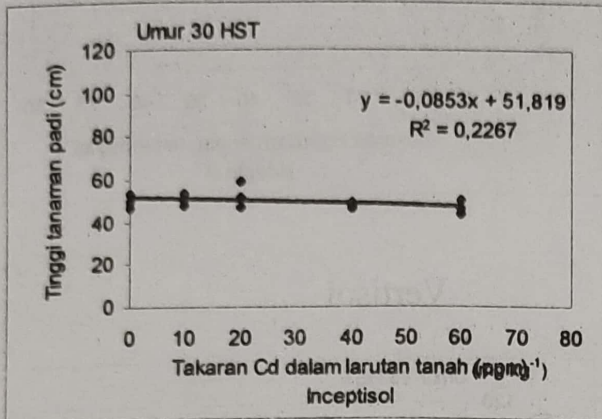
Perlakuan	Komponen hasil					
	Jerami kering jemur		Malai kering jemur		Beras	
	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol	Inceptisol	Vertisol
	gram					
Cd 0	94.5	82.9	61.6	64.8	41.8	42.1
Cd 0.1	100.3	89.7	64.2	64.0	42.7	41.2
Cd 0.2	93.9	87.4	62.3	64.2	42.2	42.7
Cd 0.4	88.9	88.9	51.0 *	59.7 *	32.8 *	40.2
Cd 0.6	85.3	73.9	57.5	45.6 *	38.3	29.4 *
Hg 0	81.5	70.0	60.4	58.5	39.2	39.5
Hg 0.1	89.5	95.3 *	51.0	67.2	33.4 *	45.2 *
Hg 0.2	82.0	100.7 *	51.0	66.4	33.1 *	43.8
Hg 0.4	93.5	97.7 *	61.1	69.3	39.6	46.1 *
Hg 0.6	93.8	101.5 *	55.7	71.7	34.3 *	48.4 *
LSD 5 %	13.00		6.94		4.44	
KK. (%)	15.2		12.1		11.7	

* = berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa logam berat (Cd 0 atau Hg 0) pada taraf 5 % uji BNT.

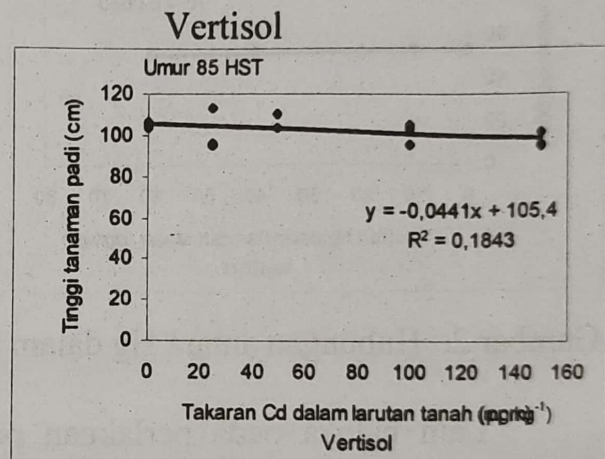
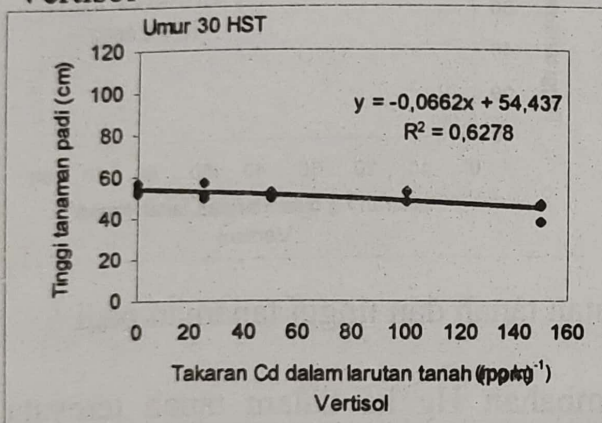
Hubungan Antara Konsentrasi Logam Berat Dalam Tanah dan Tinggi Tanaman

Hubungan antara konsentrasi logam berat (Cd dan Hg) dalam tanah Inceptisol dan Vertisol dengan tinggi tanaman dan jumlah anakan disajikan pada Gambar 1, 2, 3 dan 4.

Inceptisol



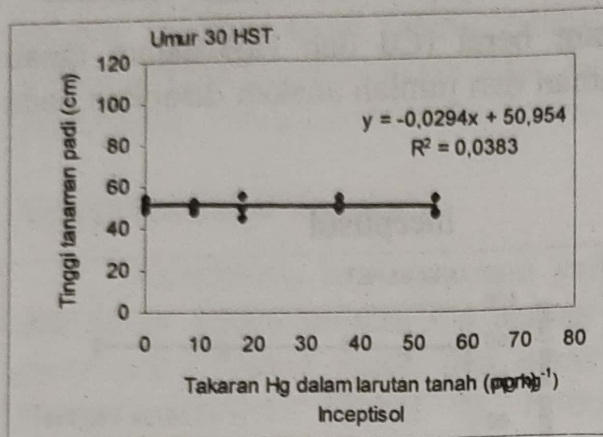
Vertisol



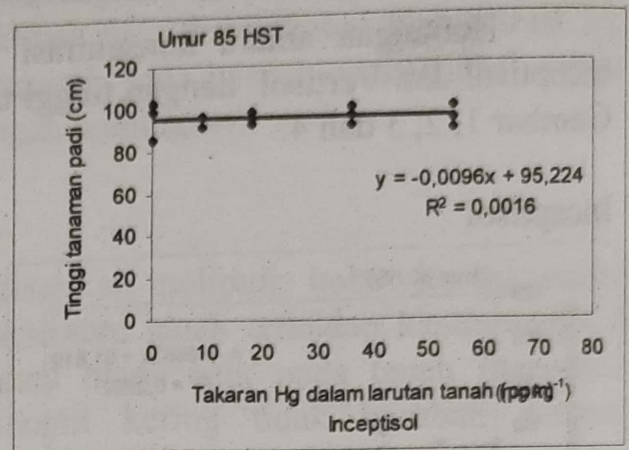
Gambar 1. Hubungan antara Cd dalam larutan tanah dan tinggi tanaman padi

Terlihat ada kecenderungan dengan semakin meningkatnya kandungan Cd dalam tanah, baik pada Inceptisol maupun Vertisol, tinggi tanaman semakin menurun, walaupun hubungannya lemah, kecuali pada umur padi 30 HST pada tanah Vertisol memiliki koefisien determinasi (R^2) > 0,62 atau koefisien korelasi ($r > 0,79$). Tanaman padi pada tanah Vertisol yang diberi perlakuan Cd ternyata lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Inceptisol baik pada pengukuran 30 HST maupun 85 HST (Gambar 1).

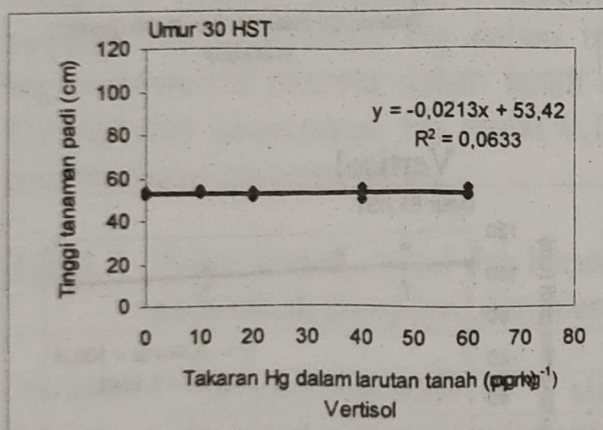
Inceptisol



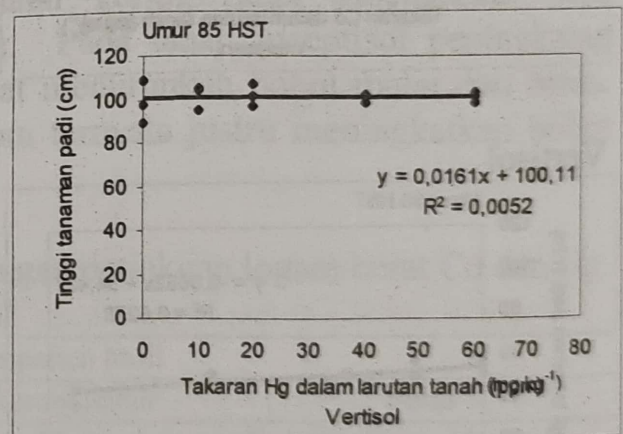
Inceptisol



Vertisol



Vertisol

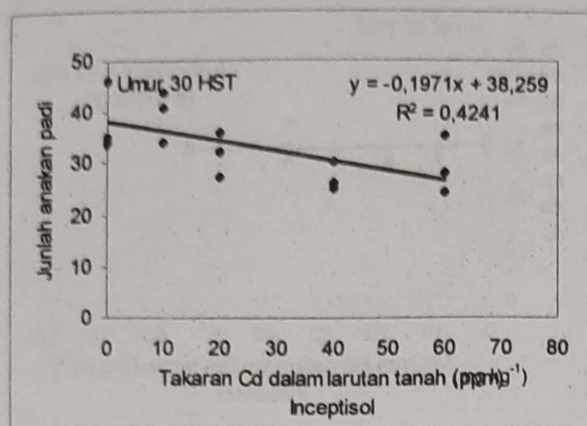


Gambar 2. Hubungan antara Hg dalam larutan tanah dan tinggi tanaman padi

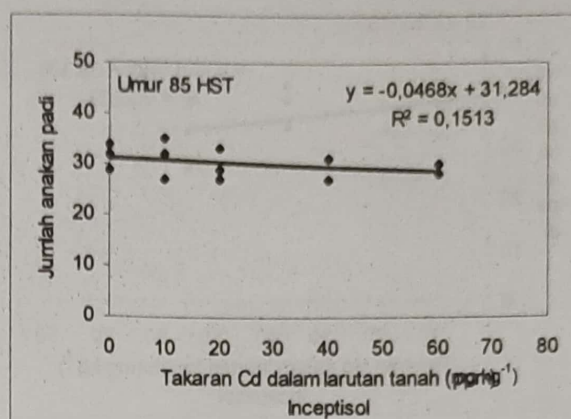
Lain halnya pada perlakuan penambahan Hg ke dalam tanah ternyata tidak mempengaruhi perubahan tinggi tanaman pada tanah Inceptisol maupun Vertisol yang ditunjukkan oleh koefisien determinasi sangat rendah ($R^2 < 0,064$). Tinggi tanaman padi pada tanah Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan Inceptisol. Hal ini diduga semata-mata karena tanah Vertisol relatif lebih subur dibanding Inceptisol (Gambar 2).

Peningkatan kandungan Cd dalam tanah terlihat ada kecenderungan menurunkan jumlah anakan padi walaupun pengaruhnya lemah, kecuali pada tanah Inceptisol pada umur 30 HST mempunyai koefisien determinasi ($R^2 = 0,4241$) paling tinggi atau koefisien korelasi, $r = 0,65$ (Gambar 3).

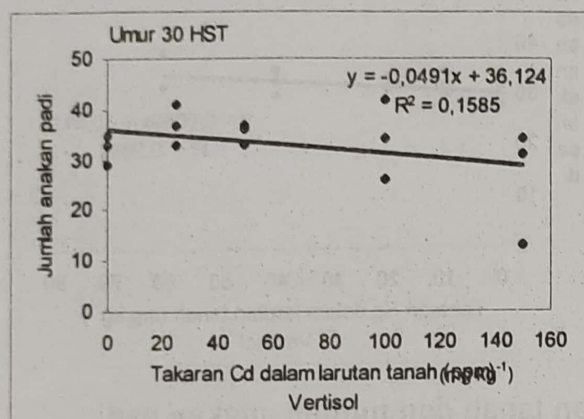
Inceptisol



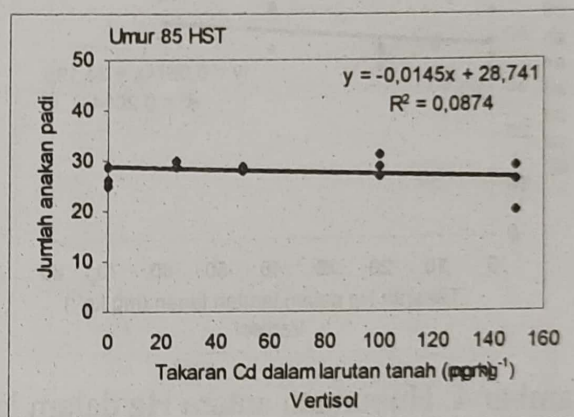
Inceptisol



Vertisol



Vertisol

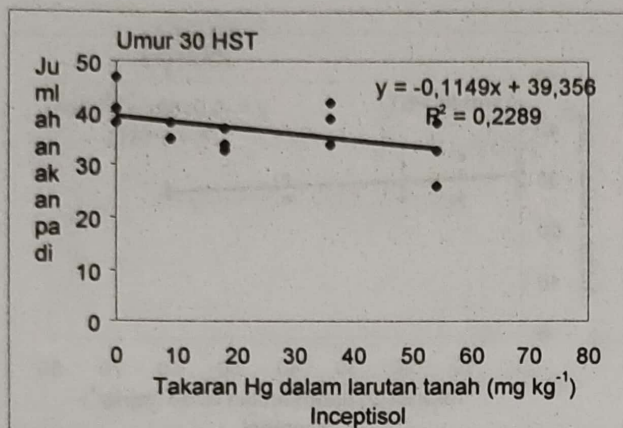


Gambar 3. Hubungan antara Cd dalam larutan tanah dan jumlah anakan padi

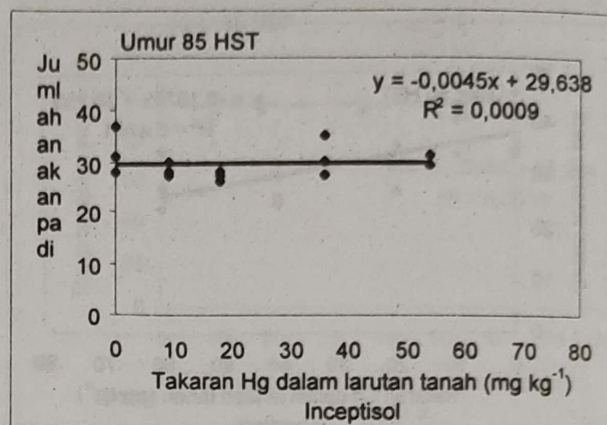
Hubungan Cd dalam larutan tanah dan jumlah anakan padi sampai umur 85 HST semakin lemah dibanding saat umur 30 HST. Pada tanah Vertisol terlihat garis lebih mendatar yang artinya hubungan antara konsentrasi Cd dalam tanah dan jumlah anakan lebih lemah dibanding pada tanah Inceptisol.

Penambahan Hg dalam tanah Inceptisol cenderung menurun jumlah anakan padi umur 30 HST, walaupun hubungannya makin lemah sejalan dengan penambahan umur tanaman sampai 85 HST (Gambar 4).

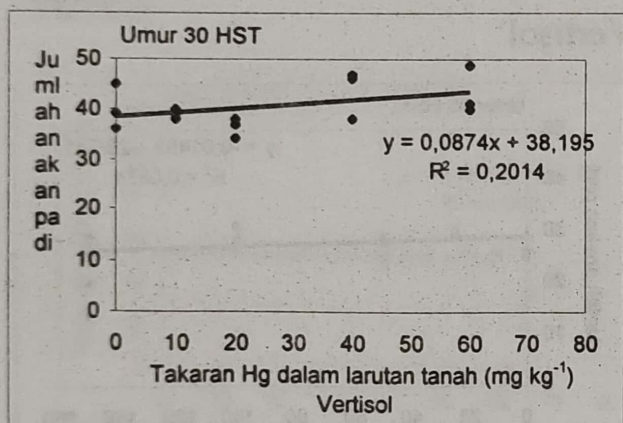
Inceptisol



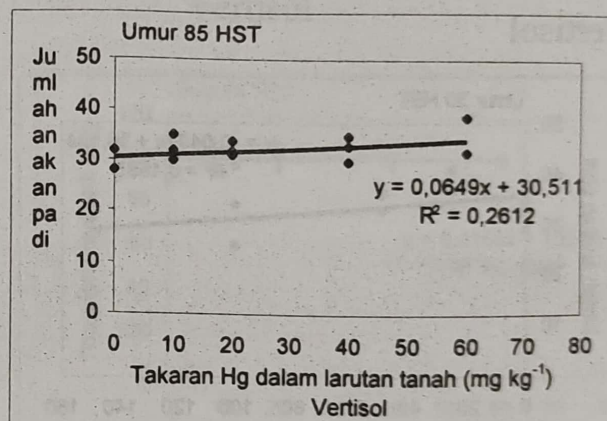
Inceptisol



Vertisol



Vertisol



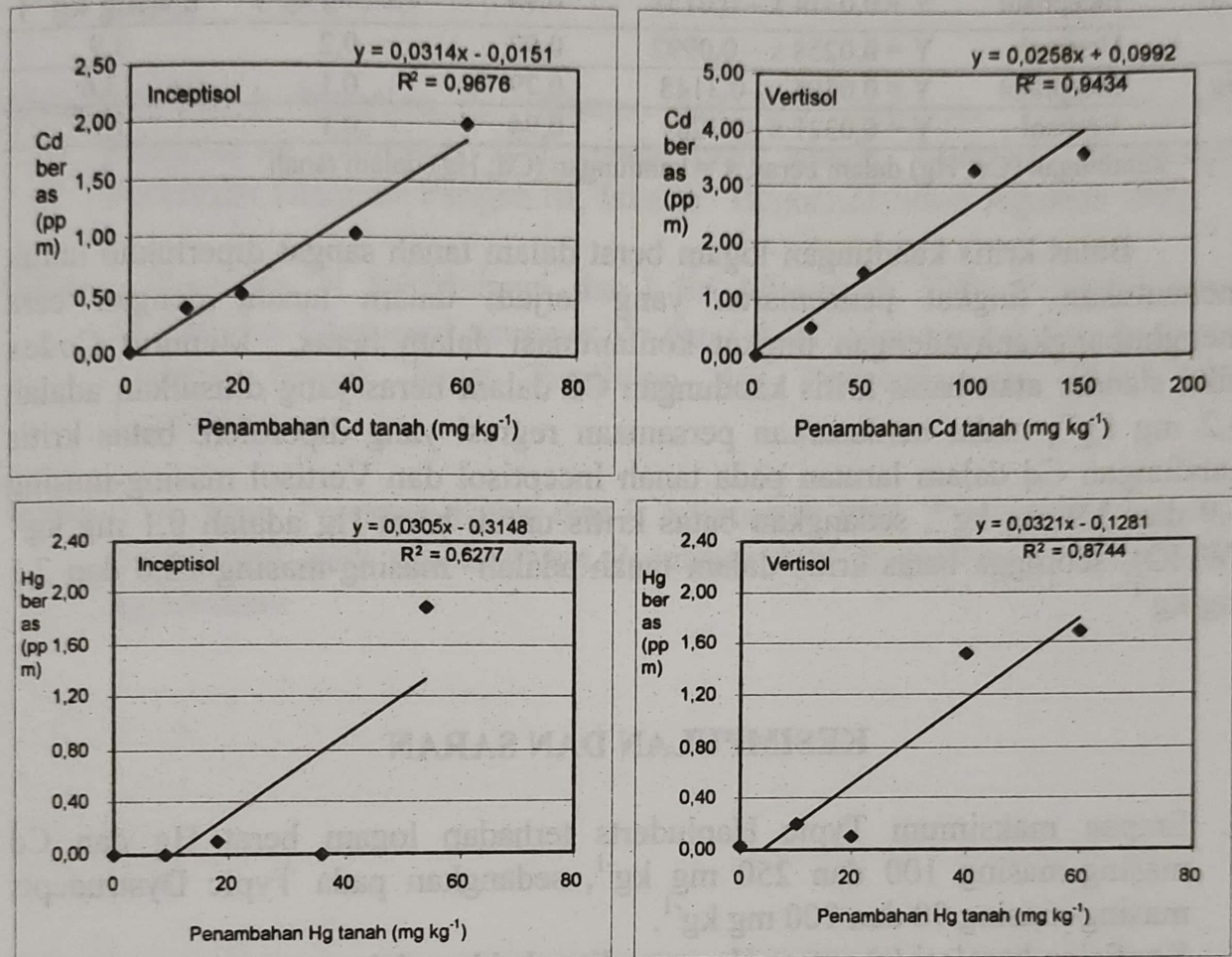
Gambar 4. Hubungan antara Hg dalam larutan tanah dan jumlah anakan padi

Sebaliknya penambahan Hg dalam tanah Vertisol cenderung meningkatkan jumlah anakan padi sejak umur 30 sampai 85 HST. Hal ini diduga karena keberadaan Hg dalam tanah dapat memacu perkembangan anakan padi. Jumlah anakan padi semakin menurun saat tanaman tua (85 HST) dibanding saat 30 HST. Perilaku ini terjadi akibat berubahnya fase pertumbuhan dari fase vegetatif ke fase pematangan (Gambar 4).

Hubungan Kandungan Cd dan Hg dalam Tanah dan Dalam Beras

Hubungan antara Cd dan Hg dalam tanah, baik pada tanah Inceptisol maupun Vertisol dengan yang terkandung dalam beras terlihat linier dengan koefisien korelasi positif dan kuat ($r > 0,79$) atau koefisien determinasi $R^2 > 0,63$. Semakin tinggi kandungan logam berat (Cd dan Hg) dalam tanah, semakin tinggi pula yang terkandung dalam beras. Dengan mengetahui konsentrasi logam berat dalam beras, maka kandungan logam berat dalam tanah dapat diketahui

dengan mudah. Penambahan Cd pada tanah memiliki hubungan yang lebih kuat dibandingkan dengan penambahan Hg. Hal ini diduga Cd lebih mobil dibanding Hg dalam jaringan tanaman padi.



Gambar 5. Hubungan antara Cd dan Hg dalam tanah dengan dalam beras

Batas Kritis Kandungan Cd dan Hg dalam Tanah

Dengan menggunakan persamaan regresi antara penambahan logam berat ke dalam tanah sebagai peubah x dan yang terkandung dalam beras sebagai peubah y, maka dapat ditentukan batas kritis logam berat Cd dan Hg dalam tanah (Tabel 8.).

Tabel 8. Batas kritis logam berat Cd dan Hg dalam tanah berdasar batas kritis dalam beras

Logam berat	Tanah	Persamaan regresi *	Koefisien korelasi	Jika batas kritis dalam beras	Maka batas kritis tanah
Cd	Inceptisol	$Y = 0,0314 x - 0,0151$	0,98	0,2 (mg kg ⁻¹)	6,9(mg kg ⁻¹)
	Vertisol	$Y = 0,0258 x - 0,0992$	0,97	0,2	3,9
Hg	Inceptisol	$Y = 0,0305 x - 0,3148$	0,79	0,1	13,6
	Vertisol	$Y = 0,0321 x - 0,1281$	0,94	0,1	7,1

* y = kandungan (Cd; Hg) dalam beras, x = kandungan (Cd; Hg) dalam tanah

Batas kritis kandungan logam berat dalam tanah sangat diperlukan untuk menentukan tingkat pencemaran yang terjadi dalam tanah, dengan cara menghubungkannya dengan tingkat kontaminasi dalam beras. Menurut Codex nilai standar atau batas kritis kandungan Cd dalam beras yang diusulkan adalah 0,2 mg kg⁻¹, maka berdasarkan persamaan regresi yang diperoleh, batas kritis kandungan Cd dalam larutan pada tanah Inceptisol dan Vertisol masing-masing 6,9 dan 3,9 mg kg⁻¹, sedangkan batas kritis untuk berat Hg adalah 0,1 mg kg⁻¹ (WHO), sehingga batas kritis dalam tanah adalah masing-masing 13,6 dan 7,1 mg kg⁻¹.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Erapan maksimum Typic Hapluderts terhadap logam berat Hg dan Cd masing-masing 100 dan 250 mg kg⁻¹, sedangkan pada Typic Dystrudepts masing-masing 90 dan 100 mg kg⁻¹.
2. Koefisien korelasi (r) antara Hg yang ditambahkan dalam tanah Inceptisol dan Vertisol dengan beras, masing-masing 0,79 dan 0,94, sedangkan untuk Cd yaitu 0,98 dan 0,97.
3. Peningkatan kandungan Cd dalam larutan tanah cenderung menurunkan bobot jerami, malai dan hasil beras, baik untuk tanah Inceptisol maupun Vertisol. Hg ternyata semakin tinggi larutan Hg dalam tanah (sampai 0,6 mg kg⁻¹) tidak menurunkan komponen hasil, khususnya pada tanah Vertisol. Meskipun demikian konsentrasi Hg dalam beras makin meningkat.
4. Batas kritis Merkuri pada Inceptisol dan Vertisol masing-masing 13,6 dan 7,1 ppm, untuk batas kritis merkuri dalam beras 0,1 mg kg⁻¹, sedangkan batas kritis cadmium pada Inceptisol dan Vertisol masing-masing 6,9 dan 3,9 mg kg⁻¹ untuk batas kritis cadmium dalam beras 0,2 mg kg⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Sismiyati, R., I. Nasution, L. Sukarno dan A.K. Makarim. 1993. Masalah pencemaran cadmium (Cd) pada padi sawah. Makalah Simposium Penelitian Tanaman Pangan III, Jakarta / Bogor, 23 Juli-5 Agustus 1993.
- Subowo, Prastowo, N. Sri Mulyani, dan J. Sri Adiningsih. 1994. Pengaruh tanah Aluvial dan Grumosol tercemar Pb dan Cd terhadap produksi padi sawah. Laporan Proyek Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Subowo, A. Muti, Prastowo Kabar dan J. Adiningsih 1995. Pencemaran Cd pada tanah untuk padi sawah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.