

**Pencemaran Logam Berat dalam Tanah dan Tanaman  
serta Upaya Mengurangnya**

Disajikan dalam Seminar Nasional Kimia XVIII di FMIPA UGM  
Yogyakarta, 10 Juli 2008

Oleh:  
Sandra Sukmaning Adji  
Deetje Sunarsih  
Sri Hamda

UNIVERSITAS TERBUKA  
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN  
2008

# Pencemaran Logam Berat dalam Tanah dan Tanaman serta Upaya Mengurangnya

Sandra Sukmaning Adji, Deetje Sunarsih dan Sri Hamda  
[sandra@mail.ut.ac.id](mailto:sandra@mail.ut.ac.id); [deetje@mail.ut.ac.id](mailto:deetje@mail.ut.ac.id)  
[srihamda@mail.ut.ac.id](mailto:srihamda@mail.ut.ac.id)

## Abstrak

*Peningkatan pembangunan termasuk industri turut menyebabkan dampak negatif apabila tidak dikelola secara benar. Industri yang menggunakan bahan baku logam berat bila membuang limbahnya ke sungai/badan air mengakibatkan sungai dan tanah di sekitar wilayah yang terairi oleh sungai tersebut akan terkontaminasi logam berat, dan pada tingkat tertentu mengakibatkan terjadinya kerusakan lingkungan. Adanya logam berat dalam tanah berimplikasi pada adanya logam berat dalam tanaman. Kerusakan tanah akibat adanya logam berat menyebabkan sebagian tanah menjadi berkurang kesuburannya dan bahkan dapat menjadi racun bagi tanaman. Logam berat pada tanah terdapat dalam berbagai bentuk. Logam berat dalam bentuk ion atau terlarut, akan mudah terjerap pada jaringan tanaman, dan bila tanaman yang mengikatnya adalah tanaman pangan maka pencemaran logam berat akan lebih berbahaya bagi kehidupan. Berbagai upaya mengkhelat logam berat dalam tanah perlu dilakukan guna menghindari terjerapnya logam berat dalam tanaman pangan. Upaya mengurangi kandungan logam berat dalam tanaman dapat dilakukan dengan pemberian bahan organik seperti kotoran sapi, kotoran ayam, kotoran kambing dan kompos tanaman. Selain bahan organik, penurunan kandungan logam berat dalam tanaman juga dapat dikurangi melalui penggunaan mikroorganisme yaitu bakteri pereduksi sulfat. Lebih jauh kedua amelioran ini dapat digunakan untuk perbaikan dan pemulihan sehingga kondisi tanah yang rusak dapat berfungsi kembali secara optimal sebagai unsur produksi.*

*Kata Kunci : Pencemaran, logam berat, tanah, tanaman.*

## Pendahuluan

Peningkatan pembangunan termasuk industri tidak hanya mampu menyerap tenaga kerja, namun turut pula menyebabkan dampak negatif apabila tidak dikelola secara benar. Salah satu contohnya adalah kegiatan industri yang membuang limbahnya ke sungai/badan air yang digunakan sebagai sumber air irigasi. Walaupun pelaku industri tersebut menyatakan telah melakukan proses pengolahan limbah melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), namun masih saja terdapat sejumlah senyawa beracun yang ikut terbawa pada aliran sungai. Limbah yang dibuang ke badan air dan menjadi sumber air irigasi bagi lahan pertanian yang masih produktif menimbulkan dampak yang tidak saja

merugikan bagi keberlangsungan usaha tani pada lahan tersebut akan tetapi dapat berakibat pada kerusakan ekosistem.

Salah satu wilayah di Jawa Barat tepatnya di kecamatan Rancaekek dan sekitarnya berkembang kawasan industri tekstil dan hingga kini tercatat ada lebih dari 30 pabrik tekstil yang berada di antara Rancaekek – Cicalengka. Banyaknya pabrik ini membawa pengaruh terhadap air buangan yang dialirkan melalui sungai di sekitarnya, terlebih apabila IPAL dari pabrik ada yang tidak berfungsi maksimal. Sementara Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 tentang Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya Beracun menyebutkan bahwa dampak kegiatan industri tekstil yang perlu diwaspadai di antaranya adalah akibat adanya logam berat yang keluar bersama air buangan. Logam berat tersebut di antaranya adalah arsen, kadmium, krom, timbal, tembaga dan seng.

Adanya kegiatan industri tekstil yang berdekatan dengan daerah pertanian seperti di Rancaekek berpotensi menurunkan kualitas tanah khususnya tanah sawah, karena limbah pabrik dibuang ke sungai/badan air, sedangkan sungai tersebut merupakan sumber air irigasi bagi persawahan di daerah tersebut terutama dimusim kemarau. Keadaan ini sudah bertahun – tahun terjadi dan kualitas tanah di daerah tersebut mengandung natrium dan logam berat. Adanya logam Pb, Cd dan Cr pada tanah sawah diduga logam tersebut akan terangkut ke dalam tanaman. Bila bagian tanaman seperti daun dan beras dikonsumsi hewan atau manusia maka lambat laun akan menimbulkan keracunan bagi yang mengkonsumsinya. Oleh sebab itu, perbaikan sifat tanah yang tercemar tersebut perlu dilakukan agar tanah sawah tersebut dapat memproduksi kembali dengan baik dan tidak menjadi sangat rusak, serta tidak tercemar senyawa kimia beracun. Ada beberapa cara yang dilakukan untuk perbaikan tanah sawah, guna menurunkan kandungan logam berat yang dilakukan melalui pemberian bahan organik, bakteri dan penggunaan tanaman pengikat. Rusaknya ekosistem berdampak terjadinya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan terjadi karena masuknya atau dimasukkannya bahan-bahan yang diakibatkan oleh berbagai kegiatan manusia dan atau yang dapat menimbulkan perubahan yang merusak karakteristik fisik, kimia, biologi atau estetika lingkungan tersebut (Odum, 1971). Perubahan tersebut dapat terjadi di air, udara dan tanah sehingga menimbulkan bahaya bagi

kehidupan manusia atau spesies-spesies yang berguna baik saat ini atau dimasa mendatang. Misalnya terlepasnya senyawa organik dan anorganik berbahaya ke dalam lingkungan oleh perilaku manusia seperti pembuangan limbah industri yang belum diolah secara baik. Akibatnya akan terjadi perubahan sifat fisik, kimia dan biologi yang tidak diinginkan terhadap tanah, air dan udara yang selanjutnya dapat berdampak terhadap kehidupan makhluk hidup dan habitatnya.

### **Logam Berat**

Secara alami tanah telah mengandung berbagai unsur logam, unsur-unsur logam dominan adalah Si, Al, Fe, Ca, Na, K, Mg, unsur – unsur logam pada tanah ini berasal dari pelapukan batu-batuan (batuan induk), dan keberadaan unsur ini akan besar pengaruhnya terhadap sifat fisik dan kimia tanah (Alloway, 1995). Logam-logam tersebut umumnya termasuk logam yang mempunyai berat jenis kurang dari 5 gram/cm<sup>3</sup> atau bukan logam berat. Sementara logam yang biasanya tidak terlalu banyak di tanah adalah logam berat. Logam ini mempunyai berat jenis lebih dari 5 gram/cm<sup>3</sup> bernomor atom 22 sampai dengan 92 terletak pada periode 4 sampai 7 dalam susunan berkala serta mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S sehingga mendorong terjadinya ikatan logam berat dengan gugus S (Saeni, 2002). Logam berat dalam jumlah berlebih menyebabkan terjadinya pencemaran dalam tanah. Saeni (2002) menjelaskan bahwa unsur-unsur logam berat yang potensial menimbulkan pencemaran pada lingkungan adalah; Fe, As, Cd, Pb, Hg, Mn, Ni, Cr, Zn, dan Cu, karena unsur ini lebih ekstensif penggunaannya demikian pula dengan tingkat toksisitasnya yang tinggi. Sementara United State Environment Protection Agency (US EPA) mendata logam berat yang merupakan pencemar utama berbahaya yaitu Sb, Ag, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Se, Sr, Ag dan Zn (Sukhendrayatna, 2001) namun terdapat pula logam berat seperti Cr, Cu, Fe, Mn, Mo yang merupakan unsur hara mikro yang esensial bagi tanaman, tetapi bila jumlahnya terlalu besar akan merupakan racun bagi tanaman. Adanya racun pada tanah terutama bila logam tersebut telah terakumulasi dan telah melebihi batas kritis dalam tanah.

Alloway (1995) mengatakan bahwa kelebihan logam berat dalam tanah bukan hanya meracuni tanaman dan organisme, tetapi dapat berimplikasi pada

pencemaran lingkungan. Yaron *et al.*, (1996) serta Pendias dan Pendias (2000) menjelaskan logam berat dalam tanah terdiri atas berbagai bentuk, seperti bentuk yang terikat pada partikel organik, bentuk tereduksi (hidroksida), bentuk karbonat, bentuk sulfida dan bentuk larutan dalam tanah. Logam berat yang terdapat di dalam tanah atau sedimen dapat melakukan proses pertukaran ion dan absorpsi terutama pada partikel halus dengan permukaan yang luas dan gugus bermuatan negatif, seperti tanah liat (kaolinit, klorit, montmorilonit) zat-zat humin (asam humus, asam fulfik, asam humin) dan oksida-oksida Fe dan Mn. Logam berat termasuk zat pencemar karena sifatnya yang stabil dan sulit untuk diuraikan. Selain itu juga dijelaskan bahwa logam berat dalam tanah yang membahayakan pada kehidupan organisme dan lingkungan adalah dalam bentuk terlarut. Akan tetapi logam berat di dalam tanah mampu membentuk kompleks dengan bahan organik dalam tanah sehingga menjadi logam yang tidak larut. Logam yang diikat menjadi kompleks organik ini sukar untuk dicuci serta relatif tidak tersedia bagi tanaman. Dengan demikian senyawa organik tanah mampu mengurangi bahaya potensial yang disebabkan oleh logam berat beracun.

## **Pembahasan**

### **1. Kandungan Logam Berat pada Tanah Tercemar**

Hasil analisis lumpur salah satu pabrik tekstil terbesar di wilayah Rancaekek menunjukkan angka 15,61 ppm Pb; 0,13 ppm Cd; dan 413 ppm Cr (Suganda *et al.*, 2002). Sementara tanah sawah bidang olah, serta tanaman yang tumbuh di wilayah tersebut mengandung logam berat (Abdurachman *et al.*, 2000; Suganda *et al.*, 2002). Kandungan logam berat pada tanah bidang olah di wilayah Rancaekek yang diairi air sungai Cikijing menunjukkan kisaran angka sebesar 8,73 sampai dengan 22,76 ppm Pb; 0,05 sampai dengan 0,19 ppm Cd dan 0,78 sampai dengan 24,92 ppm Cr. Sedang pada jerami tanaman padi yang tumbuh di wilayah tersebut menunjukkan kisaran angka sebesar 0,971 sampai dengan 5,384 ppm Pb; 0,029 sampai dengan 0,351 ppm Cd dan 0,673 sampai dengan 4,521 ppm Cr. Sementara pada beras yang dihasilkan menunjukkan kisaran angka sebesar 0,092 sampai dengan 0,918 ppm Pb; 0,026 sampai dengan 0,180 ppm Cd; 0,985 sampai dengan 17,110 ppm Cr (Suganda *et al.*, 2002).

Selanjutnya hasil analisis logam berat yang dilakukan oleh Sandra S.A (2006) pada tanah sawah di Rancaek tertera pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Kandungan logam total (ekstrak HClO<sub>4</sub> + HNO<sub>3</sub>) pada tanah sawah di lokasi penelitian di Blok Rancakeong

No	Parameter	Satuan	Kelompok			Rentang angka kritis kandungan logam dalam tanah
			I	II	III	
1	Fe	ppm	58807	51750	52809	10000-100000**
2	Al	ppm	10749	10209	10309	50.000– 200.000***
3	Mn	ppm	546	514	505	1000*
4	Cu	ppm	58	58	59	60 – 125*
5	Zn	ppm	116	110	104	70 – 400*
6	Pb	ppm	29,48	20,67	20,67	100 – 400*
7	Cd	ppm	1,55	2,02	1,18	3 – 8*
8	Co	ppm	19,9	19,7	20,1	25 – 50*
9	Cr	ppm	41,81	36,16	46,21	75 – 100*
10	B	ppm	111,8	98,5	125,1	2 - 3 **
11	Ni	ppm	16,2	16,1	16,1	32 – 100*

\* = Sumber : Pendias dan Pendias (1992)

\*\* = Sumber : Mengel dan Kirby (1987)

\*\*\* = Sumber : Ming dan Henninger (1989)

Tabel 3. Kandungan logam tersedia (ekstrak CH<sub>3</sub>COOH) pada tanah sawah di lokasi penelitian di Blok Rancakeong

No	Parameter	Satuan	Kelompok			Batas kandungan logam tersedia
			I	II	III	
1	Fe	ppm	101,17	127,19	139,14	-
2	Al	ppm	14,96	16,60	16,91	0,1-0,6*
3	Mn	ppm	44,50	27,9	17,31	0,1-10*
4	Cu	ppm	0,91	0,97	0,95	0,03-0,3*
5	Zn	ppm	2,44	3,20	4,45	<0,005*
6	Pb	ppm	0,30	1,53	0,20	0,001*
7	Cd	ppm	0,04	0,04	0,03	0,001*
8	Co	ppm	0,16	0,30	0,53	0,01*
9	Cr	ppm	0,17	0,11	0,23	0,001*
10	B	ppm	5,44	5,06	5,72	0,1-1,0**
11	Ni	ppm	0,19	0,20	0,22	0,05*
12	Na	ppm	2100	2100	2200	-

\* = Sumber : Ming dan Henninger (1989)

\*\* = Sumber : Mengel dan Kirby (1987)

Kondisi yang tidak jauh berbeda juga terjadi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo yang beberapa tahun terakhir berkembang menjadi kawasan industri diantaranya industri tekstil. Kawasan ini menurut Nasution *et al.*, (2003) mengandung logam berat baik di tanah maupun jaringan tanaman. Kandungan logam berat tersedia dalam tanah berkisar antara 0,04 sampai dengan 0,68 ppm Pb; 0,02 sampai dengan 0,14 ppm Cd dan 0,03 sampai dengan 0,53 ppm Cr. Sedang kandungan logam berat pada jerami padi hasil pertanian daerah tersebut sebesar 0,68 sampai dengan 4,08 ppm Pb; 0,00 sampai dengan 3,93 ppm Cd dan 0,00 sampai dengan 8,16 ppm Cr. Sementara pada beras pecah kulit sebesar 0,00 sampai dengan 0,63 ppm Pb; 0,00 sampai dengan 0,42 ppm Cd dan 0,00 sampai dengan 0,92 ppm Cr (Nasution *et al.*, 2003). Walaupun kandungan dari unsur-unsur tersebut masih belum melewati ambang batas yang ditetapkan kecuali Cd pada beras yaitu sebesar 0,005 ppm (S.K. Ditjen POM No 03725/B/Sk/VII/89) namun karena sifatnya yang akumulatif berpotensi mengganggu kesehatan bagi manusia.

Logam berat berbahaya beracun yang ada dalam tanah sawah menunjukkan wilayah tersebut mengalami masalah lingkungan. Masalah lingkungan yang dapat mengakibatkan kerusakan tanah tersebut menurut Dent (1993) dapat dikelompokkan ke dalam kerusakan kimia tanah yang dicirikan hilangnya kesuburan tanah dan terkandungnya unsur-unsur kimia yang tidak dibutuhkan tanaman dan manusia pemakannya

## **2. Perbaikan Tanah Tercemar Logam Berat / Upaya Mengurangnya**

Kerusakan lahan didefinisikan sebagai proses hilangnya atau berkurangnya kegunaan atau potensi kegunaan lahan maupun hilangnya atau berubahnya organisme. Adanya kerusakan lahan memerlukan penanganan/pengolahan yang dilakukan secara intensif. Ada beberapa cara untuk menurunkan kandungan logam berat di antaranya penggunaan tanaman pengikat logam, bahan organik dan bakteri.

### **a. Penggunaan Tanaman Pengikat Logam**

Adanya kandungan logam berat dalam tanah dapat dikurangi melalui penanaman vegetasi pengikat logam berat. Vegetasi ini mempunyai bentuk yang

beraneka ragam, baik yang berwujud seperti alang-alang maupun membentuk jalinan berupa rumpun. Teknologi untuk memperbaiki lahan dengan menggunakan tanaman dikenal dengan sebutan fitoremediasi (Hasegawa, 2002). Logam berat dalam tanah terjerap oleh akar dan selanjutnya akan terakumulasi dalam akar, batang, daun, buah dan biji. Beberapa vegetasi yang dapat mengikat logam berat antara lain adalah *Jasione montana*, *Brassica juncea*, *Thiaspi caerulescens* (Hasegawa, 2002).

Penelitian tentang penggunaan vegetasi untuk menurunkan kandungan logam berat dapat dilakukan melalui beberapa tanaman yang toleran terhadap logam berat (Prasad and Freitas, 2003). Eceng gondok dan mendong dapat digunakan untuk merehabilitasi tanah sawah tercemar logam berat (Kurnia *et al.*, 2003), vegetasi lainnya seperti akar wangi dan haramay karena juga dapat mengikat logam berat dari dalam tanah (Dewi, 2004).

Penelitian yang dilakukan oleh Sandra, S.A. (2006) tentang penurunan logam berat pada tanah tercemar dengan menggunakan tanaman pengikat logam yaitu eceng gondok, haramay, mendong dan akar wangi menunjukkan bahwa ada pengaruh nyata pemberian keempat vegetasi terhadap serapan logam dalam daun. Eceng gondok merupakan vegetasi tertinggi (1,2423 miligram/pot) dalam mengakumulasi Pb di daun dibandingkan dengan mendong, akar wangi dan haramay. Akan tetapi secara statistik eceng gondok tidak berbeda nyata bila dibandingkan dengan akar wangi dan haramay, namun berbeda nyata dengan mendong. Selain Pb, eceng gondok juga tertinggi (0,1577 miligram/pot) dalam mengakumulasi Cd di daun dan berbeda nyata dengan mendong dan haramay namun tidak berbeda nyata dengan akar wangi. Hal ini sejalan dengan penelitian Zhu *et al.*, (1999) yang menerangkan bahwa eceng gondok mampu mengakumulasi Cd dengan tinggi bahkan hingga 61,7 mg/kg berat kering per hari. Tingginya kemampuan eceng gondok dalam mengakumulasi logam berat diduga karena eceng gondok mempunyai vakuola yang besar dalam struktur selnya sehingga mampu menyimpan logam berat dalam jaringan tanaman.

Sandra S.A.(2006) menerangkan bahwa akar wangi tertinggi (0,9390 miligram/pot) dalam mengakumulasi Cr di daun dan berbeda nyata dengan tiga vegetasi lainnya. Hasil penelitian senada dilakukan oleh Dewi (2004) yang

menerangkan bahwa akar wangi lebih tinggi mengakumulasi Pb dan Cd pada jaringan tanaman dibandingkan dengan haramay. Selanjutnya diterangkan bahwa akumulasi Pb pada tajuk haramay dapat mencapai sebesar 12,807 ug/pot sedang akar wangi sebesar 11,824 ug/pot sementara untuk Cd pada tanaman haramay mampu mengakumulasi sebesar 1,105 ug/pot dan untuk vegetasi akar wangi 5,341 ug/pot.

Berdasarkan uraian di atas dapat diterangkan bahwa pengikatan logam berat dalam tanah bervariasi pada setiap tanaman. Eceng gondok relatif lebih tinggi mengakumulasi logam berat dalam daun, sedang akar wangi mampu mengikat kuat logam berat dalam akar. Dengan demikian kemampuan terjerapnya atau terakumulainya logam berat pada bagian tanaman berbeda untuk setiap jenis vegetasi. Dudka *et al.*, (1996) dalam penelitiannya membandingkan konsentrasi Pb dan Cd pada tanaman kentang, pisang dan gandum. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi Pb dan Cd berbeda-beda pada bagian tanaman dan jenis tanaman. Hal ini sejalan dengan (Fergusson, 1991) yang menerangkan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi kadar logam berat pada vegetasi di antaranya adalah jenis vegetasi, kadar dan ketersediaan logam berat tersebut dalam tanah

Dengan demikian dapat diterangkan bahwa penggunaan tanaman pengikat logam atau bioakumulator mampu menyerap dan mengakumulasikan logam berat di dalam bagian-bagian tanaman

#### **b. Penggunaan Bahan Organik**

Perbaikan tanah dapat pula dilakukan dengan penggunaan bahan organik. Mengingat bahan organik merupakan campuran beraneka senyawa organik dari bermacam-macam asal, menyebabkan susunan kimia bahan organik tersebut sangat rumit. Salah satu senyawa khas penting ialah gugus fungsional yang mampu berperan dalam pembentukan kompleks dan pertukaran ion. Gugus fungsional yang dimaksud adalah karboksil (-COOH), hidroksil (-OH), karbonit (=C=O), metoksil (-OCH<sub>3</sub>), dan amino (-NH<sub>2</sub>). Fraksi ini merupakan pelaku penting dalam pertukaran kation pematapan struktur tanah, penyediaan N, metabolisme C dan pengkompleksan logam (Notohadiprawiro, 1999). Arsiati (2002) dalam penelitiannya menemukan bahwa pada kotoran ayam terkandung

fraksi humat sebesar 5,43 %. Adanya fraksi humat ini menunjukkan adanya sifat kemasaman total. Sementara Tan (1991) menjelaskan bahwa kemasaman total yang tinggi merefleksikan kompleksasi yang tinggi ataupun kapasitas khelat yang tinggi, dan senyawa-senyawa humat yang terkandung di dalamnya efektif dalam mengikat logam berat.

Penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti *et al.*, (2003) tentang pengaruh penggunaan bahan organik terhadap kelarutan dan kadar krom tanaman jagung di tanah Entisol yang tercemar limbah industri tekstil batik menunjukkan bahwa adanya pemberian bahan organik secara signifikan mampu menurunkan kandungan krom pada tanah yang terkena limbah. Kadar krom di tanah yang tidak menggunakan bahan organik, pada akhir tanam menunjukkan angka 0,870 ppm, pemberian gambut sebanyak 10 ton/ha menunjukkan angka 0,7760 ppm, pemberian kompos 10 ton/ha menunjukkan angka 0,5087 ppm, pemberian pupuk kandang 5 ton/ha menunjukkan angka sebesar 0,8333 ppm dan pemberian pupuk kandang 10 ton/ha menunjukkan angka sebesar 0,7150 ppm. Penelitian yang sejalan juga dilakukan oleh Tala'ohu *et al.*, (2000) tentang penggunaan zeolit dan pupuk kandang terhadap pengikatan dan pencucian timbal (Pb) kadmium (Cd) serta kalium (K) pada inceptisol Semarang dan Cianjur. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa pemberian kotoran sapi sebanyak 5 ton per hektar tanah menyebabkan penurunan logam timbal tersedia dari konsentrasi 117,0 ppm menjadi 109,8 ppm Pb, sedang untuk logam kadmium menunjukkan penurunan dari 5,9 ppm menjadi 5,7 ppm Cd. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Dewi (2004) menerangkan bahwa pemberian bahan organik mampu menurunkan kandungan logam berat Pb dan Cd tersedia dalam tanah sehingga mampu menurunkan serapan logam dalam jaringan tanaman bayam bagian atas.

Penelitian yang dilakukan oleh Sandra, S.A. (2006) tentang penurunan logam berat pada tanah tercemar dengan menggunakan bahan organik kotoran ayam dengan dosis 20 gram/pot, 40 gram/pot, 60 gram/pot dan 80 gram/pot, pada pot dengan ukuran 8 kg tanah menunjukkan bahwa penambahan bahan organik sebesar 20 gram/pot telah menunjukkan penurunan yang berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa penambahan bahan organik terhadap kandungan Pb dalam tanah. Sedangkan untuk Cd dan Cr, penurunan nyata terjadi pada

penambahan bahan organik sebesar 80 gram/pot. Bila dibandingkan dengan tanpa pemberian bahan organik, maka pemberian bahan organik kotoran ayam mampu menurunkan Pb dalam tanah berkisar antara 33,88 sampai dengan 67,66 %, Cd sebesar 1,57 sampai dengan 37,30 % dan Cr sebesar 0,27 sampai dengan 17,23 % dengan variasi dosis bahan organik yang diberikan sebesar 20 sampai dengan 80 gram per pot. . Sementara Widyastuti *et al.*, (2003) dalam hasil penelitiannya menjelaskan bahwa penambahan bahan organik dapat menurunkan kadar Cr pada tanah yang tercemar limbah industri tekstil. Selanjutnya diterangkan bahwa adanya penambahan bahan organik berupa pupuk kandang sebesar 10 ton/ha, mampu menurunkan Cr dari 0,870 ppm (tanpa bahan organik) menjadi 0,7150 ppm (setelah ditambahkan bahan organik). Sementara pada penggunaan kompos sebanyak 10 ton/ha, terjadi penurunan Cr dari konsentrasi 0,870 ppm menjadi 0,5087 ppm.

Dengan demikian dapat dijelaskan bahwa pemberian bahan organik mampu mereduksi/menurunkan logam berat dalam tanah. Penurunan kandungan logam berat tersedia dalam tanah diduga karena logam berat tersebut terikat kuat pada liat sehingga sulit terjerap pada akar tanaman. Hal ini sejalan dengan pendapat Tan (1991) yang menerangkan bahwa adanya bahan organik menyebabkan logam sulit terekstrak karena logam berat terikat kuat atau terkhelat dan tersimpan sebagai sentral dari struktur molekul

Selain dalam tanah logam berat juga terjerap dalam jaringan tanaman. Adanya penambahan bahan organik cenderung menurunkan kandungan Pb, Cd dan Cr pada jaringan tanaman. Kandungan Pb, Cd dan Cr dalam akar, lebih tinggi dibandingkan dengan kandungan dalam daun dan beras. Bila dibandingkan dengan tanpa pemberian bahan organik (kontrol), penggunaan bahan organik sebesar 20, 40, 60, dan 80 gram/pot memberi penurunan logam Pb sebesar 46,54 % sampai dengan 54,50 %. Selain Pb, penggunaan variasi bahan organik ini juga mampu menurunkan kandungan Cd sebesar 7,06 % sampai dengan 16,30 % dan Cr sebesar 57,22 % sampai dengan 91,84 % (Sandra S.A, 2006)

Penelitian yang hampir sama dilakukan oleh Rustiawan (1994) dengan menggunakan tanaman sayuran, yang menerangkan bahwa akumulasi timbal dalam sayuran terbesar ada pada bagian akar, kemudian bagian daun dan disusul

bagian batang. Tingginya kandungan logam berat dalam akar diduga karena sifat logam itu sendiri yang mempunyai massa yang besar sehingga sulit untuk tertranslokasi ke jaringan tanaman bagian atas kecuali bila ada energi yang tersedia untuk memindahkan logam dari akar ke daun. Selain itu terjerapnya logam berat dalam akar disebabkan adanya proses dekomposisi bahan organik yang menghasilkan asam-asam organik yang mampu menonaktifkan kation-kation pengikat fosfat seperti unsur-unsur yang tergolong dalam logam berat. Logam berat yang diikat kompleks organik bersifat tidak dapat larut sehingga tidak mudah dicuci dan hampir tidak tersedia bagi tanaman (Stevenson, 1982).

Berdasarkan uraian di atas tampak bahwa penambahan bahan organik mampu mengurangi kandungan logam berat pada jaringan tanaman khususnya jaringan tanaman bagian atas. Dengan demikian adanya penurunan kandungan logam berat dalam tanah diduga karena logam berat diikat oleh kompleks organik dan bersifat tidak larut sehingga tidak tersedia bagi tanaman.

Selanjutnya Sandra, S.A.(2006) menerangkan bahwa bahan organik berupa kotoran ayam memberi hasil lebih tinggi dibandingkan dengan kotoran sapi, kotoran kambing maupun kompos tanaman dalam mereduksi logam berat, baik dalam tanah maupun dalam jaringan tanaman khususnya jaringan tanaman bagian atas. Tingginya kemampuan kotoran ayam dalam mereduksi logam berat diduga karena kotoran ayam mempunyai nilai ratio C/N lebih rendah dibandingkan dengan ketiga bahan organik lainnya. Berdasarkan hasil analisis bahan organik yang digunakan dalam penelitian didapat nilai ratio C/N kotoran ayam sebesar 22,31 sedang kotoran sapi sebesar 62,62 kotoran kambing sebesar 49,47 dan kompos tanaman sebesar 24,07. Hal ini menandakan bahwa kotoran ayam lebih matang dibandingkan dengan ketiga bahan organik lainnya sehingga kotoran ayam lebih mudah terdekomposisi dalam tanah. Berdasarkan data tersebut maka kotoran kambing dan kotoran sapi belum terdekomposisi dengan baik karena mengandung nilai ratio C/N yang tinggi. Bahan organik yang telah terdekomposisi dengan baik diduga akan menghasilkan fraksi humat yang tinggi (Tan, 1991). Tingginya fraksi humat menunjukkan kemungkinan terjadinya khelat yang tinggi sehingga senyawa-senyawa humat yang terkandung di dalamnya mampu mengikat logam berat dengan baik. Penelitian yang dilakukan oleh Arsiati

(2002) menunjukkan bahwa kotoran ayam mempunyai fraksi humat lebih tinggi dibandingkan dengan kotoran sapi. Selanjutnya walaupun bahan organik kotoran sapi, kotoran kambing dan kompos tanaman lebih rendah dalam mereduksi logam berat, namun adanya bahan organik ini terbukti mampu menurunkan kandungan logam berat baik dalam tanah maupun dalam jaringan tanaman, dan hal ini menggambarkan bahwa ion Pb, Cd dan Cr tersedia mampu berikatan dengan ligan organik dan membentuk-khelat.

### **c. Penggunaan Bakteri untuk Mereduksi Logam Berat**

Pada saat ini telah banyak mikroorganisme yang dimanfaatkan untuk mendekontaminasi *efluen* yang mengandung logam berat, misalnya bakteri pereduksi sulfat (BPS). Reaksi reduksi BPS pada kondisi anaerob dapat dijelaskan kedalam dua tahap, pertama adalah mereduksi sulfat menjadi sulfit, dan tahap berikutnya mereduksi sulfit menjadi sulfida (Hockin dan Gadd, 2003). Dalam reaksinya, BPS memerlukan substrat organik sebagai donor elektron diantaranya dapat digunakan laktat dan piruvat. Sulfida yang dihasilkan kemudian bereaksi dengan ion logam berat untuk selanjutnya membentuk logam sulfida yang mengendap dan sukar larut. Penggunaan mikroorganisme untuk menahan naiknya logam berat dalam tanaman dilakukan oleh Burd *et al.*, (2000) yang menerangkan bahwa penggunaan mikroorganisme mampu menurunkan kandungan logam Pb dan Cd tersedia dalam tanah serta serapan logam tersebut pada jaringan tanaman.

Bakteri pereduksi sulfat merupakan salah satu jenis mikroorganisme yang dapat digunakan untuk mereduksi logam berat dan salah satu jenis bakteri yang dapat digunakan untuk mengakumulasi logam berat adalah *Desulfotomaculum orientis* isolat ICBB 1204 dan ICBB 1220 (Suyase, 2002; Kurniawan, 2004). Isolat ICBB 1204 mempunyai kemampuan yang tidak berbeda nyata dibandingkan dengan isolat ICBB 1220 dalam menurunkan logam berat. Suyase (2002) dalam penelitiannya menerangkan bahwa isolat ICBB 1204 dan ICBB 1220 mempunyai kemampuan menurunkan Pb sama besar yaitu 99 %. Sementara untuk Cd, isolat ICBB 1220 memberi hasil sebesar 90% sedang ICBB 1204 sebesar 87 %. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2004) menerangkan bahwa isolat ICBB 1220 mampu menurunkan Pb terlarut dari

konsentrasi awal sebesar 10,43 menjadi 0,77 ppm, sedang isolat ICBB 1204 mampu menurunkan Pb dari konsentrasi awal sebesar 10,54 menjadi 1,01 ppm. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Lina (2004) pada limbah yang mengandung Cr menunjukkan bahwa penggunaan ICBB 1204 mampu menurunkan Cr terlarut dari konsentrasi awal sebesar 69,36 menjadi 0,83 ppm Cr. Percobaan rehabilitasi tanah sawah dengan menggunakan bakteri dilakukan oleh Sandra S.A. (2006) yang dilakukan di rumah kaca dan di lapang menunjukkan bahwa adanya inokulasi bakteri *D. orientis* ICBB 1204 dan ICBB 1220 mampu menurunkan kadar logam berat tersedia dalam tanah serta serapannya dalam jaringan tanaman.

Selanjutnya selain dalam akar inokulasi bakteri ICBB 1204 juga secara nyata mampu menurunkan serapan Pb dalam daun/jerami namun tidak demikian dengan Cd dan Cr. Walaupun tidak berpengaruh nyata namun penggunaan isolat bakteri tersebut mampu menurunkan serapan logam berat pada daun. Bila dibandingkan dengan tanpa inokulasi bakteri maka inokulasi isolat ICBB 1204 mampu menurunkan serapan Pb sebesar 40,03 %, Cd sebesar 3,45 %, dan Cr sebesar 26,46 %. Walaupun kedua isolat ini mampu menurunkan kadar logam berat, akan tetapi pengaruh nyata penurunan kadar logam berat dalam tanah terjadi pada percobaan di rumah kaca sedang pada percobaan di lapang tidak demikian. Percobaan di lapang menunjukkan adanya inokulasi isolat ICBB 1204 belum memberi pengaruh nyata. Selain itu pada percobaan di rumah kaca dikondisikan dengan seminimal mungkin masuknya udara dalam tanah terutama pada dua minggu pertama, yaitu dengan cara menutup rapat setiap pot dengan plastik baik bagian dalam maupun luar sehingga kecil kemungkinan adanya kontaminasi dengan udara. Sedang pada percobaan lapang hal ini sulit dilakukan sehingga inokulasi bakteri hanya dilakukan dengan cara mencelupkan bagian akar sebelum padi ditanam. Kemungkinan lainnya adalah pergerakan bakteri di lapang tidak sama dengan di rumah kaca karena bidang gerak bakteri di lapang lebih luas bahkan kemungkinan masuk ke dalam lapisan tanah yang lebih dalam. Sementara pada percobaan di rumah kaca ruang gerak bakteri hanya seluas pot sehingga diduga dalam percobaan di rumah kaca sampel tanah yang diambil lebih homogen.

## **Penutup**

Tanah sawah yang saat ini telah tercemar logam berat dapat diperbaiki melalui penggunaan vegetasi pengikat logam, bahan organik maupun bakteri. Seluruh pendekatan tersebut memiliki kemampuan alami dalam memperbaiki sifat tanah, karena bahan yang digunakan berasal dari alam.

Upaya mengurangi kandungan logam berat dalam tanah dengan remediasi secara biologi yaitu menggunakan tanaman bioakumulator mampu menyerap dan mengakumulasi logam berat di dalam jaringan tanaman. Beberapa hasil penelitian telah menunjukkan bahwa beberapa vegetasi mampu menurunkan kandungan logam berat tersedia dalam tanah serta mengakumulasi logam berat dalam jaringan tanaman. Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan tanah melalui penggunaan vegetasi dapat dilakukan untuk mengurangi keberadaan logam berat tersedia dalam tanah. Walaupun penggunaan vegetasi relatif berjalan lambat untuk menurunkan kandungan logam berat dalam tanah, namun upaya ini dapat menjadi satu masukan karena penanaman dengan jangka waktu lama diharapkan dapat menghasilkan penurunan kandungan logam berat yang lebih besar lagi.

Penanganan permasalahan perbaikan kualitas tanah sawah juga dilakukan untuk menurunkan kandungan logam berat yang ada dalam jaringan tanaman khususnya tanaman pangan. Upaya untuk mengurangi tertranslokasinya logam berat pada jaringan tanaman khususnya tanaman bagian atas atau beras menjadi suatu masukan dalam perbaikan tanah tercemar. Penggunaan bahan organik dapat menjadi salah satu alternatif yang dipilih, sebab berdasarkan hasil percobaan penggunaan bahan organik pada tanah sawah tercemar mampu menghambat terjerapnya logam berat pada akar. Dengan demikian keberadaannya dianggap ramah lingkungan dan berkelanjutan bagi sistem produksi tanaman di atasnya.

Dalam konsep pertanian organik, pupuk organik memegang peranan penting untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik yang berpotensi mencemari lingkungan, dan mengembalikan tingkat kesuburan tanah yang telah mengalami kemunduran akibat pengurusan hara yang terus menerus. Pemanfaatan bahan organik secara tidak langsung dapat berperan sebagai rangka perbaikan kesuburan tanah dan perbaikan nutrisi tanaman. Akan tetapi, komponen organik yang ditambahkan ke dalam tanah jumlahnya terbatas dan seringkali terjadi

kekurangan, oleh karena itu pencarian terhadap sumber-sumber komponen organik menjadi suatu tantangan tersendiri. Penggunaan kotoran hewan dapat menjadi satu pilihan, namun diperlukan kehati-hatian terhadap tingkat kematangan dari kotoran hewan tersebut agar tidak memberi hasil yang semakin meracuni tanaman.

Selain fitoremediasi ataupun penggunaan bahan organik, pengikatan logam berat di dalam tanah dapat pula dilakukan dengan menggunakan jasa biomassa mikroorganisme termasuk bakteri. Penggunaan bakteri pereduksi sulfat relatif lebih mudah diaplikasikan di tanah karena bakteri ini tergolong bakteri yang tidak berbahaya. Penggunaan bakteri ini ditujukan untuk mengurangi pengaruh bahan-bahan kimia yang mengkontaminasi tanah menjadi bentuk yang tidak berbahaya. Adanya penurunan kandungan logam berat tersedia dalam tanah menunjukkan keberhasilan penanganan masalah lingkungan dengan pendekatan biologis misalnya melalui penggunaan bakteri *Desulfotomaculum orientis* ICBB 1204 dan ICBB 1220.

Santosa (2003) menerangkan bahwa kelompok bakteri pereduksi sulfat dapat digunakan untuk mengendalikan cemaran logam berat terhadap air. Salah satu negara di benua Eropa yaitu Belanda telah menerapkan teknologi untuk mengurangi kontaminasi logam berat dalam air dengan membuat suatu gorong-gorong dalam tanah. Hal ini disebabkan bakteri ini hidup dalam kondisi anaerob.

Sebaik apapun upaya perbaikan tanah tercemar logam berat, bila sumber pencemar masih mengandung senyawa-senyawa yang dapat mengkontaminasi tanah sawah sekitar maka tidak akan memberi hasil yang berarti. Diperlukan adanya koordinasi bersama dengan melibatkan dukungan berbagai pihak, baik dari pemerintah daerah, pengusaha maupun masyarakat setempat untuk menjaga kelestarian lingkungan termasuk air sungai dan lahan-lahan pertanian sekitarnya. Dengan demikian kegiatan rehabilitasi tanah sawah ini tidak hanya menjadi beban petani namun termasuk pula unsur-unsur terkait sekitar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., S. Sutono, H. Kusnadi dan Y. Hadian 2000. Laporan pengkajian baku mutu tanah: Sumber dan proses terjadinya pencemaran logam berat. Laporan Akhir Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Lahan dan Agroklimat. No. 61-b/ Puslit-tanak/2000. Puslitbangtanak. Bogor.
- Alloway, B.J. 1995. Heavy Metals in Soils Blackie Academic & Professional. London
- Arsiati, A. 2002. Sifat – sifat Asam Humat Hasil Ekstraksi Dari Berbagai Jenis Bahan dan Pengesthak. [Tesis]. Program Pascasajana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Burd, G.I., D.G. Dixon, and B.R. Glick. 2000. Plant growth-promoting bacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. *Journal Microbiology* 46: 237 – 245.
- Dent, F.J. 1993. Toward a standard methodology for the collection and analysis of land degradation data proposal for discussion. Seminar at Expert Consultation of the Asian Network on Problem Soil. Bangkok. Thailand.
- Departemen Kesehatan 1989. Surat Keputusan Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan no: 03725/BISK/VII/89 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam Pada Makanan.
- Dewi, D.S. 2004. Remediasi Unsur Cd dan Pb Tanah pada Lahan Pertanian serta Pengaruh Residunya terhadap Serapan Tanaman Bayam (*Amaranthus sp*). [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Dudka, S., M. Piotrowska dan H. Terelak 1996. Transfer of Cadmium, Lead, and Zinc from industrially contaminated soil to crop plants: a field study. *Environmental Pollution*. 94 (2):181-188.
- Ferguson, J.E. 1991. The Heavy Elements; Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press. London.
- Hasegawa, I. 2002. Phytoremediation a novel strategy for removing toxic heavy metals for contaminated soils using plants. *Farming Japan*. 36 (6): 10 -15.
- Hockin, S.L. and G.M. Gaad 2003. Linked redox precipitation of sulfur and selenium under anaerobic conditions by sulfate-reducing bacterial biofilms. *Applied and Environmental Microbiology*. 69(12): 7063 – 7072.
- Kantor Menteri Negeri Lingkungan Hidup. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor: Kep-51/MENLH/10/1995, tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Jakarta.

- Kurnia, U., D. Erfandi, S. Sutono, dan H. Kusnadi. 2003. Penelitian rehabilitasi dan reklamasi tanah sawah tercemar limbah industri tekstil di Kabupaten Bandung. Laporan Akhir. Bagian Proyek Penelitian Sumberdaya Tanah dan Proyek Pengkajian Teknologi Pertanian Partisipatif dengan Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Daerah Kabupaten Bandung. Balai Penelitian Tanah Puslitbangtanak. Bogor.
- Kurniawan, T. 2004. Imobilisasi Pb menggunakan *Desulfotomaculum orientis* ICBB 1220 dan 1204 dalam Media Kompos. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Lina F.D. 2004. Imobilisasi Logam Berat Kromium pada Berbagai Konsentrasi Sulfat dengan *Desulfotomaculum orientis* ICBB 1204. [Skripsi]. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mengel, K. and E. Kirby. 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potash Inst. Bern Switzerland
- Ming, D.W. and D.L. Henninger. 1989. Lunar Base Agriculture: Soils for plant growth. American Society of Agronomy, Inc. Wisconsin.
- Ming, D.W. and Mumpton, F.A. 1984. Zeolites and soils, *in* Mineral in Soil Environments. 2<sup>nd</sup> Ed, Soil Science of America. USA.
- Nasution I., M. Al Jabri dan A. Wihardjaka 2003. Identifikasi pencemaran logam berat pada tanaman padi sawah di DAS Bengawan Solo. *Didalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian Buku I ; Kumpulan Makalah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat dan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.hal. 213 - 229.
- Notohadiprawiro, T. 1999. Tanah dan Lingkungan. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. Fundamental of Ecology. W.B. Saunders Co. Ltd. Philadelphia.
- Pendias, A.K. and H. Pendias. 2000. Trace Elements in Soil and Plants, 2<sup>th</sup> Ed. CRC Press, London.
- Prasad M.N.V dan H.M.O. Freitas, 2003. Metal Hyperaccumulation in plants – Biodiversity Prospecting for Phytoremediation Technology. Electronic Journal of Biotechnology. Vol. 6 No.3  
<http://www.ejbiotechnology.info/content/vol6/issue3/full/6/index.html>.
- Rustiawan, A. 1994. Kandungan Logam Berat Timah Hitam pada Komoditi Buah-buahan dan Sayuran di wilayah DKI Jakarta. [Tesis]. Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Saeni, M. S. 2002. Bahan Kuliah Kimia Logam Berat. Program Pascasarjana IPB. Bogor.

- Saida. 2001. Karakterisasi dan Uji Aktivitas Isolat Bakteri Pereduksi Sulfat asal Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah. [Tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Sandra, S.A. 2006. Rehabilitasi Tanah Tercemar Natrium dan Logam Berat melalui Penggunaan Vegetasi, Bahan Organik dan Bakteri. [Disertasi]. Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Santosa, D. A. 2003. Bioteknologi penambangan minyak bumi. Bahan Kuliah. Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Stevenson, F. J. 1982. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction. John Wiley and Sons. New York.
- Suganda, H., D.Setyorini, H. Kusnadi, I. Saripin dan U. Kurnia. 2002. Evaluasi pencemaran limbah industri untuk kelestarian sumberdaya lahan sawah. Laporan Kemajuan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Suhendrayatna, 2001. Bioremoval logam berat dengan menggunakan mikroorganisme: suatu kajian kepustakaan. Japan: ISTECS. hal. 1-9.
- Suyase, I.W.B. 2002. Peningkatan pH dan Pengendapan Logam Berat terlarut Air Asam Tambang (AAT) dengan Bakteri Pereduksi Sulfat dari Ekosistem Air Hitam Kalimantan Tengah. [Disertasi]. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Tan, K.H. 1991. Dasar-Dasar Kimia Tanah. D. H. Goenadi [Penerjemah]; B. Radjaguguk [Editor]. Gadjah Mada Univ. Press. Yogyakarta.
- Tala'ohu, S.H., Yusrial dan F. Agus. 2000. Pengaruh zeolit dan pupuk kandang terhadap peningkatan dan pencucian Plumbum (Pb), Cadmium (Cd) serta Kalium (K) pada Inceptisols Samarang dan Cianjur, Jawa Barat. *Didalam* Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumberdaya Tanah, Iklim dan Pupuk. Cipayung-Bogor, 31 Oktober – 2 November 2000. Puslitbangtanak. Bogor. Hal. 31-52.
- Widyastuti, E., R. Rosarastuti dan J. Syamsiyah 2003. Pengaruh macam bahan organik terhadap kelarutan dan kadar Cr tanaman jagung (*Zea mays L.*) di tanah Entisol yang tercemar limbah cair industri tekstil batik *Didalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian Buku I : Kumpulan Makalah. Surakarta. 21 Oktober 2003. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat dan Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta. Hal. 335 – 350.
- Yaron, B., R. Calvet and R. Prost, 1996. Soil Pollution, Processes and Dynamics. Springer. New York.
- Zhu, Y.L., A.M. Zayed, J.H.Qian, M. Saousa, and N. Terry. 1999. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: water hyacinth. *Journal Environment Quality* 28:338-344.