

KELARUTAN LOGAM BERAT DI DAERAH PERAKARAN BEBERAPA JENIS GULMA TROPIKA YANG TERCEMAR TIMAH HITAM

Abdul Kadir Salam¹, Nanik Sriyani¹, Mutia Heradilla²

ABSTRACT

Solubilities of Heavy Metals in Lead Contaminated Root-Zones of Tropical Weeds (A.K. Salam, N. Sriyani, and M. Heradilla): Some tropical weeds have been suggested to greatly affect their root-zones to better extract nutrients from soils. The solubilities of some heavy metals in soil under some tropical weeds were studied. Soil sample was spiked with Pb and or treated with lime before weeds comprising pigweed (*Amaranthus spinosus*), green kyllinga (*Cyperus kyllingia*) and alang-alang (*Imperata cylindrica*) and also amaranth (*Amaranthus tricolour*) were planted and allowed to grow for 4 weeks. The soil under alang-alang showed higher pH values than those under pigweed, green kyllinga, and amaranth while those under pigweed showed the lowest pH values. The soils treated with lime also showed higher pH values. The solubilities of Fe, Zn, Mn, and Pb were generally lower in soils treated with lime than in soils not treated with lime. With some exception, the solubilities of these metals were also lower in soils under pigweed than those under green kyllinga, alang-alang, and amaranth. On the other hand, soils under amaranth showed significantly higher Mn solubilities than those under pigweed, green kyllinga, or alang-alang. Addition of 20 mg Pb kg⁻¹ increased the solubility of Pb to about 6 to 8 mg kg⁻¹ in soils under pigweed, green kyllinga, and amaranth and to about 1 mg kg⁻¹ in soils under alang-alang. Lime and pH neutralization by alang-alang greatly lowered the solubility of Pb.

Keywords: amaranth, heavy metals, lead, lime, tropical weeds

PENDAHULUAN

Kelarutan logam berat di dalam tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, di antaranya faktor pH dan kehadiran berbagai molekul pengelat di daerah perakaran tumbuhan adalah faktor terpenting (Salam, 1995a; 1995b; Lindsay, 1979). Telah ditunjukkan sebelumnya bahwa kelarutan logam berat di dalam tanah umumnya meningkat dengan penurunan pH atau kehadiran molekul pengelat organik (Salam, 1995a; 1995b). Beberapa peneliti juga telah menunjukkan bahwa selain mengeluarkan ion H⁺ atau HCO₃⁻, akar tumbuhan juga mengeluarkan

berbagai jenis eksudat yang dapat berperan sebagai molekul pengelat logam berat di dalam larutan tanah, misalnya asam sitrat dan asam oksalat (Lindsay, 1979). Seluruh proses ini secara tidak langsung akan berpengaruh terhadap kelarutan logam berat di daerah perakaran tumbuhan melalui peranannya dalam mengatur pH dan konsentrasi molekul pengelat di dalam larutan tanah.

Beberapa jenis gulma, misalnya alang-alang, mempunyai daya adaptasi luar biasa terhadap berbagai keadaan tanah tropika. Beberapa peneliti menduga bahwa hal ini disebabkan oleh kemampuan perakaran tumbuhan tersebut dalam memodifikasi

¹ Staf pengajar dan ²alumnus Fakultas Pertanian Universitas Lampung Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145; makalah diterima redaksi tanggal 16-4-1997
J. Tanah Trop. No.4:117-122

daerah perakarannya sehingga tumbuhan tersebut mampu berkompetisi dan menyerap unsur hara lebih efisien daripada tumbuhan lainnya. Beberapa jenis bahan yang dikeluarkan tumbuhan ini untuk memodifikasi daerah perakarannya adalah zat alelopati pada alang-alang (Sriyani dkk., 1996; Sajise, 1980), yang dapat meningkatkan daya kompetisi tanaman terhadap tumbuhan lain, dan juga enzim, misalnya fosfatase (Salam dkk., 1997; Salam, 1996), yang merupakan katalisator dalam perombakan P organik menjadi P nirorganik. Kemampuan gulma untuk mengondisikan daerah perakaran seperti ini merupakan faktor yang sangat penting untuk meningkatkan kelarutan dan ketersediaan unsur tertentu sehingga lebih mudah diserap dan dimanfaatkan oleh akar tumbuhan tersebut.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kelarutan logam berat (Fe, Mn, Zn, Cu, dan Pb) di daerah perakaran beberapa jenis gulma yang tercemar oleh Pb dan dikapur. Pencemaran tanah oleh Pb banyak terjadi di wilayah pinggiran jalan raya berlalu lintas padat (Markus dan McBratney, 1996; Akhter dan Madany, 1993; Minami dan Araki, 1975) atau yang tercemar oleh limbah industri berkandungan Pb tinggi (Salam, 1996). Penambahan kapur atau pengapuran merupakan salah satu cara untuk menurunkan kelarutan logam berat di dalam tanah (Rodella dkk., 1995; Salam, 1995a; 1995b; Sumner dkk., 1991; Bohn dkk., 1985; Helling dkk., 1964).

BAHAN DAN METODE

Contoh tanah (Oxisols) diambil dari lapisan olah tanah (0-30 cm) di Gedong Meneng Bandar Lampung pada 12 Oktober 1996. Setelah dikeringudarakan, contoh tanah dihaluskan dan diayak lolos diameter 2 mm sebelum digunakan dalam percobaan. Tanah tersebut memiliki sifat fisika dan kimia sebagai berikut: pasir 45,6%; debu 19,6%; dan liat 34,8%; pH (H_2O 1:2) 5,25; kapasitas

tukar kation (KTK) 3,99 cmol_c kg⁻¹, dan P tersedia 3,12 mg kg⁻¹.

Sebanyak 300 g contoh tanah kering di dalam pot plastik digunakan sebagai satuan percobaan setelah diperlakukan dengan kapur dan atau larutan baku Pb yang disusun secara faktorial dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 ulangan. Kapur diberikan dalam 2 takaran: 0 dan 4 ton CaCO₃ ha⁻¹; Pb dalam 2 takaran, yaitu: 0 dan 20 mg kg⁻¹. Seluruh satuan percobaan yang tidak diperlakukan dengan larutan baku Pb diperlakukan juga dengan HNO₃ dengan jumlah sesuai dengan perkiraan HNO₃ yang masuk saat menambahkan larutan baku Pb ke dalam pot (dalam pembuatannya, larutan baku Pb diencerkan dengan menggunakan HNO₃ encer). Seluruh satuan percobaan diinkubasikan selama 1 minggu pada kadar air 33,3% (v/w) sebelum ditanami.

Setiap satuan percobaan kemudian ditanami dengan sebuah tunas atau kecambah gulma, yang mencakup alang-alang (*Imperata cylindrica*), teki wudelan (*Cyperus kyllingia*), dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*). Selain ketiga gulma tersebut, bayam cabut (*Amaranthus tricolour*) juga ditanam. Tunas alang-alang dan teki wudelan dipersiapkan dari rimpang sedangkan kecambah bayam duri dan bayam cabut dipersiapkan dari benih, dengan menyemai sebelumnya dalam medium berisi tanah dan pasir dengan perbandingan 1:1. Seluruh jenis tumbuhan kemudian dibiarkan bertumbuh di dalam pot perlakuan selama 4 minggu.

Contoh tanah diambil dari pot perlakuan 4 minggu setelah keempat tumbuhan tersebut ditanam. Reaksi tanah (pH) dan kelarutan logam berat, meliputi Fe, Mn, Zn, Cu, dan Pb, ditentukan dalam keadaan lembab; pH dengan pH-meter dan kelarutan logam berat dengan metode DTPA (*diethylenetriaminepentaacetic acid*) (Baker dan Amacher, 1982) menggunakan AAS (*atomic absorption spectrophotometer*).

Salam dkk., 1997

J. Tanah Trop. No. 4, 1997

HASIL DAN PEMBAHASAN

Reaksi tanah (pH) di daerah perakaran tumbuhan setelah 4 minggu masa pertumbuhan disajikan pada Tabel 1. Seperti diduga sebelumnya, penambahan kapur meningkatkan pH, terutama pH tanah yang ditanami alang-alang atau bayam cabut, sedangkan penambahan larutan baku Pb tidak mengubah nilai pH. Satu hal yang sangat menarik adalah bahwa pH di daerah perakaran alang-alang lebih tinggi daripada di daerah perakaran tumbuhan lain. Dengan melihat kenyataan bahwa pH awal tanah percobaan adalah 5,25, maka dapat disimpulkan bahwa kehadiran perakaran alang-alang cenderung menetralisir pH tanah. Ini dapat disebabkan oleh ekskresi ion OH⁻ dan atau HCO₃⁻ dari perakaran alang-alang dalam menjaga keseimbangan muatan di

daerah perakarannya sebagai akibat dari lebih banyaknya serapan anion daripada kation oleh akar tumbuhan ini.

Secara teoritis, perubahan pH dapat mengakibatkan berubahnya kelarutan logam berat. Umumnya, kelarutan logam berat di dalam tanah akan menurun dengan meningkatnya pH tanah yang diakibatkan oleh pengapuran (Salam, 1995b). Hal ini berkaitan dengan peningkatan KTK tanah akibat peningkatan pH (Kamprath, 1984; Helling dkk., 1964). Namun demikian, kehadiran perakaran tumbuhan di dalam tanah dapat mengubah hubungan tersebut. Kelarutan logam berat di daerah perakaran keempat jenis tumbuhan dalam tanah yang tercemar Pb dan dikapur disajikan pada Tabel 2 (untuk logam berat kelompok unsur hara mikro) dan pada Tabel 3 untuk Pb (yang merupakan logam berat nirunsur hara mikro).

Tabel 1. Reaksi tanah (pH) di daerah perakaran beberapa jenis tumbuhan dalam tanah yang diperlakukan dengan Pb dan kapur.

Tumbuhan	Perlakuan	pH
<u>Alang-alang</u>	* Kontrol	6,25 b
	+ Kapur	6,70 a
	+ Pb	6,16 b
	+ Pb + Kapur	6,72 a
<u>Teki Wudelan</u>	* Kontrol	5,64 a
	+ Kapur	6,37 a
	+ Pb	5,44 a
	+ Pb + Kapur	6,34 a
<u>Bayam Duri</u>	* Kontrol	5,01 ab
	+ Kapur	5,32 a
	+ Pb	4,65 b
	+ Pb + Kapur	5,09 a
<u>Bayam Cabut</u>	* Kontrol	5,03 b
	+ Kapur	6,34 a
	+ Pb	5,19 b
	+ Pb + Kapur	6,35 a

Keterangan: Huruf yang sama pada angka selanjutnya masing-masing jenis tumbuhan tidak berbeda pada taraf 5% BNT.

Secara umum, dengan beberapa pengecualian, fenomena hubungan terbalik antara kelarutan logam berat dan perubahan pH akibat pengapuran dapat diamati pada Tabel 2 dan 3. Namun demikian, perakaran tumbuhan tampak sangat mempengaruhi hubungan ini. Misalnya, hubungan terbalik antara pH dan kelarutan logam berat secara umum tidak teramat di daerah perakaran alang-alang. Ini diduga berkaitan dengan kemampuan perakaran alang-alang dalam menetralkan pH (Tabel 1).

Penambahan larutan baku Pb tidak mempengaruhi kelarutan logam berat, tetapi secara nyata meningkatkan kelarutan Pb sampai sekitar $6-8 \text{ mg kg}^{-1}$ di daerah perakaran teki wudelan, bayam duri, dan bayam cabut dan sampai sekitar 1 mg kg^{-1} di daerah perakaran alang-alang (Tabel 3). Amatan ini menunjukkan bahwa sebagian

besar Pb yang ditambahkan melalui larutan baku diimobilisir oleh tanah. Selain itu, peningkatan pH oleh perakaran alang-alang juga meningkatkan daya jerap tanah terhadap Pb. Sebelumnya telah ditunjukkan juga bahwa serapan Pb oleh alang-alang relatif rendah (Heradilla, 1997). Tampak jelas bahwa perubahan kelarutan Pb di dalam tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan pH tanah (Tabel 3).

Hal lain yang sangat menarik adalah bahwa, dengan beberapa pengecualian, kelarutan Fe, Mn, Zn, dan Cu di daerah perakaran bayam duri lebih rendah daripada di daerah perakaran alang-alang, teki wudelan, dan bayam cabut (Tabel 2). Sebaliknya, kelarutan Mn di daerah perakaran bayam cabut di tanah yang tidak dikapur justeru jauh lebih tinggi daripada di daerah perakaran tumbuhan lain (Tabel 2).

Tabel 2. Kelarutan Fe, Mn, Zn, dan Cu di daerah perakaran beberapa jenis tumbuhan dalam tanah yang diperlakukan dengan Pb dan kapur.

Tumbuhan	Perlakuan	Fe	Mn	Zn	Cu
<u>Alang-alang</u>	*Kontrol	22,5 b	14,9 b	8,45 a	0,439 a
	+ Kapur	34,7 a	14,6 b	6,37 a	0,731 a
	+ Pb	35,1 a	16,9 a	7,46 a	0,683 a
	+ Pb + Kapur	17,4 c	16,6 a	7,34 a	0,693 a
<u>Teki Wudelan</u>	* Kontrol	47,3 a	4,68 b	11,1 a	1,23 a
	+ Kapur	34,1 a	4,52 b	8,67 ab	1,21 a
	+ Pb	72,3 a	7,25 ab	11,0 a	1,38 a
	+ Pb + Kapur	41,1 a	10,2 a	7,75 b	1,30 a
<u>Bayam duri</u>	* Kontrol	15,2 a	1,77 a	4,05 a	0,692 a
	+ Kapur	6,94 c	0,712 c	2,70 a	0,477 a
	+ Pb	14,4 a	1,74 a	3,65 a	0,572 a
	+ Pb + Kapur	7,83 c	0,609 c	3,33 a	0,570 a
<u>Bayam Cabut</u>	* Kontrol	80,6 a	187 b	7,68 a	0,999 a
	+ Kapur	29,6 b	15,5 c	5,67 b	0,598 a
	+ Pb	32,2 b	176 b	6,48 b	0,989 a
	+ Pb + Kapur	33,0 b	17,2 c	5,85 b	1,00 a

Keterangan: huruf yang sama pada angka selajur untuk masing-masing jenis tumbuhan tidak berbeda pada taraf 5% BNT.

1982. Cu ion exchange capacity of an acid soil
as influenced by different sources of organic
matter. *Commun. Soil. Sci.* 13(1):35-52.

Salam, dkk. 1997. *Soil Chemistry*. Giri, Salam, dan
Hartono. Penerjemah: A. K. Heradilla. Pustaka
Agraria, Bogor, 1997. 320 p.

Tabel 3. Kelarutan Pb di daerah perakaran beberapa jenis tumbuhan dalam tanah yang diperlakukan dengan Pb dan kapur.

Tumbuhan	Perlakuan	Pb (mg kg^{-1})
<u>Alang-alang</u>	* Kontrol	0,186 b
	+ Kapur	0,416 b
	+ Pb	1,27 a
	+ Pb + Kapur	1,15 a
<u>Teki Wudelan</u>	* Kontrol	0,496 b
	+ Kapur	1,03 b
	+ Pb	7,20 b
	+ Pb + Kapur	6,76 a
<u>Bayam Duri</u>	* Kontrol	0,794 c
	+ Kapur	0,464 c
	+ Pb	7,72 a
	+ Pb + Kapur	6,25 b
<u>Bayam Cabut</u>	* Kontrol	1,13 b
	+ Kapur	0,688 b
	+ Pb	8,13 a
	+ Pb + Kapur	1,24 b

Keterangan: huruf yang sama pada angka selanjutnya masing-masing tumbuhan tidak berbeda pada taraf 5% BNT.

Fenomena ini tidak dapat dijelaskan dengan data yang terkumpul. Data serapan Cu tidak menunjukkan bahwa bayam duri menyerap Cu lebih banyak daripada tumbuhan lain (Heradilla, 1997), sehingga muncul dugaan kuat bahwa asam organik yang diekskresikan oleh bayam cabut melarutkan sebagian mineral tanah sehingga membebaskan Mn dan Fe (Tabel 2) yang kemudian larut dalam bentuk kelat organik. Penurunan kelerutan Mn dengan meningkatnya pH tanah diduga disebabkan oleh meningkatnya daya jerap koloid tanah terhadap Mn atau karena proses pengendapan.

KESIMPULAN

Reaksi tanah (pH) di daerah perakaran alang-alang lebih tinggi daripada di daerah perakaran teki wudelan, bayam duri, dan bayam cabut; daerah perakaran bayam cabut

menunjukkan nilai pH terendah. Tanah yang diperlakukan dengan kapur juga menunjukkan nilai pH lebih tinggi. Sesuai dengan fenomena ini, kelerutan Fe, Zn, Mn, dan Pb di tanah yang dikapur umumnya lebih rendah daripada di tanah yang tidak dikapur. Dengan beberapa pengecualian, kelerutan logam berat ini di daerah perakaran bayam duri lebih rendah daripada di daerah perakaran alang-alang, teki wudelan, dan bayam cabut. Sebaliknya, kelerutan Mn di daerah perakaran bayam cabut lebih tinggi daripada di daerah perakaran bayam duri, teki wudelan, dan alang-alang. Penambahan 20 mg Pb kg^{-1} meningkatkan kelerutan Pb sampai sekitar 6-8 mg kg^{-1} di daerah perakaran bayam duri, teki wudelan, dan bayam cabut dan sampai sekitar 1 mg kg^{-1} di daerah perakaran alang-alang. Pengapuran dan netralisasi pH oleh alang-

alang secara nyata menurunkan kelarutan Pb di dalam tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, M.S. dan I.M. Madany. 1992. Heavy metals in street and house dust in Bahrain. *Water Air Soil Pollut.*, 66:111-119.
- Baker, D.E. dan M.C. Amacher. 1982. Nickel, copper, zinc, and cadmium. Hlm.323-336. *Dalam A.L. Page, R.H. Miller, dan D.R. Keeney (ed.). Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Ed. ke-2. SSSA Inc., Madison.*
- Bohn, H.L., B.L. McNeal, dan G.A. O'Connor. 1985. *Soil Chemistry*. Ed. ke-2. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Helling, C.S., C. Chesters, dan R. B. Corey. 1964. Contribution of organic matter and clay to soil cation exchange-capacity as affected by the pH of the saturating solution. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 28:517-520.
- Heradilla, M. 1997. Pertumbuhan dan serapan timbal dan tembaga oleh tanaman bayam (*Amaranthus tricolour*) dan beberapa jenis gulma tropika di tanah yang tercemari oleh timbal. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Kamprath, E.J. 1984. Crop responses to lime on soils in the tropics. Hlm.349-368. *Dalam F. Adams (ed.). Soil Acidity and Liming. Ed. ke-2. SSSA, Inc., Madison.*
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Markus, J.A. dan A.B. McBratney. 1996. An urban soil study: heavy metals in glebe, Australia. *Aust. J. Soil Res.*, 34:453-465.
- Minami, K. dan K. Araki. 1975. Distribution of trace elements in arable soil affected by automobile exhaust. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 21:185-188.
- Rodella, A.A., K.R. Fischer, dan J.C. Alcarde. 1995. Cation exchange capacity of an acid soil as influenced by different sources of organic matter. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 26:2961-2967.
- Sajise, P.E. 1980. Alang-alang (*Imperata cylindrica* [L.] Beauv.) and upland agriculture. *Proc. Biotrop Workshop on Alang-alang, Bogor*, 27-29 Jul., 1976, hlm.35-46.
- Salam, A. K. 1995a. Imobilisasi logam berat di dalam tanah selama 15 tahun. *J. Ilmiah Ilmu-ilmu Pert.*, 3 (1):20-27.
- Salam, A.K. 1995b. Pola hubungan ketersediaan unsur hara mikro kelompok logam berat dengan pH dan fosfor pada Ultisol Gunung Sugih Lampung Tengah. *J. Pen. Pengb. Wil. Lahan Kering*, 16:1-11.
- Salam, A.K. 1996. Aktivitas enzim fosfatase pada lahan-kopi berlereng dengan beberapa teknik pengendalian gulma. *Pros. Konf. HIGI XIII*:77-84.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, J.T. Harahap, dan Suwarto. 1996. Imobilisasi logam berat asal limbah industri di dalam tanah tropika: 1. Sifat kimia limbah industri. *J. Ilmiah Ilmu-ilmu Pert.* 4(1):61-67.
- Salam, A.K., A. Katayama, dan M. Kimura. 1997. Activities of some soil enzymes in different land use systems after deforestation in hilly areas of West Lampung South Sumatra Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.*, (Dalam penyuntingan).
- Sriyani, N., Yusnita, dan D.R.J. Sembodo. 1996. Tanggap beberapa jenis tanaman terhadap pengaruh alelopati alang-alang (*Imperata cylindrica*) secara *in vitro*. *Pros. Konf. HIGI XIII*:260-266.
- Sumner, M.E., M.V. Vey, dan A.D. Noble. 1991. Nutrient status and toxicity in acid soils. Hlm.147-182. *Dalam B. Ulrich dan M.E. Sumner (ed.). Soil Acidity*. Springer-Verlag, New York.

KESIMPULAN