



REHABILITASI LAHAN PERTANIAN TERCEMAR LIMBAH INDUSTRI (Hg dan Pb) DALAM MENDUKUNG PEMBANGUNAN PERTANIAN RAMAH LINGKUNGAN

Haryono Purwadinata¹ dan Nono Sutrisno²

^{1,2}Balai Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Cimanggu, Bogor

haryono181294@gmail.com atau haryonobbsdip@yahoo.co.id

Pembangunan Pertanian merupakan salah satu pilar dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat, yang tertuang dalam Renstra Kementerian Pertanian 2010-2014 dimana salah satu Program yaitu peningkatan kesejahteraan Petani, dan Swasembada Pangan yang berkelanjutan. Salah satu Pembangunan adalah banyaknya Alih Fungsi Lahan menjadi kawasan Industri, diantara pembangunan Industri tersebut, banyak berdampak positif dan juga berdampak Negatif bagi pembangunan pertanian, antara lain yaitu jika Pembuangan Limbah Industri tidak melalui pengolahan terlebih dahulu (PAL), hasil pembuangan limbahnya berpotensi untuk mencemari lingkungan, khususnya terhadap tanah-tanah pertanian, diantaranya adalah logam berat, yang berpotensi terhadap pencemaran lingkungan pertanian, yaitu Timbal (Pb) dan Mercury (Hg). Lahan-lahan tercemar tersebut semakin meluas, akibat pembuangan limbah industri. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif penanggulangannya melalui penelitian rehabilitasi lahan. Penelitian ini merupakan kegiatan 2 Unit kegiatan yaitu Penelitian Rehabilitasi lahan tercemar Industri Tambang Emas menggunakan teknologi Pencucian dan bahan organik dan Rehabilitasi lahan tercemar Industri Tekstil dengan Tanaman Hiperakumulator. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanah Bogor, dan Balai Penelitian Lingkungan Pertanian Jakenan. Penelitian menggunakan Rancangan acak kelompok yang disusun secara factorial, Yaitu Pencucian dan Bahan Organik, sedangkan Penelitian Tanaman Hiperakumulator menggunakan Rancangan Acak kelompok dengan 10 jenis Tanaman Hiperakumulator yaitu Mendong (*Fimbristylis globulosa*); Rumput (*Cyperus playtylis*); Enceng Gondok (*Eichornia crassipea*); Jugul (*Borreria Laevis*); Bundung gamal (*Scleria poaeformis*); Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*); Karapiting (*Polygonum hydropiper*); Bundung (*Scirpus Sp*); Hiring hiring (*Rhynchosphora corynbosa*); dan Purun kudung (*Leperonia mucrunata*). Tujuan Penelitian adalah untuk mencari Teknologi Rehabilitasi lahan tercemar Industri yang ramah Lingkungan dan berkelanjutan. Hasil dari kegiatan ini adalah perlakuan pencucian dikombinasikan dengan bahan organik bisa menurunkan kandungan Mercury (Hg) dalam beras sampai dibawah ambang batas dirjen POM, Sedangkan kegiatan kedua mendapatkan beberapa tanaman Hiperakumulator lokal yang bisa menurunkan kandungan Pb dalam tanah.

Kata Kunci : Bahan Organik; Hiperakumulator ; Pencucian; Rehabilitasi;

PENDAHULUAN

Alih fungsi lahan areal pertanian menjadi kawasan industri merupakan awal terjadinya pencemaran lingkungan. Pencemaran lingkungan pertanian menyebabkan menurunnya kualitas dan kuantitas produk pertanian. Pembuangan limbah industri, yang belum mempunyai pengolahan limbah tempat untuk pembuangan (IPAL), sebagai sumber kerusakan sumberdaya lahan pertanian. Salah satu jenis limbah yang potensial merusak lingkungan adalah jenis yang termasuk dalam bahan beracun berbahaya (B3), diantaranya logam berat. Menurut Arnold (1990) logam berat yang beracun dan berbahaya adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), dan krom (Cr). Logam berat selain Pb, Cd dan Hg mengancam kesehatan tanaman, ternak yang berdampak terhadap kesehatan dan kecerdasan.

Menurut Basyaruddin dan Anas (1995) bahwa Pb termasuk kelompok logam berat yang tidak esensial bagi tanaman, bahkan menyebabkan terganggunya siklus hara dalam tanah. Manahan (1992) tiga besar logam berat beracun adalah merkuri

(Hg), timbal (Pb), dan kadmium (Cd), dan bahaya logam berat pada kesehatan adalah rusaknya system syaraf pusat oleh Hg dan Pb, keracunan Hg ditandai dengan gejala utama gemetar khususnya tangan, dan ketidak stabilan emosi, seperti merasa malu, insomnia, depresi dan iritasi.

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 KLU-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. Pemberian Bahan Organik yang dikombinasikan dengan pencucian bisa menurunkan kandungan Hg dalam Beras sampai dibawah batas ambang. (Haryono dan Soemono, 2009).

Kontaminasi logam berat di lingkungan pertanian merupakan masalah besar dunia saat ini. Persoalan spesifik logam berat yang ada di lingkungan pertanian terutama karena akumulasinya sampai pada rantai makanan dan meningkatnya sejumlah logam berat yang menyebabkan pencemaran tanah dan air khususnya dibagian hilir. Logam dalam tanah tidak dapat mengalami biodegradasi sehingga pembersihan kontaminan menjadi pekerjaan yang berat dan mahal. Pembersihan polutan dengan cara konvensional (*removal*) memerlukan biaya yang mahal, untuk mengatasi permasalahan tersebut dikembangkan teknologi alternatif yang dikenal dengan fitoremediasi. Menurut Purwani. J (2010) Remediasi yang diartikan sebagai perbaikan lingkungan secara umum diharapkan dapat menghindari resiko-resiko yang ditimbulkan oleh kontaminasi logam yang berasal dari alam (*geochemical*) dan akibat ulah manusia (*anthropogenic*). Pemanfaatan tanaman sebagai fitoremediator lebih murah, disamping itu juga memiliki keuntungan estetika. Tanaman yang ideal yang akan digunakan untuk fitoremediasi harus memiliki produktivitas biomassa, toleransi yang tinggi serta kapasitas akumulasi konsentrasi tinggi dari kontaminan. Menurut Aiyen, dalam Kompas, 4 Maret 2005. Metode yang dapat digunakan untuk membersihkan/ mengangkut pencemaran adalah dengan memperkerjakan tanaman, yang disebut Fitoremediasi, di mana tanaman yang digunakan adalah tanaman yang memiliki kemampuan sangat tinggi untuk mengangkut berbagai pencemaran yang ada (*multiple uptake hyperaccumulator plant*) ataupun tanaman yang memiliki kemampuan

mengangkut pencemaran yang bersifat tunggal (*specific uptake hyperaccumulator plant*). Solusi penanggulangan pencemaran lahan pertanian adalah dengan upaya remediasi lahan secara sederhana dan murah agar kualitasnya menjadi baik. Penelitian Triyani Dewi dan Nono Sutrisno (2010), pada beberapa jenis tanaman Hiperakumulator berpotensi menurunkan kandungan Pb dan Cd dalam tanah setelah 2 bulan. Ada beberapa kriteria agar tanaman dapat disebut sebagai suatu hiperakumulator, harus mampu mentranslokasikan unsur-unsur tertentu dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal atau kerdil dan tidak mengalami fitotoksisitas. Tanaman dikriteriakan sebagai hiperakumulator jika nilai bioakumulasi unsur tersebut adalah lebih besar dari nilai 1, di mana "nilai bioakumulasi" dihitung dari konsentrasi unsur tersebut di pucuk (*shoot concentration*) di bagi konsentrasi unsur di dalam tanah (*defined as shoot concentration/total soil concentration*). Misalnya, dapat dikatakan hiperakumulator Mn, Zn, Ni jika mampu menyerap lebih dari 10.000 ppm unsur-unsur tersebut, lebih dari 1.000 ppm untuk Cu dan Se, dan harus lebih dari 100 ppm untuk Cd, Cr, Pb, dan Co. Tanaman hiperakumulator yang telah ditemukan hingga saat ini mencakup sekitar 400 spesies, bukan hanya mampu membersihkan metal (logam), nonlogam, metaloid, tetapi juga senyawa organik. Merkuri (Hg) oleh *Pteris vittata* dan transgenik *Nicotiana tabacum* dan *Liriodendron tulipifera*. Tanaman bunga matahari bukan hanya mampu mentranslokasikan Boron, tetapi juga menyerap timah (Pb) sangat tinggi.

METODOLOGI

Penelitian terdiri dari dua kegiatan yang menggunakan rancangan acak kelompok diulang 3 kali. Kegiatan Pertama secara faktorial dan kedua RAK satu faktor, Dilaksanakan di Rumah Kaca, Balai Penelitian Tanah Bogor dan Balai Penelitian Lingkungan Jakenan, menggunakan tanah yang berasal dari berbagai tanah tercemar industri atau pertambangan. Tujuannya adalah membandingkan berbagai teknologi Rehabilitasi maupun Remideasi dengan tanaman hiperakumulator terhadap tanah pertanian tercemar limbah industri. Kegiatan pertama dengan Perlakuan yang dicobakan adalah sebagai berikut : 1). Pencucian (W); W_0 : Tanpa pencucian; W_1 : Pencucian dengan air bebas ion 1 lt/pot setiap 3 hari ; W_2 : Pencucian dengan air bebas ion 2 lt/pot setiap 3 hari dan Faktor II : Bahan Organik (B); B_0 : Tanpa Bahan Organik ; B_1 : Pupuk Kandang Sapi (2,5 % C-Organik) atau 1.181,47 g / pot ; B_2 : Pupuk Kandang Ayam (2,5 % C-Organik) atau 741,62 g/ pot ; B_3 : Kompos jerami (2,5 % C-Organik) atau 1.102,29 g/ pot. Kegiatan kedua adalah Rancangan Acak kelompok dengan 10 jenis Tanaman Hiperakumuator yaitu Mendong (*Fimbristylis globulosa*); Rumput (*Cyperus playtylis*) ; Enceng Gondok (*Eichornia crassipea*); Jugul

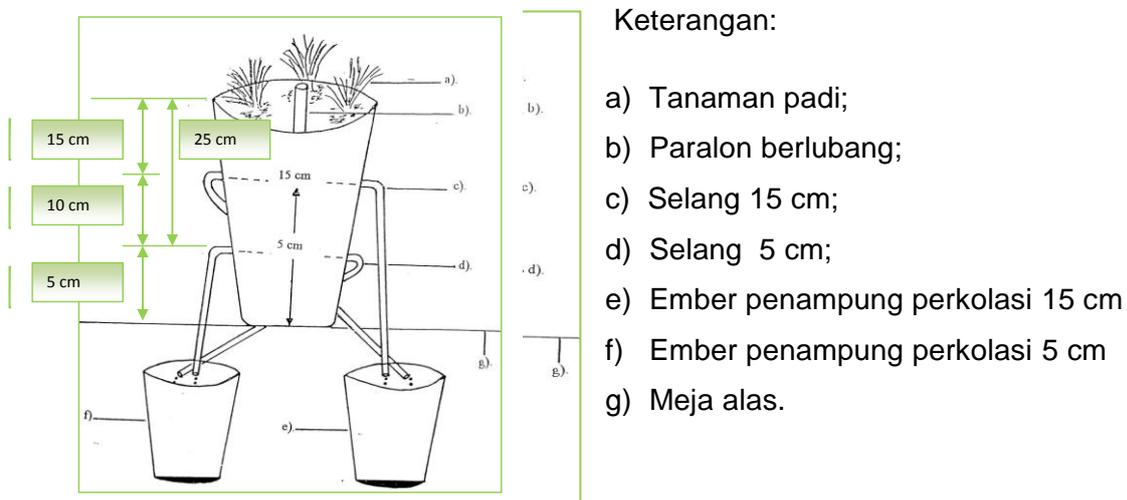
(*Borreria Laevis*); Bundung gamal (*Scleria poaeformis*); Purun Tikus (*Eleocharis dulcis*); Karapiting (*Polygonum hydropiper*); Bundung (*Scirpus Sp*); Hiring hiring (*Rhynchosphora corynbosa*); dan Purun kudung (*Leperonia mucrunata*).

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. Penanaman di rumah kaca dengan menggunakan ember berisi tanah tercemar Hg sebanyak 7,5 kg. Pengairan diberikan sesuai dengan kondisi tanaman di lapang.

Penentuan tanaman hiperakumulator yang digunakan untuk penelitian di rumah kaca dilakukan dengan memilih tanaman-tanaman yang mampu bertahan hidup pada kondisi lahan yang tercemar logam berat. Tanaman yang dipilih mewakili tanaman yang bersifat gulma, tanaman yang mempunyai nilai ekonomis tetapi tidak dapat dikonsumsi dan tanaman yang dapat dikonsumsi. Pemilihan lahan pertanian yang tercemar logam berat ditentukan dari kandungan logam Hg dan Pb yang paling tinggi diantara contoh tanah yang diduga tercemar logam berat. Contoh tanah yang tercemar Hg diambil dari daerah pertambangan emas Pongkor Kabupaten Bogor, sedangkan tanah yang tercemar Pb diambil dari Desa Ngasem, Kec Colomadu Kab. Karanganyar.

Pencucian : Digunakan 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 3 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, kemudian diambil satu liter untuk dianalisis kandungan logam beratnya (Gambar 1).



Gambar 1. Pot dengan lubang perkolasi

Pemberian Bahan Organik : Dilakukan setelah diketahui kandungan C dalam bahan organik ditambahkan sebanyak 2,5 % ke dalam perlakuan, diaduk sampai merata dan diinkubasi selama 7 hari.

Cara menghitung kebutuhan bahan organik :

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

Keterangan : a = hasil analisis C-Organik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada analisa awal sebelum dilakukan penelitian tanah sawah dari Pongkor mempunyai tekstur debu liat berpasir, pH rendah atau masam = 4,6, mempunyai kandungan C-organik rendah (1,34 %) dengan 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 KLU-Dalhousie University Canada (1992) untuk penggunaan pertanian yaitu sebesar 0,5 ppm Suhu dalam rumah kaca selama penelitian berlangsung berkisar antara 24° - 37° C. Sedangkan pada tanah asal Karang anyar mempunyai ph 6,35, kandungan C bahan organik 1,26 % dan N rendah (0,18%) dengan kandungan total Pb cukup tinggi (17,4 mg/kg). Liht Tabel 2.

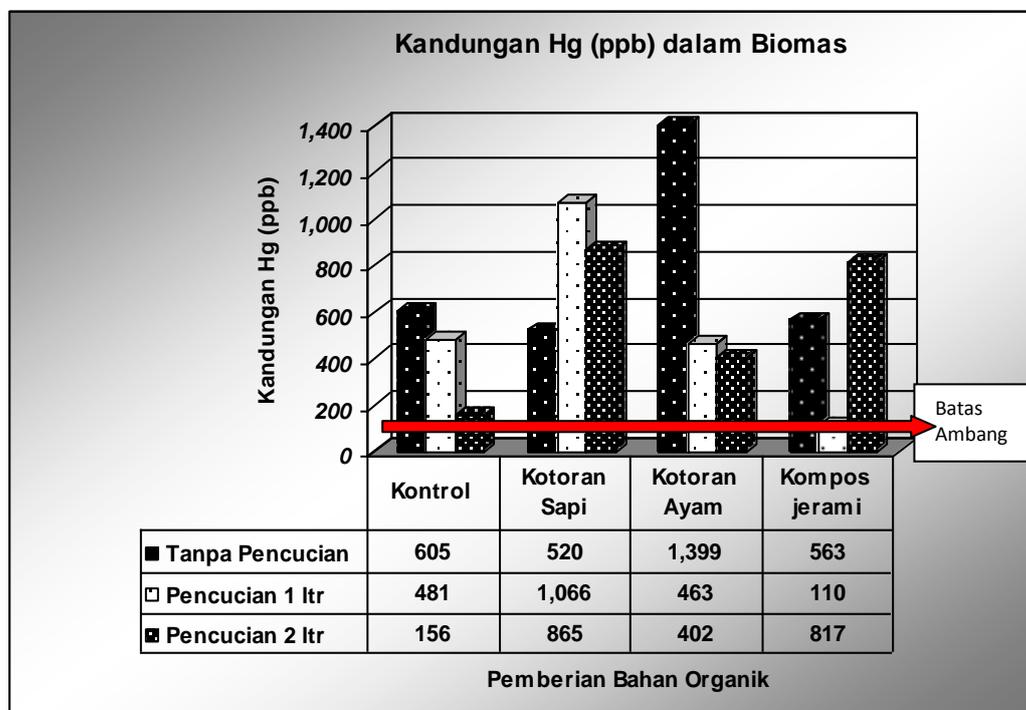
Tabel 2. Hasil Analisa Tanah Awal dari Pongkor dan Karanganyar

Jenis Analisa	Analisa Awal Pongkor	Kelas	Analisa Awal Karanganyar
Tekstur: Pasir (%)	19		
Debu (%)	46		
Liat (%)	35		
pH H ₂ O	4.6	masam	6.35
KCl	4.2		
Total Hg (ppm)	38.11	Sangat Tinggi	
Total Pb (mg/kg)			17.14
Bahan Organik: C (%)	1.34	Rendah	1.26
N (%)	0.14	Rendah	0.18
C/N	10	Rendah	
HCl 25% (mg/100g)			
P ₂ O ₅	87	Sangat tinggi	
K ₂ O	22	sedang	18

Perlakuan tanpa pencucian menghasilkan gabah terbanyak lebih disebabkan terakumulasinya unsur hara tanaman di dalam tanah, tanpa ada yang tercuci. Hasil penelitian Sutono (2002) menunjukkan bahwa pencemaran merkuri (Hg) pada tanah kering tidak menyebabkan menurunnya hasil tanaman kedelai. Hal serupa terjadi pada

tanah Pongkor, walaupun tanah sudah tercemar merkuri, pertumbuhan dan hasil tanaman padi tidak terganggu. Kalau dilihat dari sisi produksi gabah memang tidak terganggu, tetapi kualitas gabah sudah menunjukkan kandungan merkuri yang di atas ambang yang dibolehkan. Hasil ini menunjukkan bahwa tanah dari Pongkor sudah tercemar dengan limbah penambangan emas. Untuk *menangkap* bijih emas dalam pengolahan batuan digunakan merkuri (Hg) sebanyak 0,5 – 1 kg untuk setiap tabung penghancur batuan. Pemisahan bijih yang mengandung emas dan tidak berdasarkan kepada berat jenis bahan-bahan yang ada di dalam tabung, benda yang berat jenisnya paling tinggi akan mengendap. Bijih emas yang terperangkap di dalam larutan Hg mengendap paling bawah. Air dan bahan lain dari dalam tabung dituangkan ke dalam saluran penampungan sedangkan endapan paling bawah ditampung dalam ember. Ketika proses inilah merkuri banyak terbawa air dan masuk ke dalam saluran penampungan. Namun karena tidak ada proses *penangkapan* merkuri pada saat pembuangan ke dalam saluran, maka merkuri terbawa dan masuk ke petak-petak sawah yang memanfaatkan air limbah untuk irigasi.

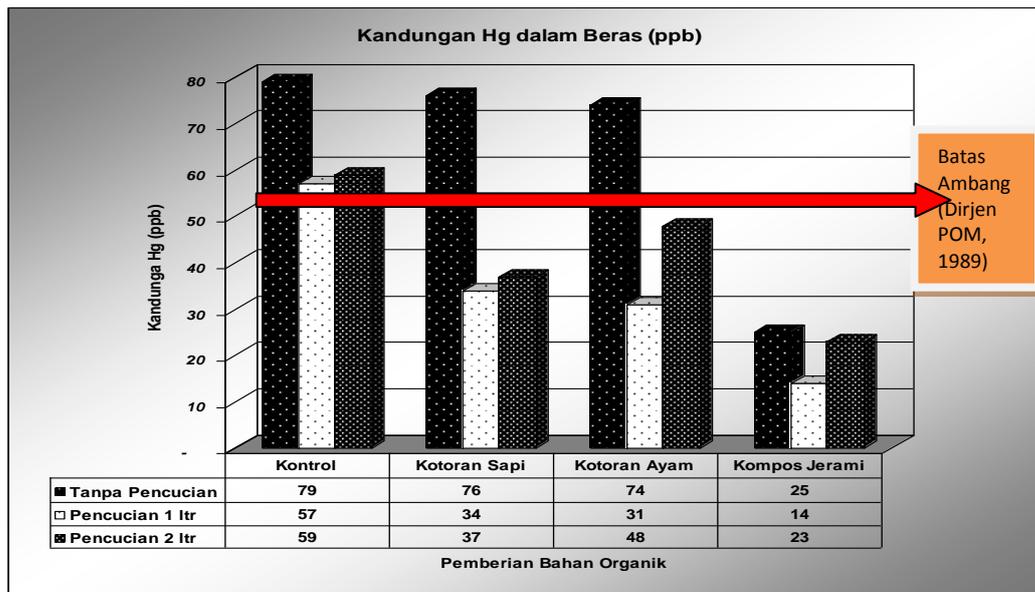
Komponen biomas, pengaruh pencucian dan pemberian bahan organik belum bisa menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) sampai di bawah ambang batas yang dianjurkan oleh Dirjen POM (1989) sebesar 0,05 ppm (50 ppb) untuk makanan (Gambar 2).



Gambar 2. Kandungan Hg dalam Biomas

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) adsorpsi atau 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).



Gambar 3. Kandungan Hg dalam Beras setelah pemberian bahan organik

Kandungan Merkuri (Hg) dalam beras, secara statistik tidak ada perbedaan signifikan (ns), dari pengaruh perlakuan pencucian (W) dan pemberian bahan organik (B), tetapi bisa 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 3). Perlakuan yang bisa menurunkan kandungan logam berat merkuri (Hg) dalam beras, sampai dibawah ambang batas (Dirjen POM, 1989) adalah pemberian pemberian bahan organik kotoran sapi kombinasi dengan pencucian, disusul kotoran ayam dan paling rendah adalah kompos jerami, baik tanpa pencucian maupun kombinasi dengan pencucian

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 pakan ayam tanpa pencucian. 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.

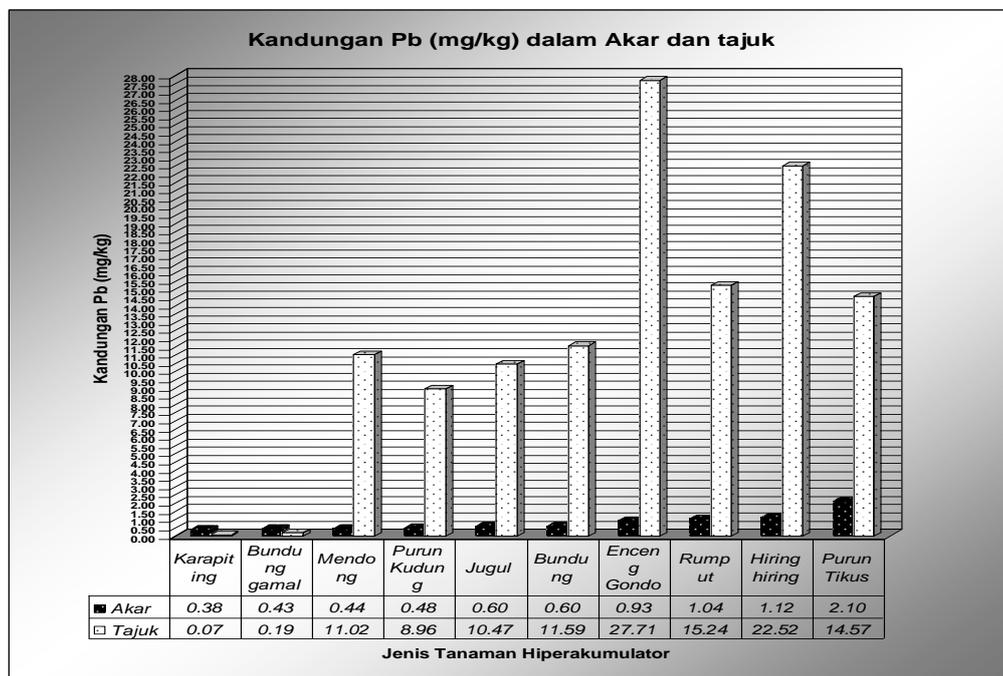
Dengan adanya bahan organik, kation dari logam berat cenderung membentuk khelat (Soepardi, 1983). Pengaruh pengkhelatan terhadap mobilitas logam berat adalah terbentuknya ligan-ligan khelat. Kation akan berubah bentuk menjadi anion. Anion-anion ini akan ditolak oleh muatan-muatan negatif koloid, sehingga logam-logam tersebut akan tetap mobil dalam tanah (Tan, 1982).

Meskipun demikian, ternyata tidak semua tanaman 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 selsel akar.

Mengacu pada hasil analisis kandungan Hg, 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.

Sedangkan hasil Rehabilitasi tanah tercemar Pb dengan teknologi Remediasi menggunakan tanaman Hiperakumulator, terlihat bahwa konsentrasi logam berat Pb dalam 10 jenis tanaman hiperakumulator bervariasi setelah ditanami dua bulan, dan menurut (Aiyen, dalam Kompas, 4 Maret 2005) kriteria tanaman hiperakumulator adalah: Tanaman hiperakumulator harus mampu mentranslokasikan unsur-unsur tertentu tersebut dengan konsentrasi sangat tinggi ke pucuk dan tanpa membuat tanaman tumbuh dengan tidak normal dalam arti kata tidak kerdil dan tidak mengalami

fitotoksitas. Tanaman juga dikriteriakan sebagai hiperakumulator jika nilai bioakumulasi unsur tersebut adalah lebih besar dari nilai 1, di mana "nilai bioakumulasi" dihitung dari konsentrasi unsur tersebut di pucuk (*shoot concentration*) di bagi konsentrasi unsur di dalam tanah (*defined as shoot concentration/total soil concentration*). Meskipun sepuluh tanaman memenuhi kriteria tanamaan hiperakumulator, tetapi tiga dari tanaman yaitu Karapiting, Bundung Gamal dan Mendong konsentrasi logam berat masih lebih kecil di pucuk dibanding akar tanaman, sehingga kurang memenuhi untuk persyaratan tersebut, tetapi tanaman hiperakumulator lainnya terlihat konsentrasi logam berat (Pb) lebih tinggi di pucuk dibanding pada bagian akar tanaman (Gambar 4).



Gambar 4. Kandungan logam berat (Pb) dalam Tanaman Hiperakumulator

KESIMPULAN

- 1 Sepuluh jenis tanaman Hiperakumulator mampu menurunkan kandungan Pb dalam tanah setelah dua bulan ditanam, yang paling baik adalah tanaman Enceng Gondok, Hiring hiring, rumput dan purun tikus.
- 2 Pemberian Bahan Organik berupa jerami kompos di kombinasikan dengan pencucian mampu menurunkan kandungan logam berat (Hg) dalam beras sampai dibawah ambang batas yang dianjurkan oleh Dirjen POM, 1989
- 3 Diperlukan berbagai penelitian teknologi Rehabilitasi Lahan tercemar Industri, dengan berbagai Disiplin Ilmu, secara terpadu
- 4 Mencari berbagai tanaman Hiperakumulator yang asli tanaman Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, F. 1990. Pencemaran Logam Berat dalam Tanah. Disampaikan pada Seminar Forum Komunikasi Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (Tidak dipublikasikan).
- Dirjen POM. 1989. Lampiran Surat Keputusm Dirjen Pengawasan Obat dan Makanan No. 03725IB/SKNII/89 tentang Batas Minimum Cemaran Logam dalam Makanan. Hlm 103-109, dalam Buletin Teknologi dan Industri Pangan. Vol: VI No.2 th. 1995.
- Fardiaz, S. 1992. Polusi Air dan Udara. Kanisius, Yogyakarta.
- Haryono dan S. Soemono. 2009. Rehabilitasi Tanah tercemar Merkuri (Hg) Akibat Penambangan Emas dengan Pencucian dan bahan organik di Rumah Kaca. Jurnal Tanah dan Iklim Nomor 29, Juli 2009. Departemen Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Bogor : Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian
- KLH-Dalhousie University Canada. 1992. Environmental Mangement Development in Indonesia. 5-8 p. *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.*
- Kompas, 4 Maret 2005 Aiyen, Dr. Sc. Agr. *Peneliti Fitoremediasi Dosen pada Fakultas Pertanian Universitas Tadulako, Palu*
- 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 .fnd Basel
- Leiwakabessy, F.M. 1988. Kesuburan Tanah. Jurusan Tanah. Bogor : Fakultas Pertanian. IPB.
- Purwani. J, 2010. Remediasi Tanah dengan menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi. Prosiding Seminar Nasional. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor : Badan Litbang Pertanian.
- Puslittanak. 2000. Pengkajian Baku Mutu Tanah pada Lahan Pertanian. Tim Peneliti Baku Mutu Tanah. Bogor : Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.
- Schulin, R, Geiger, G., and Fmrrer, G. 1995. Heavy Metal Retention by Soil Organic Matter Under Changing Environmental Conditions In W. Salomons and W.M. Stigliani (Eds). Biogeodyuamics of Pollutants in Soils and Sediments. New York: SpringerVerlag Berlin Heidelberg.
- Soepardi, G. 1983. Sifat dan Ciri Tanah. Jurusan Tanah. Bogor : Fakultas Pertanian. IPB.
- Steinnes, E. 1990. Mercury. In B.J. Alloway (ed). Heavy Metals in Soil_ Blackie Glasgow and London Hals`ted Press. John Wilev, Sons Inc., New York.
- Tan, K.H 1982. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker. Inc. New York
- Triyani Dewi dan Nono Sutrisno. 2010. Potensi beberapa Tanaman Akumulator untuk Fitoremediasi Lahan terkontaminasi Logam berat. *Jurnal Agrikultura*