

Rehabilitasi Tanah Tercemar Merkuri (Hg) Akibat Penambangan Emas dengan Pencucian dan Bahan Organik di Rumah Kaca

Rehabilitation of Soils Polluted by Mercury (Hg) Due to Gold Mining using Leaching and Organic Matter in Green House

HARYONO¹ DAN S. SOEMONO²

ABSTRAK

Kerusakan sumberdaya tanah dapat diakibatkan oleh pembuangan limbah industri, terutama yang belum mempunyai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Salah satu jenis limbah yang potensial merusak lingkungan, termasuk dalam bahan beracun berbahaya (B3) adalah logam berat, diantaranya adalah merkuri (Hg). Hg dapat mengancam kesehatan tanaman dan ternak yang berdampak terhadap kesehatan dan kecerdasan manusia. Bahan organik mengandung gugus fungsional yang bila terionisasi dapat bersifat aktif dalam menyerap logam berat. Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah Bogor, menggunakan rancangan acak kelompok secara faktorial 3 x 4, diulang tiga kali. Faktor I : Pencucian ; Tanah tanpa pencucian; Pencucian dengan air bebas ion 1 dan 2 liter pot⁻¹ setiap tiga hari; Faktor II : bahan organik (kontrol; pupuk kandang sapi = 1.181,47 g pot⁻¹; pupuk kandang ayam = 741,62 g pot⁻¹; kompos jerami = 1.102,29 g pot⁻¹). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pencemaran logam berat tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan maupun hasil tanaman padi (IR-64). Sedangkan pemberian bahan organik dan pencucian berpengaruh terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam beras. Perlakuan yang paling efektif dalam menekan kandungan logam merkuri dalam beras sampai di bawah ambang batas yang dianjurkan oleh Dirjen POM sebesar 0,05 ppm atau 50 ppb, adalah sebagai berikut : pemberian kompos jerami dengan pencucian air 1 dan 2 liter air, sebesar 14 ppb dan 23 ppb; sedangkan tanpa pencucian 25 ppb; pakan ayam dengan pencucian 1 liter 31 ppb; pemberian pupuk kandang sapi dengan pencucian 1 dan 2 liter air sebesar 34 ppb dan 37 ppb. Pemberian bahan organik yang dikombinasikan dengan pencucian dapat menurunkan kandungan Hg dalam beras sampai di bawah batas ambang.

Kata kunci : Merkuri (Hg), Bahan organik, Pencucian

ABSTRACT

The industrial waste, especially that without waste water management instalations caused soil resources degradation. The waste type that has potential to degrade the soil is toxic material, including the heavy metals. Mercury (Hg) is one of the toxic and dangerous heavy metal, which threaten crop, animal, and human health. All types of mercury compound are toxic for human. The mercury is one of the most toxic metal ion to soil biota. Generally, mercury availability in soil for crop is low, and it tends to accumulate in rootzone. This indicated that the rootzone is a barrier to mercury uptake. The organic material can be used to adsorb the heavy metals. The material have functional array that

is active to adsorb the heavy metal if it is ionized. The research was conducted in Soil Research Institute green house using factorial randomized block 3 x 4, with three replications. The first factor is Leaching (without leaching, leached with 1-2 litre pot⁻¹ each three days). The second factor is organic matter (control; cow manure 1,181.47 g pot⁻¹; chicken manure 741.62 g pot⁻¹; straw compost 1,102.29 g pot⁻¹). The research showed that the heavy metal pollution did not affect the rice (IR-64) growth and yield. Organic matter and leaching affect the mercury contents in produced rice. The Hg content from analysis of percolated water is not significantly different. The most effective treatment to lower the mercury content in rice to the level of "Dirjen POM" (0.05 ppm or 50 ppb) is leaching with 1-2 litre water that reached 14 ppb and 23 ppb; without leaching reached 25 ppb. Chicken manure with 1 litre water gained 34 ppb and 37 ppb. Organic matter addition with combination of leaching can decrease the Hg content to less the level.

Keywords : Mercury (Hg), Organic matter, Leaching

PENDAHULUAN

Perkembangan industri yang antara lain ditandai dengan semakin banyak didirikan pabrik dapat berdampak positif atau sebaliknya berdampak negatif. Indikasinya terlihat dari semakin banyaknya pencemaran lingkungan oleh pabrik baik disengaja maupun tidak, secara langsung atau tidak langsung. Dalam jangka panjang kondisi tersebut mengakibatkan rusaknya lingkungan; utamanya tanah dan air. Tanah merupakan sumberdaya alam yang sangat terbatas, maka kerusakan tersebut akan mendorong tanah sebagai fungsi produksi menurun produktivitasnya.

Kerusakan sumberdaya tanah dapat diakibatkan oleh pembuangan limbah industri, terutama pabrik yang belum mempunyai Instalasi

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

2 Pengajar pada Fakultas Pertanian, Universitas Juanda, Bogor.

Pengolahan Air Limbah (IPAL). Salah satu jenis limbah yang potensial merusak lingkungan adalah jenis yang termasuk dalam bahan beracun berbahaya (B3), diantaranya logam berat. Logam berat adalah unsur logam yang memiliki berat jenis lebih dari lima dan dapat membentuk garam pada kondisi asam. Unsur logam berat di dalam tanah dapat berada dalam bentuk garam, hidroksida dan oksida, larutan tanah, berikatan dengan mineral maupun dalam bentuk senyawa kompleks logam organik (Koeman, 1987). Sifat-sifat tanah yang mempengaruhi perilaku logam berat di dalam tanah adalah pH tanah, bahan organik tanah, mineral liat, oksida, reduksi dalam tanah, dan kapasitas tukar kation (Alloway, 1990). Sedangkan menurut Arnold (1990), logam berat yang beracun dan berbahaya adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan krom (Cr). Logam berat Pb, Cd, dan Hg selain mengancam kesehatan tanaman dan ternak, juga berdampak terhadap kesehatan dan kecerdasan manusia. Merkuri (Hg) merupakan unsur yang paling beracun terhadap manusia dan hewan, serta tidak diketahui fungsi biologis esensialnya. Logam Merkuri (Hg^{2+}) merupakan salah satu dari ion logam yang paling beracun terhadap biota tanah (Steinnes, 1990; Wijanto, 2005). Merkuri dan senyawanya terutama metal merkuri yang dapat diproduksi oleh mikroorganisme dari ion Hg^{2+} memperlihatkan toksisitas yang sangat akut dengan bermacam gejala dan bahaya seperti; pneumonia, oedema paru, tremor, gingivitis, teratogenik kuat, karsinogenik mutagenik dan gangguan syaraf yang dapat menyebabkan ataksia, hiperestese (peka), konvulsi, kebutaan, koma, dan kematian (Puslittanak, 2000; Putra, 2006). Pencemaran Hg berasal dari pertambangan dan peleburan bijih logam, pembakaran bahan bakar fosil (batu bara), dan proses produksi industri. Sumber lainnya berasal dari bahan induk tanah, deposisi atmosfer, material pertanian dan lumpur comberan (Steinnes, 1990).

Menurut Fardiaz (1992), merkuri mengalami translokasi di dalam tanaman, dapat mengumpul di dalam tubuh dan tetap tinggal dalam tubuh dalam jangka waktu lama sebagai racun yang terakumulasi.

Secara umum ketersediaan merkuri (Hg) tanah terhadap tanaman adalah rendah, dan ada kecenderungan besar akumulasi merkuri (Hg) dalam perakaran. Hal ini mengindikasikan bahwa perakaran menyiapkan penghalang terhadap pengambilan merkuri (Hg). Kandungan merkuri (Hg) dalam hasil pertanian yang ditanam pada tanah dengan kandungan merkuri (Hg) rendah dilaporkan memiliki tingkatan yang sama dengan tanah tersebut. Pada tanaman sereal kandungan dalam biji sekitar 3-10 kali lebih rendah dibandingkan pada jerami. Para peneliti lain juga mengindikasikan tetap rendahnya tingkatan merkuri (Hg) dalam biji-bijian barley dan gandum (Steinnes, 1990).

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Tim Penelitian Baku Mutu Tanah Puslittanak (2000) terhadap tanah pada lahan sawah di sekitar penambangan emas Gunung Pongkor, juga menunjukkan bahwa kadar Hg dalam jerami lebih tinggi dibandingkan dengan kadar Hg dalam beras, Kandungan merkuri (Hg) dalam tanah tersebut telah mencapai angka 6,73 ppm dan kadar dalam jerami dan beras berturut-turut mencapai angka 5,34 ppm dan 0,43 ppm. Nilai ambang batas kandungan merkuri (Hg) dalam tanah sawah menurut baku mutu tanah yang dikeluarkan oleh kantor KLH-Dalhousie University Canada (1992) untuk penggunaan pertanian yaitu sebesar 0,5 ppm. Sedangkan ambang batas cemaran merkuri (Hg) dalam makanan (tepung dan hasil olahannya) yang diizinkan menurut surat Dirjen POM (1989) adalah sebesar 0,05 ppm.

Di sisi lain, bahan organik dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat, karena bahan organik mengandung gugus fungsional yang bila terionisasi dapat bersifat aktif dalam menyerap logam berat. Peningkatan konsentrasi gugus fungsional aktif ini menjadi lebih tinggi pada pH tinggi, sebab ionisasi hidrogen akan lebih mudah terjadi (Salam *et al.*, 1998a). Oleh karena itu, pengikatan logam berat dipengaruhi oleh pH, sedangkan pemberian pupuk kandang domba berpengaruh terhadap peningkatan pH dan pemberian sampah kota dengan pupuk kandang ayam meningkatkan C-organik dan P

tersedia (Emma *et al.*, 2007). Pada pH 5-7 diikat kuat dan hanya sedikit yang dapat dipertukarkan (Leeper, 1978).

Beberapa laporan lain juga menunjukkan bahwa bahan organik berkorelasi negatif dengan kelarutan logam berat di dalam tanah, karena kehadirannya meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah (Salam *et al.*, 1998a), sehingga secara tidak langsung meningkatkan penyerapan kation logam berat dan menekan gerakan logam berat di dalam tubuh tanah (Salam *et al.*, 1998b).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh pemberian bahan organik dikombinasikan dengan pencucian terhadap penurunan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah tercemar, di dalam jaringan tanaman dan hasil padi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah sawah yang telah tercemar limbah penambangan emas tradisional yang berasal dari daerah Pongkor, benih padi sawah (IR-64), pupuk kandang ayam, pupuk kandang sapi, kompos jerami, pupuk buatan (urea, SP-36, dan KCl), air bebas ion dan pestisida. Sedangkan alat yang digunakan adalah ember plastik, selang plastik, paralon, gelas ukur, pipet, sprayer, timbangan, penggaris, jerigen, mesin penggiling, dan oven.

Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di rumah kaca Balai Penelitian Tanah Bogor, selama bulan September 2001-Januari 2002, menggunakan rancangan acak kelompok secara faktorial 3 x 4 diulang tiga kali, tiga tanaman tiap pot. Perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut :

Faktor I : Pencucian (W)
W0 : Tanpa pencucian.

W1 : Pencucian dengan air bebas ion 1 Lt pot⁻¹ setiap tiga hari.

W2 : Pencucian dengan air bebas ion 2 Lt pot⁻¹ setiap tiga hari.

Faktor II : Bahan organik (B)

B0 : Tanpa bahan organik.

B1 : Pupuk kandang sapi (2,5% C-organik) atau 1.181,47 g pot⁻¹.

B2 : Pupuk kandang ayam (2,5% C-organik) atau 741,62 g pot⁻¹.

B3 : Kompos jerami (2,5% C-organik) atau 1.102,29 g pot⁻¹.

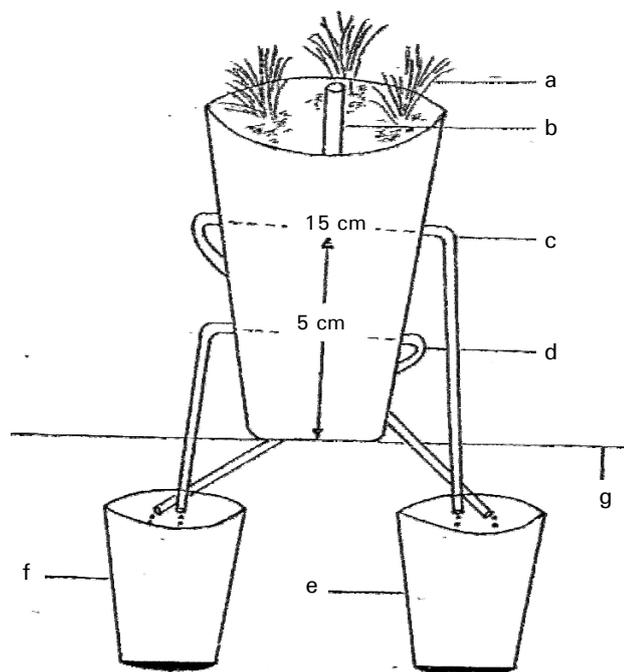
Prosedur penelitian

Persiapan tanah. Sebelum digunakan, tanah dikering anginkan, ditumbuk dan diayak. Tanah yang lolos ayakan 2 mm dimasukkan ke dalam pot/ember plastik masing-masing seberat 10 kg, tanah diairi dengan air bebas ion, kemudian diaduk merata sampai menjadi lumpur.

Penyemaian benih. Benih padi IR-64 sebanyak ±100 g direndam dalam air bebas ion pada ember yang atasnya telah dilapisi kain kasa. Setelah benih berkecambah dan berumur ± 14 hari, bibit siap ditanam.

Pemupukan. Dilakukan tiga kali, pertama satu hari sebelum tanam, saat tanah keadaan macak-macak dengan dosis 0,3 g urea, 0,5 g SP-36, dan 0,5 g KCl per pot. pemupukan ke dua dan ke tiga hanya urea dengan dosis 0,3 g per pot pada 15 dan 45 hari setelah tanam.

Pencucian. Pot yang telah dilubangi bagian sisi kiri dan kanannya dengan ketinggian 5 dan 15 cm dari dasar ember, dihubungkan dengan selang plastik yang dilengkapi dengan alat penutup, untuk mengalirkan air perkolasi. Pemberian air dilakukan setiap tiga hari melalui paralon yang berlubang ditempatkan di tengah pot. Air perkolasi ditampung dalam dua buah ember penampungan, untuk 5 dan 15 cm, terkumpul selama satu bulan. Air tersebut diambil satu liter untuk dianalisis kandungan merkurnya (Gambar 1).



Keterangan :

- a Tanaman padi
- b Paralon berlubang
- c Selang 15 cm
- d Selang 5 cm
- e Ember penampung perkolasi 15 cm
- f Ember penampung perkolasi 5 cm
- g Meja alas

Gambar 1. Pot dengan lubang perkolasi

Figure 1. Pot by percolation in hole

Pemberian bahan organik. Dilakukan setelah diketahui kandungan C dalam bahan organik ditambahkan sebanyak 2,5% ke dalam perlakuan, diaduk sampai merata dan diinkubasi selama tujuh hari. Cara menghitung kebutuhan bahan organik:

$$= \frac{100}{a} \times 2,5 \times \text{berat tanah dalam pot}$$

Keterangan : a = hasil analisis C-organik (Tabel 1)

Peubah yang diamati. Berat gabah kering, berat jerami kering (dikeringkan dalam oven suhu 70°C selama 17 jam, sampai beratnya konstan), berat gabah bernas, (berat gabah yang ditimbang setelah terlebih dahulu dikeringkan dalam oven kemudian dipilih dan dipisahkan dari gabah hampa).

Analisis tanah dan jaringan tanaman

1. Analisis tanah awal dan setelah panen yang meliputi sifat fisik dan kimia tanah, termasuk kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah.
2. Analisis kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam air perkolasi hasil pencucian yang dikumpulkan setiap satu bulan.
3. Analisis kandungan logam berat merkuri (Hg) di dalam jaringan tanaman dan hasil padi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah sebelum percobaan menunjukkan bahwa tanah sawah mempunyai tekstur debu liat berpasir, dengan pH rendah atau masam = 4,6, mempunyai kandungan C-organik rendah (1,34%) dan mempunyai kandungan logam berat Merkuri (Hg) sangat tinggi (38,11 ppm). Nilai tersebut jauh di atas nilai ambang batas kandungan merkuri (Hg) dalam tanah sawah, menurut baku mutu tanah yang dikeluarkan oleh kantor KLH-Dalhousie University Canada (1992) untuk

Tabel 1. Hasil analisis kandungan C-organik pada berbagai sumber bahan organik

Table 1. Organic-C content in various sources of organic fertilizer

Sumber bahan organik	Kadar air	C-organik
	 %
Pupuk kandang sapi	1,34	21,16
Pupuk kandang ayam	12,84	33,71
Kompos Jerami	10,30	22,68

Tabel 2. Sifat-sifat tanah dan kandungan logam berat merkuri (Hg) pada tanah Pongkor sebelum percobaan*Table 2. Soils characteristics and mercury (Hg) concentration in soil of Pongkor before experiment*

Sifat-sifat tanah	Nilai	Kriteria*
Tekstur :		
Pasir (%)	19	-
Debu (%)	46	-
Liat (%)	35	-
pH H ₂ O	4,6	Masam
pH KCl	4,2	-
Bahan organik:		
C (%)	1,34	Rendah
N (%)	0,14	Rendah
C/N (%)	10	Rendah
P ₂ O ₅ eks. HCl 25% (mg 100g ⁻¹)	87	Sangat tinggi
K ₂ O eks. HCl 25% (mg 100g ⁻¹)	22	Sedang
P ₂ O ₅ eks. Bray 1 (ppm)	1,1	Sangat rendah
K ₂ O eks. Morgan (ppm)	130,6	-
NTK eks. NH ₄ -Acetat 1 N, pH 7:		
Ca (me 100g ⁻¹)	18,34	Tinggi
Mg (me 100g ⁻¹)	4,21	Tinggi
K (me 100g ⁻¹)	0,26	Rendah
Na (me 100g ⁻¹)	0,18	Rendah
Jumlah (me 100g ⁻¹)	22,99	
KTK (me 100g ⁻¹)	38,84	Tinggi
KB (%)	66	Tinggi
Al ³⁺ eks. KCl 1 N (me 100g ⁻¹)	0,70	-
H ⁺ eks. KCl 1 N (me 100g ⁻¹)	0,10	-
Logam berat:		
Hg total (ppm)	38,11	Sangat tinggi**

* Berdasarkan Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (1983)

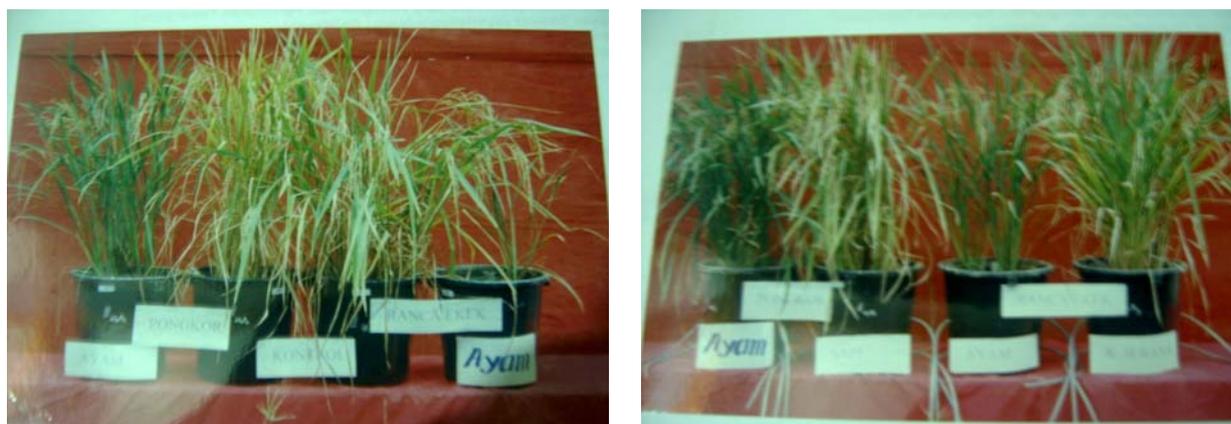
** Berdasarkan baku mutu tanah KLH-Dalhousie University Canada (1992)

penggunaan pertanian yaitu sebesar 0,5 ppm (Tabel 2). Sedangkan hasil analisis bahan organik yang dipakai sebagai perlakuan, yaitu pukan sapi, pukan ayam, dan jerami kompos mempunyai kandungan C-organik yang tidak sama (Tabel 1). Suhu dalam rumah kaca selama penelitian berlangsung berkisar antara 24°-37°C.

Hasil panen

Dari komponen Panen untuk tanaman Padi (Jerami, gabah kering dan gabah isi), pada perlakuan pencucian (W) secara statistik tidak menunjukkan

perbedaan yang signifikan (ns), sedangkan perlakuan bahan organik (B) secara statistik menunjukkan perbedaan yang signifikan, yaitu pemberian bahan organik dengan pupuk kandang sapi dan kompos jerami dibanding kontrol (Tabel 3). Pengaruh kombinasi antara pencucian dan pemberian bahan organik secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (ns), artinya pemberian bahan organik sebesar 2,5% kandungan C-organik dikombinasikan dengan pencucian air bebas ion tidak dapat meningkatkan hasil jerami, gabah kering maupun gabah isi (Tabel 4), dan tidak terlihat ada pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman padi (Gambar 2).



Gambar 2. Pertumbuhan padi pada berbagai perlakuan bahan organik dan pencucian
Figure 2. Rice growth under various treatments of organic matter and leaching

Tabel 3. Rata-rata berat jerami kering, berat gabah kering, dan berat gabah isi
Table 3. Average of dry straw weight, dry unhulled weight, and unhulled weight.

Perlakuan	Jerami	Gabah kering	Gabah isi
..... g			
Pencucian (W)			
Tanpa pencucian (W0)	24,786	22,406	20,925
Pencucian 1 ltr air bebas Ion (W1)	28,917	25,356	23,806
Pencucian 2 ltr air bebas Ion (W2)	24,931	24,069	22,281
Bahan organik (B)			
Tanpa bahan organik (B0)	15,767a	16,222a	15,130a
Pupuk kandang sapi (B1)	35,696b	34,433b	32,485b
Pupuk kandang ayam (B2)	19,030a	13,807a	12,237a
Kompos jerami (B3)	34,352b	31,311b	29,496b

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% berdasarkan uji BNT.

Meningkatnya berat jerami dan komponen produksi padi tersebut terjadi karena penambahan bahan organik mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman di dalam tanah, seperti unsur N yang sangat diperlukan dalam meningkatkan pertumbuhan daun dan batang; unsur P yang berpengaruh terhadap jumlah anakan, jumlah malai dan berat beras; serta unsur K yang berperan dalam pembentukan pati, meningkatkan ukuran dan berat gabah, serta penting dalam translokasi N dan P dari jaringan batang ke dalam gabah sehingga memperbaiki pengisian gabah (Poerwowidodo, 1992; Nyakpa *et al.*, 1988; Soerowinoto, 1983; Santosa *et al.*, 1998). Penambahan bahan organik

ini juga menjadi lebih berarti, karena kandungan C-organik yang rendah dalam tanah. Oleh sebab itu tanah memerlukan penambahan bahan organik. Meskipun begitu tanah ini mengandung bahan organik yang sudah stabil karena memiliki C/N rasio yang rendah yaitu sekitar 10 (Leiwakabessy, 1988). Selain itu, bahan organik juga dapat memperbaiki struktur tanah sehingga akar dapat berkembang dengan baik; menambah kemampuan tanah untuk menahan air, meningkatkan kemampuan tanah untuk menahan unsur-unsur hara sehingga tidak mudah tercuci; dan sebagai sumber energi bagi mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi hara (Hardjowigeno,

Tabel 4. Rata-rata berat jerami kering, berat gabah kering, dan berat gabah isi
Table 4. Average of dry straw weight, dry unhulled weight, and unhulled weight

Perlakuan interaksi	Jerami	Gabah kering	Gabah isi
 g		
Tanpa pencucian (W0)			
Tanpa bahan organik (W0B0)	15,956	15,889	14,900
Pupuk kandang sapi (W0B1)	35,622	39,278	36,956
Pupuk kandang ayam (W0B2)	13,122	7,256	6,344
Kompos jerami (W0B3)	34,444	27,200	25,500
Pencucian 1 liter air bebas ion (W1)			
Tanpa bahan organik (W1B0)	15,411	14,856	13,589
Pupuk kandang sapi (W1B1)	39,733	34,244	32,144
Pupuk kandang ayam (W1B2)	26,867	18,367	17,144
Kompos jerami (W1B3)	33,656	33,956	32,344
Pencucian 2 liter air bebas ion (W2)			
Tanpa bahan organik (W2B0)	15,933	17,922	16,900
Pupuk kandang sapi (W2B1)	31,733	29,778	28,356
Pupuk kandang ayam (W2B2)	17,100	15,800	13,222
Kompos jerami (W2B3)	34,956	32,778	30,644

1995). Sedangkan hasil penelitian Mezuan *et al.* (2002), kombinasi pupuk hayati dengan bahan organik memberikan pengaruh nyata terhadap bioaktivitas tanah dan stabilitas agregrat.

Pemberian air juga dapat meningkatkan kelembaban sehingga dapat mempercepat mineralisasi bahan organik yang berarti mempercepat ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Broadbent *dalam* Ismunadji (1988) menyebutkan bahwa faktor-faktor penting yang mempengaruhi mineralisasi bahan organik adalah suhu, kadar air, penggenangan dan pengeringan secara bergantian serta kadar bahan organik.

Terganggunya pertumbuhan tanaman yang diberi perlakuan pupuk kandang ayam, diduga karena terbentuknya asam-asam organik (asam asetat, propionat, butirat, laktat, valerat dan asam format) dan gas-gas (CH_4 , C_2H_4 , C_2H_6) yang tinggi serta terganggunya ketersediaan unsur hara dalam tanah bagi tanaman. Kemasaman tanah yang rendah dan pembenaman bahan organik ke dalam tanah dapat meningkatkan akumulasi asam organik dalam tanah. Selain itu penurunan potensial redok akibat penggenangan juga dapat meningkatkan ikatan-ikatan sulfida maupun gas-gas. Konsentrasi asam-asam organik dan gas-gas yang tinggi dapat

mempengaruhi pertumbuhan tanaman padi dengan menghambat perpanjangan akar, respirasi dan serapan hara (Ismunadji dan Roechyati *dalam* Ismunadji dan Manurung, 1988), terutama pada tanah dengan drainase yang buruk/tanpa pencucian.

Hasil analisis tanah kandungan C, N, C/N, K, dan Na termasuk rendah, sedangkan unsur Ca dan Mg termasuk tinggi (Tabel 1). Menurut Komariah *et al.* (1993), terganggunya ketersediaan unsur hara diduga disebabkan bahan organik pupuk kandang ayam, yang ditambahkan dalam perlakuan masih mempunyai rasio C/N yang tinggi sehingga mengakibatkan terjadinya immobilisasi unsur hara tanah seperti N dan P. Seperti diketahui proses dekomposisi bahan organik dalam lingkungan anaerob berlangsung sangat lambat dan tidak sempurna. Bahan organik yang belum terdekomposisi sempurna ini mempunyai rasio C/N yang tinggi. Hal ini mengakibatkan terjadinya immobilisasi N tanah oleh mikroorganisme yang digunakan untuk mendegradasi bahan organik tersebut sehingga N menjadi tidak tersedia bagi tanaman untuk sementara (Alexander, 1997). Akibatnya terjadi persaingan antara tanaman dengan mikroba tanah sehingga menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (Cosico, 1998). Proses immobilisasi yang dimaksud adalah perombakan

bentuk N-anorganik menjadi bentuk N-organik (Leiwakabessy, 1988). Demikian halnya terhadap ketersediaan fosfat, penambahan C-organik terhadap tanah dengan kandungan P rendah dapat mengakibatkan terjadinya imobilisasi. Mineralisasi mempunyai hubungan yang erat dengan mineralisasi N, di mana jika kadar N-tanah rendah maka akan terjadi akumulasi P-anorganik dan sebaliknya (Leiwakabessy, 1988). Akan tetapi karena tanah mempunyai pH masam sebagian besar fosfat akan terfiksasi oleh permukaan koloid yang mengandung ion Al^{3+} , Fe^{3+} , dan Mn^{2+} ; dan baru akan dibebaskan setelah membentuk formasi kompleks dengan persenyawaan humik yang berasal dari penguraian bahan organik.

Kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah

Hasil analisis terhadap kandungan logam berat Hg dalam tanah setelah percobaan (Tabel 5) memperlihatkan bahwa kandungan Hg dalam tanah dari setiap interaksi perlakuan menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan (ns) terhadap kontrol.

Meskipun secara statistik menunjukkan tidak ada perbedaan yang signifikan, hasil perlakuan pukan sapi tanpa pencucian mempunyai kadar Hg sedikit lebih tinggi dibandingkan kontrol dan perlakuan pukan ayam tanpa pencucian mempunyai kadar Hg lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pencucian dan penambahan bahan organik belum mampu meningkatkan penyerapan logam berat Hg dalam tanah. Meskipun demikian hasil penelitian perlakuan pencucian air bebas ion dikombinasikan dengan bahan organik dapat menurunkan kandungan logam berat Merkuri (Hg) dalam tanah (38.100 ppb), walau belum sampai di bawah ambang batas yang dianjurkan oleh kantor KLH-Dalhousie University Canada (1992) untuk penggunaan pertanian sebesar 0,5 ppm atau 500 ppb (Gambar 3).

Kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam hasil padi

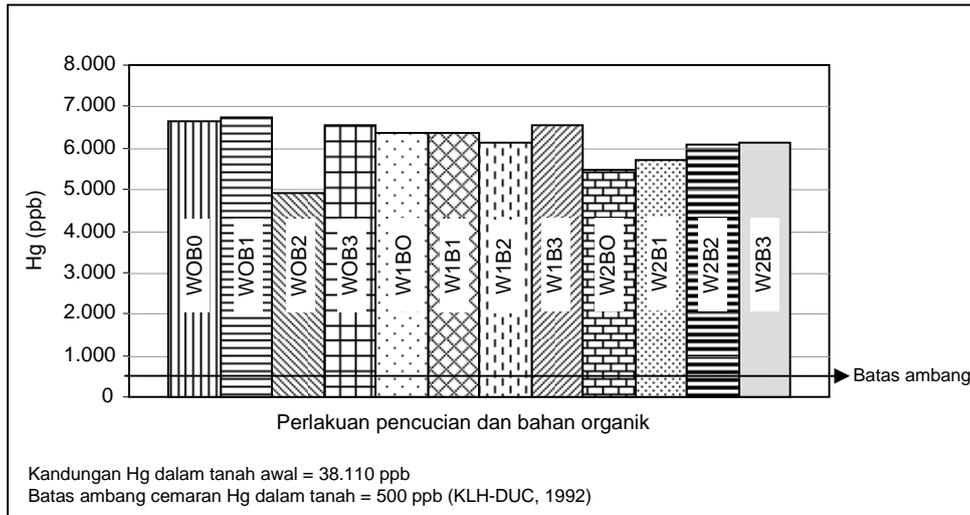
Hasil analisis statistik (Tabel 5) perlakuan pencucian dan bahan organik terhadap kandungan Hg dalam biomas maupun dalam beras, tidak ada perbedaan yang signifikan (ns).

Tabel 5. Rata-rata kandungan logam berat Merkuri (Hg) setelah percobaan

Table 5. Mercury (Hg) concentration in soil after treatment

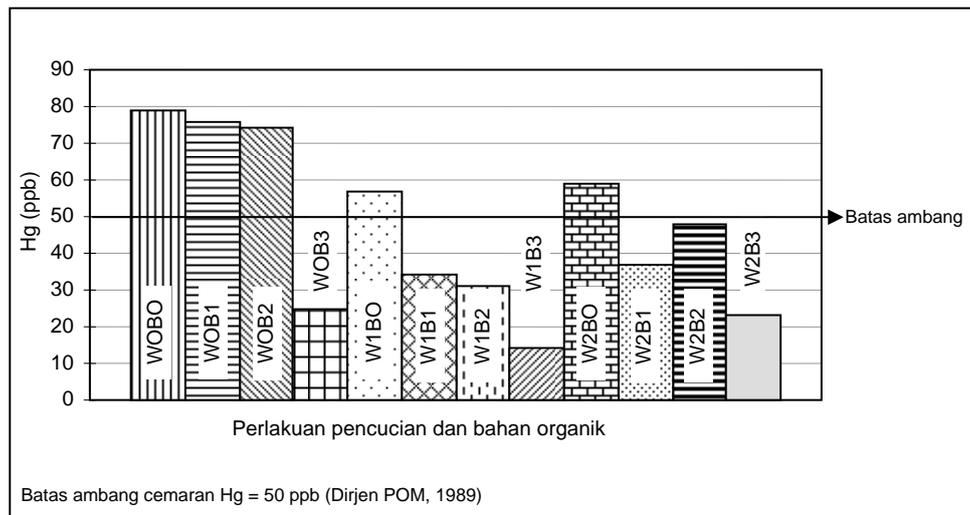
Perlakuan interaksi	Tanah	Biomas	Beras
 ppb		
Tanpa pencucian (W0)			
Tanpa bahan organik (W0B0)	6.634	605	79
Pupuk kandang sapi (W0B1)	6.741	520	76
Pupuk kandang ayam (W0B2)	4.896	1.399	74
Kompos jerami (W0B3)	6.561	563	25*
Pencucian 1 liter air bebas ion (W1)			
Tanpa bahan organik (W1B0)	6.384	481	57
Pupuk kandang sapi (W1B1)	6.342	1.066	34*
Pupuk kandang ayam (W1B2)	6.131	463	31*
Kompos jerami (W1B3)	6.540	110	14*
Pencucian 2 liter air bebas ion (W2)			
Tanpa bahan organik (W2B0)	5.461	156	59
Pupuk kandang sapi (W2B1)	5.708	865	37*
Pupuk kandang ayam (W2B2)	6.076	402	48*
Kompos jerami (W2B3)	6.113	817	23*

* Di bawah ambang batas cemaran merkuri berdasarkan surat Dirjen POM (1989) yaitu 0,05 ppm = 50 ppb (1 ppm = 1.000 ppb)
 Hg total dalam tanah awal 38,11 ppm = 38.110 ppb



Gambar 3. Kandungan Hg dalam tanah setelah perlakuan, masih di atas ambang batas

Figure 3. Mercury (Hg) concentration in soil after treatment, above threshold



Gambar 4. Kandungan Hg dalam beras setelah pencucian dan pemberian bahan organik

Figure 4. Mercury (Hg) concentration in rice after leaching and organic matter present

Kandungan Merkuri (Hg) dalam beras, secara statistik tidak ada perbedaan signifikan (ns), dari pengaruh perlakuan pencucian (W) dan pemberian bahan organik (B), tetapi dapat menurunkan kandungan logam berat Merkuri (Hg) dalam beras sampai di bawah ambang batas yang dianjurkan oleh

Dirjen POM sebesar 0,05 ppm (50 ppb) untuk makanan (Gambar 4).

Perlakuan yang dapat menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam beras, adalah pemberian kompos jerami dengan pencucian 1 liter air (W1B3) = 14 ppb; disusul oleh perlakuan kompos

jerami dikombinasikan dengan pencucian 2 liter air (W2B3) = 23 ppb; kompos jerami tanpa pencucian (WOB3) = 25 ppb; pukan ayam dengan pencucian air 1 liter (W1B2) = 31 ppb; pukan sapi dengan pencucian 1 (W1B1) dan 2 liter air (W2B1) ; 34 ppb dan 37 ppb.

Sedangkan untuk komponen biomas, pengaruh pencucian dan pemberian bahan organik belum dapat menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) sampai di bawah ambang batas yang dianjurkan oleh Dirjen POM (1989) sebesar 0,05 ppm (50 ppb) untuk makanan (Gambar 5).

Rendahnya retensi atau daya ikat tanah terhadap Hg diduga karena rendahnya kandungan liat dalam tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat Alloway (1990) yang menyatakan bahwa fraksi liat merupakan sifat tanah yang penting dalam menjerap ion-ion logam berat. Selain kandungan liat, menurut Steinnes (1990), penjerapan logam berat Hg juga dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu pH tanah, kadar bahan organik tanah dan potensial redok. Perubahan kondisi seperti penurunan pH, peningkatan konsentrasi asam-asam organik atau penurunan potensial redok dapat secara drastis menurunkan kuatnya ikatan logam berat dan meningkatkan mobilitasnya (Schulin *et al.*, 1995).

Penambahan bahan organik nampaknya belum mampu meningkatkan penjerapan terhadap logam berat Hg, sehingga diduga kelarutannya dalam tanah cukup tinggi dan menyebabkan serapan yang cukup tinggi oleh tanaman seperti kombinasi pukan ayam tanpa pencucian (Tabel 5). Tingginya mobilitas Hg dalam tanah ini diduga karena pH tanah yang rendah, terjadinya peningkatan reduksi tanah akibat penggenangan dan penambahan bahan organik, serta peningkatan konsentrasi asam-asam organik yang dihasilkan oleh bahan organik.

Dengan adanya bahan organik, kation dari logam berat cenderung membentuk khelat (Soepardi, 1983). Pengaruh pengkhelatan terhadap mobilitas logam berat adalah terbentuknya ligan-ligan khelat. Kation akan berubah bentuk menjadi anion. Anion-anion ini akan ditolak oleh muatan-muatan negatif

koloid, sehingga logam-logam tersebut akan tetap mobil dalam tanah (Tan, 1982).

Meskipun demikian, ternyata tidak semua tanaman (Tabel 5) memiliki kadar Hg yang tinggi di dalam jaringannya. Hal ini diduga karena terjadinya peningkatan pH tanah akibat proses dekomposisi bahan organik. Pada pH 6,5 atau lebih logam berat umumnya cenderung lambat tersedia bagi tanaman, terutama bila berada dalam bentuk bervalensi tinggi (Soepardi, 1983). Peningkatan potensial redok akan mentransformasi Hg menjadi bentuk +2 (Steinnes, 1990). Selain itu senyawa organik yang mengandung logam berat diambil lebih lambat dibandingkan logam-logam ionik. Menurut Rahayu (1997), larutan berberat molekul tinggi seperti khelat logam dan asam fulvik amat dihambat oleh diameter celah untuk masuk ke daerah bebas sel-sel akar.

Mengacu pada hasil analisis kandungan Hg (Tabel 5), diduga sebagian besar logam berat Hg menghilang dari dalam tanah karena mengalami metilasi menjadi bentuk molekul-molekul volatil dan mengalami volatilisasi. Metilasi biasanya dilakukan oleh mikro organisme anaerob dan dapat juga berasosiasi dengan asam organik. Metilasi merupakan transformasi merkuri anorganik menjadi merkuri organik berbentuk metil oleh aktivitas mikro organisme anaerobik (Fardiaz, 1992). Volatilisasi (penguapan) Hg dipengaruhi oleh bahan organik. Menurut Steinnes (1990), bahan organik cenderung untuk mempertinggi kehilangan. Pada tanah masam dengan kadar Hg tinggi, kandungan humus yang tinggi menyebabkan kehilangan Hg lebih tinggi setelah reduksi. Reduksi tanah dipercepat oleh adanya bahan organik (Tan, 1982). Oleh karena itu perlakuan pencucian air 1 liter dikombinasikan dengan kompos jerami dampaknya mampu menurunkan ketersediaan Hg dalam larutan tanah sehingga serapan oleh tanaman juga turun.

Kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam air perkolasi

Hasil analisis laboratorium terhadap air perkolasi hasil pencucian memperlihatkan bahwa air perkolasi tidak mengandung logam berat Hg atau

sekalipun ada, kemungkinan kadarnya sangat kecil sehingga tidak terdeteksi oleh alat ukur. Penyebab lainnya adalah sebagian besar logam berat Hg menghilang dari tanah karena mengalami metilasi menjadi bentuk molekul-molekul volatil dan mengalami volatilisasi. Metilasi biasanya dilakukan oleh mikroorganisme anaerob dan dapat juga berasosiasi dengan asam organik. Metilasi merupakan transformasi merkuri anorganik menjadi merkuri organik berbentuk metil oleh aktivitas mikroorganisme anaerobik (Fardiaz, 1992). Menurut Steinnes (1990) bahan organik cenderung untuk mempertinggi kehilangan. Pada tanah masam dengan kadar Hg tinggi, kandungan humus tinggi menyebabkan kehilangan Hg lebih tinggi setelah reduksi. Reduksi tanah dipercepat oleh adanya bahan organik (Tan, 1982). Oleh karena itu pengaruh perlakuan pencucian dengan pemberian bahan organik nampaknya mampu menurunkan ketersediaan Hg dalam larutan tanah sehingga dalam air perkolasi juga semakin kecil atau tidak terukur.

KESIMPULAN

1. Pemberian bahan organik berupa jerami kompos dikombinasikan dengan pencucian air bebas ion dapat menurunkan kandungan logam berat merkuri dalam beras sampai di bawah ambang batas yang disarankan Dirjen POM sebesar 0,05 ppm = 50 ppb.
2. Pemberian jerami kompos dengan pencucian air 1 atau 2 liter setiap tiga hari maupun tanpa pencucian, dapat menekan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam beras sampai 14, 23 dan 25 ppb.
3. Pemberian bahan organik dikombinasikan dengan pencucian dapat menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam tanah sampai 84%, meskipun belum sampai di bawah batas ambang yang dianjurkan.
4. Pengelolaan tanah tercemar logam berat merkuri (Hg), dianjurkan diberikan bahan organik yang cukup, dikombinasikan dengan pencucian, dan

ditanami komoditas yang akan diambil bijinya (beras atau gabah), tidak disarankan untuk mengkonsumsi hijauan atau biomasnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway. 1990.** Soil processes and behaviour of metals. *In* Alloway (Ed.) Heavy Metals in Soils. Blackie Glasgow and London Halsted Press. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Alexander, M. 1997.** Introduction to Soil Microbiology. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Arnold, F. 1990.** Pencemaran logam berat dalam tanah. Disampaikan pada Seminar Forum Komunikasi Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (Tidak dipublikasikan).
- Emma, T.S., M. Oviyanti, dan S. Apong. 2007.** Pengaruh Sampah Kota dan Pupuk Kandang Domba terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays* Saccharata) pada Fluventic Eutrudept Asal Jatinangor, Kabupaten Sumedang. Laporan Hasil Penelitian Peneliti Muda (Litmud) UNPAD. Fakultas Pertanian, Universitas Pajajaran. Bandung.
- Cosico, L.W. 1985.** Organic Fertilizers, their Nature, Properties and Use. Fanning System and Soil Resource Institute. University of Philippines, Laguna.
- Dirjen POM. 1989.** Lampiran Surat Keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725IB/SKNII/89 tentang Batas Minimum Cemaran Logam dalam Makanan. Buletin Teknologi dan Industri Pangan 6(2):103-109.
- Fardiaz, S. 1992.** Polusi Air dan Udara. Kanisius, Yogyakarta.
- Hardjowigeno, S. 1995.** Ilmu Tanah. Akademika Presindo, Jakarta.
- Ismunadji, M., dan S.O. Manurung. 1988.** morfologi dan fisiologi padi. *Dalam* M. Ismunadji, S. Partohardjono, M. Syam, dan A. Widjono. Padi (Buku 1). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Koeman, J.H. 1987.** Toksikologi Umum. Terjemahan Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

- Komariah, S., T. Prihartini, dan E.S. Mangku. 1993.** Aktivitas mikroorganisme dalam reklamasi tanah gambut. *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah. 18-21 Februari 1993. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- KLH-Dalhousie University Canada. 1992.** Environmental Mangement Development in Indonesia. Pp 5-8. *In* Indonesian Environmental Soil Quality Criteria for Contaminated Sited. Project of the Ministry of State for Population and Environmental Republic of Indonesia and Dalhousie University Canada with support from the Canadian International Development Agency.
- Leiwakabessy, F.M. 1988.** Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Leeper, G.W. 1978.** Managing the heavy metals on the land. *In* Chapter 3. Relations of Plants to the Heavy Metals. Marcel Dekker Inc., New York. Basel.
- Mezuan, I.P. Handayani, dan E. Inorih. 2002.** Penerapan Formulasi Pupuk Hayati untuk Budidaya Padi Gogo. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 4(1).
- Nyakpa, M.Y., A.M. Lubis, dan G. Ban Hong. 1988.** Kesuburan Tanah, Universitas Lampung.
- Poerwowidodo. 1992.** Telaah Kesuburan Tanah. Angkasa. Bandung.
- Puslittanak. 2000.** Pengkajian Baku Mutu Tanah pada Lahan Pertanian. Tim Peneliti Baku Mutu Tanah Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Putra, J.A. 2006.** Bioremoval, Metode Alternatif untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat. <http://www.chemistry.org>.
- Rahayu, A. 1997.** Nutrisi Tanaman. Jurusan Budidaya Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Juanda. Bogor.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, dan H. Novpriansyah. 1998a.** Perubahan kelarutan seng asal limbah industri di dalam tanah tropika akibat penambahan kapur dan kompos daun singkong. *Jurnal Tanah Trop.* 6:111-117.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, dan Samo. 1998b.** Perubahan larutan tembaga dan kadmium dalam kolom tanah dengan perlakuan kapur dan kompos daun singkong akibat pencucian dengan air. *Jurnal Tanah Trop.* 7:43-50.
- Santosa, E., T. Prihatini, S. Komariah, dan P. Kabar. 1998.** Tanggap tanaman padi IR-64 terhadap penggunaan jerami dan inokulasi mikroba pada tanah sawah baru. Hlm 193-202. *Dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Kimia dan Biologi Tanah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sobana. A. 2002.** Pengaruh Pencucian dan Pemberian Bahan Organik dalam Memperbaiki Tanah Tercemar Merkuri terhadap Pertumbuhan dan Hasil Padi (*Oryza sativa* L). Skripsi. Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Juanda. Bogor.
- Steinnes, E. 1990.** Mercury. *In* B.J. Alloway (Ed.). Heavy Metals in Soil, Blackie Glasgow and London Halsted Press. John Wiley and Sons Inc., New York.
- Soepardi, G. 1983.** Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soerowinoto, S. 1983.** Budidaya Tanaman Padi. Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Schulin, R., G. Geiger, and G. Fmrrer. 1995.** Heavy metal retention by soil organic matter under changing environmental conditions. *In* W. Salomons and W.M. Stigliani (Eds.). Biogeodynamics of Pollutants in Soils and Sediments-Springer Verlag Berlin Heidelberg. New York.
- Tan, K.H. 1982.** Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker. Inc. New York.
- Wijanto, S.E. 2005.** Limbah B3 dan Kesehatan. <http://www.dinkesjatin.go.id>.