

PENCEMARAN LINGKUNGAN PADA LAHAN PERTANIAN DAN TEKNOLOGI PENANGGULANGANNYA

Mulyadi dan Nono Sutrisno
Balai Penelitian Lingkungan Pertanian

ABSTRAK

Penyebab pencemaran pada lahan pertanian dapat digolongkan ke dalam 1) kegiatan non pertanian, yaitu dari kegiatan industri dan pertambangan 2) kegiatan pertanian, dari penggunaan bahan-bahan agrokimia, dan 3) kegiatan manusia sehari-hari meliputi sampah rumah tangga, limbah rumah sakit dan dari aktifitas lainnya. Bahan beracun berbahaya (B3) dan logam berat yang masuk dalam tanah akan menurunkan kualitas tanah, air dan produk pertanian yang lambat laun menyebabkan lingkungan ekosistem akan hancur dan tidak berfungsi sesuai peruntukannya. Untuk membersihkan lingkungan dari zat pencemar dilakukan tindakan pemulihan (remediasi). Ada dua jenis remediasi tanah, yaitu *eks-situ* yaitu pembersihan yang dilakukan tidak di lokasi yang tercemar dan *in-situ* dilakukan pada lokasi yang tercemar. Cara *in-situ* sering dilakukan karena lebih murah dan mudah dibandingkan *eks-situ*. Adapun remediasi pada lahan yang tercemar dapat dilakukan melalui, kemoremediasi, fitoremediasi dan bioremediasi. Penerapan kemoremediasi dengan memodifikasi tingkat kemasaman tanah melalui pengapuran dapat menurunkan ketersediaan Pb dari 0,06 ppm menjadi 0,04 ppm. Bahan organik juga dapat digunakan untuk mengimobilkan logam berat di dalam tanah. Asam fulvat dan asam humat yang terkandung dalam bahan organik dapat mengikat logam Pb, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn dan Cd. Arang aktif merupakan bahan absorbensia yang sangat baik pada berbagai zat toksik termasuk pestisida. Selain itu, arang aktif dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan urea berkarbon (urea+arang aktif), dimana dengan urea berkarbon tersebut pelepasan nitrogen akan terkendali (slow release). Penerapan fitoremediasi dengan menanam enceng gondok (*Eichornia crassipes*) dalam waktu 24 jam dapat menyerap Cd, Hg dan Ni masing-masing sebesar 1,35; 1,77 dan 1,16 mg/g. Demikian pula pada tanaman mendong (*Fimbristylis globulosa*), *Brassica juncea* dan yang lain. Penerapan bioremediasi melalui inokulasi *Bacillus sp* pada tanaman padi, rata-rata menurunkan serapan Pb pada beras sebesar 47% dan Cd 41%.

Kata kunci : pencemaran, lahan pertanian, kemoremediasi, fitoremediasi, bioremediasi.

PENDAHULUAN

Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Nasional (2004-2009), telah menetapkan isu pencemaran lingkungan sebagai berikut, bahwa peningkatan pencemaran air dan udara serta rendahnya produktivitas lahan dan mutu komoditas pertanian disebabkan oleh adanya kegiatan industri, rumah tangga, pertambangan dan

pertanian. Jadi pencemaran lingkungan pertanian terjadi akibat adanya kegiatan pertanian dan non pertanian yang tidak memperhatikan keseimbangan ekologis.

Pokok-pokok kebijakan pembangunan berkelanjutan menggariskan pentingnya pengelolaan sumber daya alam (SDA) sesuai dengan daya dukung lingkungan, khususnya dalam pembangunan pertanian. Dalam proses pembangunan tersebut dampak positif yang muncul perlu terus dikembangkan dan dampak negatifnya perlu dikendalikan. Dampak negatif kegiatan pembangunan pertanian meliputi pencemaran air, tanah dan kerusakan tatanan lingkungan biotik maupun abiotik (Endrawanto dan Winarno, 1996).

Pembangunan menimbulkan berbagai dampak positif bagi masyarakat luas, misalnya pembangunan industri yang dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi penduduk di sekitarnya. Namun keberhasilan itu seringkali juga berdampak negatif yang merugikan masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Pembangunan kawasan industri di daerah-daerah pertanian produktif menyebabkan berkurangnya lahan pertanian (konversi lahan), terjadinya pencemaran tanah yang dapat menurunkan hasil atau produksi pertanian, dan terganggunya kenyamanan serta kesehatan manusia atau makhluk hidup lainnya (Darmono, 2001).

Harus diakui bahwa tanah sebagai tempat buangan akhir bagi limbah merupakan alternatif yang mudah dilakukan. Banyaknya pabrik atau industri dan pertambangan yang dibangun di sekitar lahan pertanian, telah menyebabkan tercemarnya lahan sawah. Pada saat udara yang tercemar jatuh ke bumi bersama air hujan maka air tersebut akan mencemari lahan pertanian (Notodarmojo, 2005). Dalam praktek pertanian, penggunaan bahan agrokimia pupuk dan pestisida khususnya pada tanaman sayuran sangat intensif dan diberikan dalam dosis tinggi, hal ini akan berakibat tingginya kandungan residu pestisida pada tanah maupun komoditas sayuran (Kurnia *et al.*, 2004; Ardiwinata *et al.*, 2004).

Demikian juga pada industri pertanian, sebagai contoh industri bumbu masak (*monosodium glutamat*, MSG) menghasilkan limbah yang mengandung garam cukup tinggi, tanah sawah yang berada di sekitar pabrik/industri tersebut mengandung natrium (Na) dan logam berat cukup tinggi, seperti Pb, Cd, Co dan Cr dengan nilai hampir mendekati batas kritis (Kurnia *et al.*, 2004). Selain itu, garam dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan terdispersinya partikel-partikel atau koloid tanah yang halus, sehingga struktur tanah berubah. Struktur tanah sawah yang pejal/massif atau gumpal menjadi remah dan lepas, sehingga tidak baik bagi media tumbuh perakaran tanaman.

Pengendalian dampak pencemaran pada lahan sawah difokuskan pada upaya penanggulangan obyek yang terkena dampak dalam hal ini adalah lahan sawah (tanah, air, tanaman/ produk pertanian). Teknik Remediasi dilakukan adalah: (1) kemormediasi dilakukan dengan cara memodifikasi tingkat kemasaman tanah melalui pengapuran, pemberian bahan organik untuk mengimobilkan logam berat

di dalam tanah dan penambahan karbon ke dalam tanah untuk menurunkan residu pestisida dalam produk pertanian; (2) Fitoremediasi dengan memanfaatkan fungsi tumbuhan yang dapat menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar; dan (3) bioremediasi yang dapat meminimalisir pencemaran dengan memanfaatkan mikroorganisme yang mempunyai kemampuan mendegradasi senyawa residu pestisida maupun logam berat.

Tujuan penulisan ini adalah menginformasikan teknologi remediasi pencemaran pada lahan pertanian yang diakibatkan oleh kegiatan pertanian dan non pertanian.

SUMBER PENCEMARAN

Penyebab pencemaran pada lahan pertanian dapat digolongkan ke dalam 1) kegiatan pertanian, yaitu penggunaan bahan-bahan agrokimia yang berlebihan. dan 2) kegiatan non pertanian, yaitu kegiatan industri dan pertambangan (Notodarmojo, 2005).

Kegiatan Pertanian

Pupuk merupakan salah satu sumber hara tanaman yang sengaja ditambahkan untuk meningkatkan produksi tanaman. Penggunaan pupuk P selain mengandung P_2O_5 sebagai unsur utama juga terdapat logam Cd yang membahayakan kesehatan manusia. Kekhawatiran tentang adanya kandungan logam berat dalam pupuk ini berkaitan dengan : (1) akumulasi logam berat dalam tanah dalam jangka panjang akan berpengaruh pada kualitas dan kuantitas hasil tanaman; (2) serapan logam berat dalam tanaman membahayakan kesehatan manusia dan ternak; serta (3) menurunkan kualitas tanah dan membahayakan keanekaragaman hayati dalam tanah (Setyorini *et al.*, 2003). Hasil analisis oleh Puslibangtanak tentang kadar unsur dalam sumber P yang beredar di Indonesia menunjukkan bahwa selain mengandung P_2O_5 sebagai unsur utama juga terdapat logam Cd, Cr dan Pb (Tabel 1).

Pupuk nitrogen (N) merupakan komponen hara utama pada tanaman. Penggunaan pupuk ini paling besar dibanding pupuk lainnya (P dan K). Jenis pupuk N yang paling banyak digunakan adalah urea. Hasil survei Balai Penelitian Lingkungan Pertanian pada tahun 2005, di Kabupaten Klaten dan Sragen penggunaan pupuk urea di sentra produksi padi telah melebihi dosis anjuran setempat yaitu sekitar 15-100% dengan kisaran penggunaan 300-600 kg.ha⁻¹. Padahal efisiensinya hanya sekitar 30-50% N dan sisanya tercuci secara vertikal dan horisontal serta ter volatilisasi ke atmosfer.

Tabel 1. Kadar unsur dalam pupuk P-alam

Asal pupuk	P ₂ O ₅		Cd	Cr	Pb
	Asam sitrat	Total			
	----- % -----				
RP Powder			7		10
RP Christmas hijau	15,02	28,14	41	372	89
RP Christmas biru	18,78	35,36	50	269	Tu
RP Christmas	10,84	32,47	38	-	60
RP Tunisia	24,32	32,54	76	182	42
RP Sinegal	10,96	35,58	113	-	55
RP Maroko	11,91	31,16	57	-	113
RP Mining A			40	-	50
RP Mining C			Tu	-	43
RP Mining D			97	-	60
RP Mining E			16	-	41
RP China Huinan	11,48	29,84	3	-	Tu
RP China Guizhou	11,02	31,84	2	-	Tu
RP Vietnam	7,35	35,16	Tu	33	Tu
RP Mesir	14,62	31,68	9	120	Tu
RP Algeria	13,98	27,64	30	452	6tu
RP Jordan	12,68	30,66	5	344	Tu
RP Maroko	15,13	30,67	75	164	Tu
RP Togo	14,62	27,62	53	436	Tu
RP Ciamis 1	29,40	35,51	28	20	Tu
RP Ciamis 2	20,84	23,23	58		58
RP Sukabumi	9,05	9,10	65		65
RP Cileungsi	13,35	13,62	Tu		Tu
SP 36	33,80	36,29	11	4	Tu
KCL putih	-	51,1% K	Tu	0,55	Tu
KCl Merah	-	51,8% K	0,82	0,36	Tu
Pupuk kandang ayam	-	-	0,11	33	11
Pupuk kandang domba	-	-	0,44	67	9
Pupuk kandang kambing	-	-	Tu	44	4
Pupuk kandang kuda	-	-	0,22	78	87
Pupuk kandang sapi	-	-	0,22	122	24

Sumber : Setyorini *et al.*, 2003

Dampak dari pemberian pupuk urea yang berlebihan dapat mencemari lingkungan di sekitarnya. Hasil pengujian contoh air sumur di lahan sawah irigasi dari tujuh kabupaten sentra produksi padi di Jawa Tengah (Klaten, Grobogan, Sragen, Demak, Salatiga, Cilacap, dan Tegal) menunjukkan lebih dari 85% sampel

airnya mengandung nitrat (Anonim, 2006). Dampak senyawa nitrogen terhadap lingkungan dan kesehatan disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Dampak senyawa nitrogen terhadap lingkungan dan kesehatan.

Dampak	Agensia penyebab
○ Kesehatan manusia	
Methemoglobinemia pada bayi	Kelebihan NO_3^- dan NO_2^- dalam air dan makanan.
Kanker	Nitrosamine dari NO_2^- , amina-amina sekunder
Gangguan pernafasan	Peroxyacyl nitrat, alkyl nitrat, aerosol NO_3^- , NO_2^- , uap HNO_3 dari industri
○ Kesehatan hewan	
Lingkungan	Kelebihan NO_3^- dan NO_2^- dalam air dan makanan.
Eutrofikasi	Senyawa N inorganik dan organik dalam air permukaan.
Kerusakan material dan ekosistem	Aerosol HNO_3 melalui air hujan
Keracunan tanaman	Aras NO_3^- yang tinggi dalam tanah
Pertumbuhan tanaman berlebihan	N tersedia berlebihan
Pengurasan Ozon pada lapis Stratosfer	Nitrous oksida dari hasil nitrifikasi, denitrifikasi

Sumber : Owens (1994)

Penggunaan bahan agrokimia khususnya pestisida yang makin meningkat dalam meningkatkan produksi pertanian terutama tanaman pangan dan sayuran dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan dan berdampak negatif terhadap kualitas sumberdaya lahan dan sumberdaya manusia. Berbagai laporan mengemukakan bahwa di sentra-sentra produksi padi maupun sayuran telah terjadi penggunaan bahan-bahan agrokimia secara berlebihan, dan ada indikasi bahwa kandungan logam berat dan residu pestisida dalam beras dan sayuran di beberapa lokasi telah melampaui ambang membahayakan (Ardiwinata dan Djazuli, 1992).

Di daerah Karawang ternyata penggunaan insektisida pada masa lampau masih meninggalkan residu organoklorin di air (air sawah, air sungai, dan air laut) dengan konsentrasi ada yang di atas batas toleransi (Ardiwinata dan Djazuli, 1992). Residu insektisida yang masih ditemukan ini kemungkinan akan mengancam kehidupan perairan. Kandungan maksimum residu pestisida dalam komoditas sayuran di Indonesia ditemukan ada yang melebihi batas maksimum residu (Tabel 3).

Tabel 3. Residu pestisida pada beberapa komoditas sayuran di Jawa Barat dan Jawa Tengah

Pestisida	Kubis	Bawang	Cabe	Kentang	Seledri	Kacang Kanjang	Tomat	Wortel
	----- ppm -----							
Endosulfan	-	0,016	0,810	0,033	-	0,009	0,008	0,017
Klorpirifos	0,013	0,098	0,005	0,004	-	-	0,290	0,210
Profenofos	0,016	0,048	0,928	0,017	5,032	-	0,064	-
Alfametrin	-	-	0,070	-	-	-	0,100	-
Cyhalotrin	-	-	0,004	-	-	-	-	-
Ditiokarbamat	0,412	-	0,003	-	-	-	0,027	0,030
Permetrin	0,017	-	-	-	-	-	0,052	-
Klortalonil	-	-	-	0,004	-	-	0,290	-
BPMC	-	-	0,057	-	-	-	0,006	-
Cypermethrin	-	-	-	-	-	0,050	0,018	-
Deltamethrin	-	-	0,009	0,030	-	-	-	-
Fenmalerat	-	-	-	-	-	-	0,035	-
Pentoat	-	-	-	-	-	-	0,037	-
Triazofos	-	-	-	0,020	-	-	-	-

Sumber : Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan, 2000 dalam Kurnia *et al.*, 2004.

- tidak terdeteksi

* melebihi batas maksimum residu (BMR) yang dibolehkan

Kegiatan Perindustrian

Pencemaran limbah industri pada umumnya tergantung pada jumlah dan macam industri, serta produk sampingan yang dihasilkan. Limbah industri yang dihasilkan tersebut dapat berdampak negatif, khususnya bila limbah tersebut dibuang ke lingkungan tanpa diolah terlebih dahulu, sehingga menimbulkan pencemaran. Limbah cair merupakan masalah yang semakin terasa dampaknya baik bagi industri itu sendiri, maupun lingkungan hidup.

Setiap jenis industri menggunakan bahan baku utama dan pembantu dalam proses produksinya. Bahan-bahan baku tersebut umumnya menggunakan zat-zat kimia yang mengandung bahan beracun berbahaya, sehingga diperkirakan limbahnya mengandung unsur-unsur yang sama seperti bahan bakunya (Kurnia *et al.*, 2004). Menurut Tim Peneliti Baku Mutu Tanah (2000), dari berbagai jenis industri di Indonesia, menggunakan bahan baku potensial mengandung unsur-unsur logam berat (Tabel 4).

Tabel 4. Jenis industri yang menggunakan bahan baku potensial mengandung unsur-unsur logam berat.

Jenis industri	Hg	Pb	Cd	Cr	Cu	Zn	Ni	Al	Fe	Co	Mn
Plastik/resin	+	-	+	-	-	+	+	-	-	-	-
Farmasi/kosmetik	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Klorin	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alat-alat kontrol/ukur	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektronika/elektrik	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Elektroplating	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
Cat anti karat	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tekstil	+	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-
Keramik	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-
Penyamakan kulit	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Pulp dan kertas	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-
Baterai dan accu	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+
Sabun/detergen	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-
Logam, produk logam	+	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+
Pestisida	-	+	+	-	+	+	-	-	-	-	-

Sumber : Tim Peneliti Baku Mutu Tanah, 2000

Keterangan: + ada - tidak ada

Kegiatan Pertambangan

Kegiatan pertambangan seperti batubara, emas, timah dan minyak bumi yang berada di sekitar wilayah pertanian juga potensial menimbulkan dampak yang tidak menguntungkan bagi lahan pertanian tersebut, terutama kegiatan tambang yang menggunakan bahan-bahan kimia berbahaya dalam proses produksinya (Mulyadi *et al.*, 2005). Di lahan pertanian, tanah sawah yang berada pada jalur aliran sungai Cikaniki dan sungai Cisarua telah tercemar limbah penambangan emas yang mengandung merkuri (Hg) dengan konsentrasi cukup tinggi (Tabel 5). Tanaman padi sawah dengan konsentrasi Hg di dalam tanah tinggi tidak menimbulkan gangguan kerusakan morfologis tanaman. Bila tanah mengandung Hg tinggi, jerami dan beras yang dihasilkan dari tanah tersebut cenderung mengandung Hg yang tinggi pula.

Tabel 5. Konsentrasi merkuri dalam tanah, tanaman dan jerami padi di lahan persawahan sekitar areal penambangan emas tanpa izin, Pongkor, Bogor.

Lokasi	Jarak dari lokasi pengolahan (km)	Konsentrasi Hg (ppm) dalam		
		Tanah	Jerami padi	Beras
Budin	0,10	6,73	5,34	0,43 ^a
Cliris	0,75 – 1,00	Td	1,83	Ta
Bantarjati	1,20 – 1,50	1,79	0,84	< 0,0005 ^a
Kalongliud	7,00 – 7,50	2,36	Ta	0,25 ^b
Sibanteng	11,50 – 12,00	1,27	Ta	< 0,0005 ^b

Sumber : Tim Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (2000). Baku mutu Hg dalam tanah = 1,8 ppm; ta : tidak ada contoh; td : tidak dianalisis; ^agabah diambil langsung dari lahan petani; ^bgabah dari hasil panen petani.

REMEDIASI TANAH TERCEMAR LOGAM BERAT

Kegiatan yang dilakukan dengan tujuan membersihkan lingkungan atau meningkatkan kualitas lingkungan dari zat pencemar dikenal dengan sebutan remediasi. Tindakan pemulihan (remediasi) perlu dilakukan agar lahan yang tercemar dapat digunakan kembali untuk berbagai kegiatan secara aman. Ada dua macam/jenis remediasi tanah, yaitu in-situ (*on site*) dan ex-situ (*off site*) (Maier *et al.*, 2000). Pembersihan *off-site* adalah pembersihan yang pelaksanaannya dilakukan tidak di lokasi yang tercemar, sedangkan pembersihan *on-site* dilakukan pada lokasi yang tercemar. Pembersihan *on-site* tentu saja lebih murah dan mudah dibandingkan dengan cara *off-site*, karena tidak dilakukan pemindahan bahan tercemar (Anonim, 2003). Teknologi pengendalian/ ameliorasi/ minimisasi dampak negatif tersebut beraneka ragam, mulai dari insinerasi, pemadatan sampai ke penyimpanan (*containment*) dan bioremediasi (Wisnuprpto, 1996). Secara umum, teknologi remediasi yang biasa dilakukan pada tanah yang tercemar logam berat dilakukan dengan kemoremediasi, fitoremediasi dan bioremediasi.

Kemoremediasi

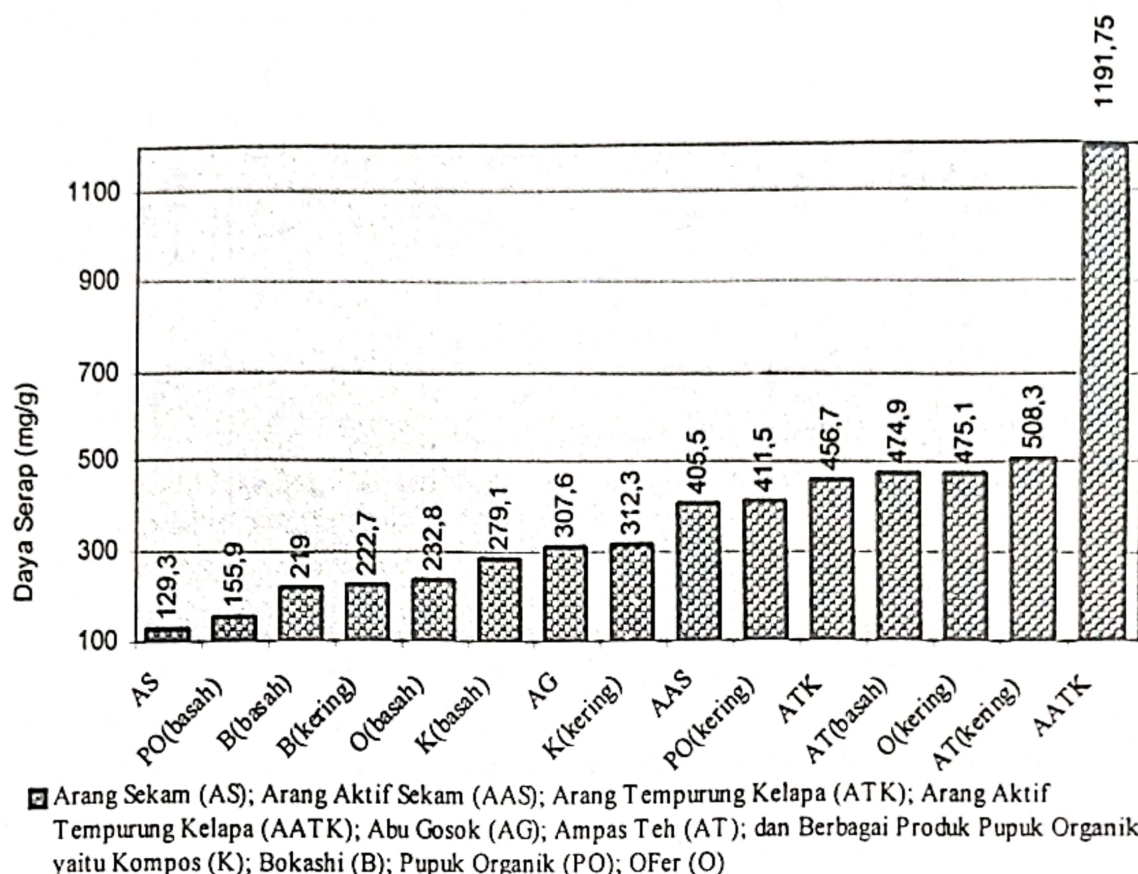
Kemoremediasi adalah perbaikan tanah tercemar logam berat dengan prinsip menambahkan bahan organik terhadap tanah yang tercemar. Sebagai contoh, adalah menambahkan kapur pertanian yang dapat memodifikasi tingkat kemasaman tanah. Peningkatan pH yang terjadi dapat menyebabkan unsur-unsur logam mengendap sehingga tidak memasuki badan air dan tidak tersedia bagi tumbuhan (Atlas dan Bartha, 1993). Remediasi secara kimia dengan memanfaatkan kapur dan bahan organik disajikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Remediasi secara kimia dengan memanfaatkan kapur dan bahan organik

Amelioran	Perlakuan	Hasil
Pengapuran	Pemberian takaran kapur pada tanah	Menurunkan ketersediaan Pb dari 0,06 ppm menjadi 0,04 ppm (Kasno <i>et al.</i> , 2003)
Bahan organik	Takaran bahan organik pupuk kandang ayam 5, 10 dan 15 g pada 100 g tailing tambang emas	Menurunkan ketersediaan Fe 93-94 %, Mn 61-70 % dan Cu 23-59% dari kontrol (Suryanto dan Susetyo, 1997)
Macam bahan organik	Pemberian bahan organik yang berasal dari legum, sampah organik, jerami padi dan tandan kosong kelapa sawit	Menurunkan kadar Cd dalam batang dan daun bayam 20,5% (legum), 29,1% (sampah organik), 20,8% (jerami padi) dan 54,6% (tandan kosong kelapa sawit) dari 29,08 mg/kg (kontrol) (Marwantinah dan Budianta, 2002)

Menurut Cunningham *et al.*, (1995), limbah pertanian memberikan harapan cukup baik untuk mengatasi pencemaran tanah oleh pencemar organik atau anorganik. Dapat diterapkan dengan cara (1) stabilisasi pencemar, di mana kondisi tanah dan vegetasi penutupnya dimanipulasi untuk mengurangi dampak lingkungan yang terjadi; dan (2) proses dekontaminasi, dengan flora bersama mikrofloranya digunakan untuk mengeliminasi kontaminasi pencemar dari tanah (Soerjani, 1996). Penambahan bahan organik juga dapat digunakan untuk mengimobilkan logam berat di dalam tanah. Asam fulvat dan asam humat yang dikandung dalam bahan organik dapat mengikat Pb, Fe, Mn, Cu, Ni, Zn dan Cd pada perbandingan 1:1. Ketidaklarutan asam fulvat dan asam humat mengakibatkan ion-ion logam yang diikatnya menjadi tidak larut dan tidak tersedia bagi tumbuhan (Aiyen, 2005).

Bahan organik merupakan salah satu bahan amelioran yang dapat digunakan untuk menurunkan kation dan anion dari larutan tanah. Bahan ini selain berkontribusi terhadap unsur hara juga dapat menurunkan reaktivitas kation-kation meracun sehingga kerusakan yang mungkin timbul dapat dikurangi (Ardiwinata, *et al.* 2005). Finlayson dan MacCarthy (1973) menyebutkan bahwa dengan penambahan karbon ke dalam tanah sebesar 2000 ppm dapat menurunkan residu aldrin dan metabolitnya di dalam radishes, carrots dan kentang masing-masing sebesar 66%, 53% dan 71%. Beberapa hasil penelitian daya absorpsi bahan organik dan karbon disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Histogram Daya Absorpsi Berbagai Jenis Amelioran

Daya adsorpsi amelioran dari arang aktif yang paling tinggi berasal dari tempurung kelapa sebesar 1191,75 mg/g, sedangkan yang terendah adalah amelioran yang berasal arang sekan sebesar 129,3. Berdasarkan histogram daya adsorpsi (Gambar 1), maka tingkat daya adsorpsi amelioran dapat dibagi menjadi tiga golongan, yaitu : daya adsorpsi tinggi >1000 mg/g, daya adsorpsi sedang 300–1000 mg/g dan daya adsorpsi rendah <300 mg/g. Arang aktif tempurung kelapa tergolong amelioran yang mempunyai daya adsorpsi tinggi, sedangkan abu gosok, kompos, arang aktif sekam, pupuk organik (kering), arang tempurung kelapa, ampas teh dan Ofer (kering) termasuk amelioran dengan daya adsorpsi rendah. Kemudian arang sekam, pupuk organik (basah), Ofer (basah) dan kompos (basah) tergolong amelioran dengan daya adsorpsi rendah.

Remediasi tanah tercemar logam berat menggunakan pengapuran maupun pemberian bahan organik memanfaatkan proses imobilisasi ion logam yang menjadikannya tidak tersedia bagi tumbuhan maupun hewan. Akan tetapi, kedua cara tersebut tidak dapat menurunkan jumlah ion logam yang berada di dalam tanah. Untuk mengurangi jumlah logam berat pencemar tanah perlu dilakukan dengan teknik fitoremediasi.

Fitoremediasi

Fitoremediasi adalah perbaikan tanah tercemar logam berat dengan prinsip penanaman tanaman yang mempunyai kemampuan untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar, baik itu logam berat maupun senyawa organik. Penyerapan dan akumulasi logam berat oleh tumbuhan dapat dibagi tiga proses yang sinambung yaitu; penyerapan logam oleh akar, translokasi logam dari akar ke bagian tumbuhan lain, dan lokalisasi logam pada bagian sel tertentu untuk menjaga agar tidak menghambat metabolisme tumbuhan tersebut (Lasat, 2000). Masing-masing tanaman mempunyai kemampuan yang berbeda dalam menyerap logam berat dari tanah (Tabel 7).

Tabel 7. Pemanfaatan tumbuhan untuk remediasi tanah tercemar logam berat

Tanaman	Perlakuan	Hasil
Enceng gondok (<i>Eichornia crassipes</i>)	Menanami media yang mengandung logam berat Cd, Hg dan Ni secara terpisah (tidak tercampur)	Dalam waktu 24 jam menyerap Cd, Hg dan Ni masing-masing sebesar 1,35; 1,77 dan 1,16 mg/g. (Sumber : Hasim, 2003).
	Menanami media yang mengandung logam berat Cr.	Menyerap secara maksimal pada pH 7 logam Cr yang semula 15 ppm turun hingga 51,85% (Sumber : Hasim, 2003)
Mendong (<i>Fimbristyllis globulosa</i>)	Menanami tanah tercemar logam berat dengan tanaman mendong	Menurunkan kadar logam Pb, Cd, Co, Fe dan Cu pada tanah yang semula 15,04; 0,13; 19,90; 53,45 dan 58 ppm turun menjadi 12,71; 0,11; 14,13; 49,83 dan 50 ppm (Sumber : Kurnia <i>et al.</i> , 2004)
<i>Brassica juncea</i>	Menanami tanah tercemar logam berat dengan <i>Brassica juncea</i>	Menyerap seluruh Pb yang diberikan pada media tumbuh, Cd terserap 55%, Cr terserap 51%, Ni terserap 45% dan Cu terserap 98% (Dushenkov, <i>et al.</i> , 1995)

Akumulasi logam berat yang diserap tanaman terutama terjadi di dalam akar. Oleh karenanya serapan tumbuhan terhadap logam berat dapat ditingkatkan dengan meningkatkan biomassa akar tanaman. Priyambada *et al.*, (1999) menunjukkan bahwa inokulasi tanaman dengan *Pseudomonas putida* dan *Pseudomonas fluorescens* yang mampu menghasilkan senyawa pemacu pertumbuhan tanaman, dapat meningkatkan serapan tanaman terhadap logam berat Cd melalui peningkatan pertumbuhan perakarannya.

Bioremediasi

Bioremediasi adalah teknologi perbaikan tanah tercemar logam berat dengan memanfaatkan mikroorganisme yang mampu mengadsorpsi dan mendegradasi logam berat. Mikroorganisme merupakan bioremediator ampuh untuk menghilangkan logam-logam melalui mekanisme serapan secara aktif atau pasif (Volesky and Holand, 1995). Bakteri *Bacillus sp* potensial dalam remediasi logam berat dalam tanah (Tabel 8). Proses-proses terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu adsorpsi, reaksi reduksi dan oksidasi, serta metilasi (Hughes and Rolle, 1989). Menurut Sims *et al.*, (1990), keberhasilan penanganan biologis terhadap kontaminan dalam media tanah ditentukan oleh empat faktor utama, yaitu heterogenitas limbah, konsentrasi zat atau senyawa, toksisitas dan anti degradasi dan kondisi yang sesuai untuk pertumbuhan mikrobial.

Tabel 8. Pemanfaatan bakteri untuk remediasi logam berat

Jenis bakteri	Perlakuan	hasil
<i>Bacillus sp</i>	Inokulasi <i>Bacillus sp</i> pada tanaman padi	Serapan Pb pada beras menurun 36,49% sampai 58,21%, serapan Cd pada beras menurun 31,05% sampai 51,32% (Kurnia <i>et al.</i> , 2004)
<i>Bacillus sp</i> dan biofertilizer BioPhos	Inokulasi <i>Bacillus sp</i> dan kombinasi biofertilizer BioPhos pada tanaman padi	Menurunkan serapan Cd pada beras 49% dan kadar Cd tanah 36% (Kurnia <i>et al.</i> , 2004)

PENUTUP

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, dapat disampaikan ringkasan secara keseluruhan (disimpulkan) sebagai berikut:

- Pencemaran lingkungan pertanian terjadi akibat adanya kegiatan pertanian dan non pertanian yaitu adanya penggunaan pestisida yang berlebihan, penggunaan pupuk N yang banyak teresol atau kehilangan N, adanya kegiatan industri dan pertambangan diareal pertanian dan membuang limbah cairnya ke badan air yang digunakan untuk pertanian.
- Pengendalian pencemaran lingkungan pertanian, khususnya pencemaran pada lahan sawah ditujukan untuk mengendalikan sumber dan penyebab pencemaran, dan mengendalikan dampak yang terjadi pada lahan sawah, tanah, air dan tanaman atau produk yang dihasilkan.
- Remediasi lahan pertanian yang tercemar dilakukan dengan cara a) kemoremediasi yaitu memodifikasi tingkat kemasaman tanah melalui pengapuran, pemberian bahan organik untuk mengimobilkan logam berat di dalam tanah dan penambahan karbon ke dalam tanah untuk menurunkan residu pestisida dalam produk pertanian; b) fitoremediasi dengan memanfaatkan kemampuan tanaman untuk menyerap, mendegradasi, mentransformasi dan mengimobilisasi bahan pencemar; dan c) bioremediasi dengan cara memanfaatkan mikroorganisme yang mempunyai kemampuan mendegradasi senyawa residu pestisida maupun logam berat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2003. Pencemaran tanah. Diakses tanggal 24 April 2004 dari www.terraneet.or.id.
- Anonim, 2006. Identifikasi Pencemaran Nitrat pada Lahan Pertanian, Laporan Tahunan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian.
- Aiyen. 2005. Ilmu remediasi untuk atasi pencemaran tanah di Aceh dan Sumatera Utara. Peneliti Fitoremediasi Dosen Fakultas Pertanian Universitas Tadulako. Palu.
- Ardiwinata, A.N. dan M. Djazuli. 1992. Dampak penggunaan insektisida organoklorin dimasa silam di Daerah Jawa Barat. *Dalam Prosiding Simposium Penerapan Pengendalian Hama Terpadu. Perhimpunan Entomologi Indonesia, Cabang Bandung*. p 313-317.

- Ardiwinata, A.N., Juwarsih., S.Y. Jatmiko dan E.S. Harsanti. 2005. Kemampuan Adsorpsi Amelioran terhadap Residu Insektisida Aldrin, Lindan, Heptaklor, Dieldrin dan Klorpirifos di dalam Tanah. Makalah disampaikan dalam Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu. Surakarta Maret 2006. p 14.
- Atlas, R.M. dan R. Bartha. 1993. Microbil Ecology : Fundamentals and Applications. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc Redwood City.
- Cunningham, S.D., W.R. Berti dan J.W. Huang. 1995. Phytoremediation of contaminated soils. TIBTECH. 13: 393-397.
- Darmono, 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran Lingkungannya dengan Toksikologio Senyawa Logam. Universitas Indonesia Press. Hlm 179.
- Dushenkov, V. P.B.A.N. Kumar, H. Motto dan I. Raskin. 1995. Rhizofiltration: The use of plants to remove heavy metals from aqueous streams. Environmental Science and Technology 29:1239-1245
- Endrawanto dan Winarno. 1996. Proses pengolahan limbah secara Fisika dan kimia. *Dalam* Prosiding Pelatihan dan Lokakarya "Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan" Cibinong, 24-28 Juni 1996. p 97.
- Finlayson D.G. and H.R. MacCarthy. 1973. Pesticide Residues in Plants. In: Edwards C.A. Environmental Pollution by Pesticides. Vol. 3. Plenum Press. London and NY. p 76
- Hasim. 2003. Enceng gondok pembersih polutan logam berat. Kompas, 2 Juli 2003.
- Hughes dan Rolle, 1989. Metals and Microorganism. Elsevier Publishing Company. P.188.
- Kasno, A. Suwandi dan I. Anas. 2003. Usaha mengurangi kadar logam berat melalui pengapuran pada tanah tercemar tailing. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Lingkungan Pertanian. Puslitbangtanak. Badan Litbang Pertanian.

- Kurnia, U., H. Suganda, R. Saraswati dan Nurjaya. 2004. Teknologi pengendalian pencemaran lahan sawah. *Dalam* Buku Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya. Puslitbangtanak. Badan Litbang Pertanian. Deptan. Hal: 251-281.
- Lasat, M.M. 2000. Phytoextraction of metal from contaminated soil. *J. Hazard Subs. Research* 2:1-25
- Maier, R.M., I.L. Pepper dan C.P. Gerba. 2000. *Environmental Microbiology*. Academic Press. Orlando
- Marwantinah, M. dan D. Budianta, 2002. Peran bahan organik dalam ameliorasi unsur kadmium pada tanaman bayam. *Dalam* Jurnal Tanaman Tropika. Pasca Sarjana Universitas Sriwijaya. Sumatera Selatan. 5(2):77-85.
- Mulyadi., A. Pramono dan A. Ansori. 2005. Kandungan Merkuri pada Air Sawah dan Air Sungai Akibat Penambangan Emas di Gunung Pongkor. Makalah disampaikan dalam Seminar Nas. Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu. Surakarta. p 12.
- Notodarmojo, S. 2005. Pencemaran Tanah dan Air Tanah Institut Teknologi Bandung. P. 487.
- Priyambada, I.D., D. Wahjuningrum dan J. Soedarsono. 1999. Effect of fluorescent pseudomonads-rhizospheric colonization on Cadmium accumulation by Indian Mustard (*Brassica juncea* L.). *Journal of Bioscience* 10:42-46
- Setyorini, D., Soeprapto dan Sulaeman. 2003. Kadar Logam Berat dalam Pupuk. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Kualitas Lingkungan dan Produk Pertanian. Kudus, Nopember 2002. p 219—229
- Sims, J.L., R.C. Sims dan J.E. Matthews. 1990. Approach to bioremediation of contaminated soil hazard. *Waste Hazard Matter* 7:117-149.
- Soemarno, 2001. Konsep Usahatani lestari dan ramah lingkungan. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional Budidaya Tanaman Pangan Berwawasan Lingkungan. Jakenan, Hal 1-7.

- Suryanto dan Susetyo, 1997. Perlakuan bahan organik dan tanah mineral pada bahan tailing terhadap ketersediaan unsur hara makro dan unsur hara mikro. *Dalam Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* Vol 1. No. 1 :41-45
- Volesky and Holand, 1995. Biotechnol. Prog 11. *In* Biotechnology Letter.
- Wisnuprpto. 1996. Bioremediasi, Manfaat dan Pengembangannya. *Dalam* Prosiding Pelatihan dan Lokakarya "Peranan Bioremediasi dalam Pengelolaan Lingkungan" Cibinong, 24-28 Juni 1996. p 180.