

PERUBAHAN KELARUTAN TEMBAGA DAN KADMIUM DALAM KOLOM TANAH DENGAN PERLAKUAN KAPUR DAN KOMPOS DAUN SINGKONG AKIBAT PENCUCIAN DENGAN AIR

Abdul Kadir Salam, Sri Djuniwati, Sarno¹

ABSTRACT

Changes in Soluble Copper and Cadmium Along Soil Columns Treated with Lime and Cassava-Leaf Compost Driven by Water Leaching (A.K. Salam, S. Djuniwati, and Sarno): Control of heavy metal movements in soil bodies is important to minimize ground-water contamination. This research was to evaluate effects of lime and/or cassava-leaf compost on changes in heavy metal solubilities along columns of tropical soils continuously leached with water. Soil samples were collected from Tanjungan (South Lampung) and Banjaragung (Central Lampung), Indonesia. Soil samples were thoroughly mixed with CaCO_3 at 0 or 5 ton ha^{-1} and/or cassava-leaf compost at 0 or 10 ton ha^{-1} . In addition to the control treatments (without Cu and Cd addition), experiments were also conducted with model waste (containing standard Cu and Cd) and metal-spoon industrial waste. Leaching was conducted at a rate of 20% of the soils' dry-weight every 2 days for 30 days. Lime and/or cassava-leaf compost were found to increase soil pH and decrease the solubilities of Cu and Cd in soils. Water leaching showed no effects on soil pH along soil columns. Copper and Cd solubilities in all soil layers generally increased after leaching. Translocation of Cu and Cd along the soil columns were miniscule.

Keywords: Cadmium, Cassava-Leaf Compost, Copper, Leaching, Lime, Tropical Soils

PENDAHULUAN

Untuk menekan laju akumulasi logam berat di dalam jaringan tubuh makhluk hidup akibat pencemaran lingkungan, telah dilakukan berbagai usaha imobilisasi logam berat di dalam tanah (Salam dkk., 1998a; 1997; Suryanto dan Susetyo, 1997; Ma dkk., 1995; 1994; 1993; Ruby dkk., 1994; Rabinowitz, 1993). Pemanfaatan kapur dan kompos daun singkong telah diperlihatkan dapat secara drastis menurunkan kelarutan dan ketersediaan logam berat di dalam tanah (Salam dkk., 1998a). Dalam penelitiannya baru-baru ini, Salam dkk. (1998b) memperlihatkan bahwa tanah dengan daya jerap tinggi mampu menetralkan pengaruh negatif logam berat asal larutan baku dengan penambahan kapur

dan/atau kompos daun singkong. Pemanfaatan bahan lain seperti fosfat juga telah diperlihatkan dapat menurunkan kelarutan logam berat tertentu khususnya Pb di dalam tanah (Ma dkk., 1995; 1994; 1993; Ruby dkk., 1994; Rabinowitz, 1993). Namun demikian, pengaruh berbagai perlakuan ini terhadap gerakan logam berat di dalam tubuh tanah belum banyak diteliti, khususnya untuk tanah tropika (Salam dkk., 1998c).

Beberapa laporan menunjukkan bahwa penggunaan kapur berpengaruh positif dalam menurunkan gerakan logam berat di dalam kolom tanah (Salam dkk., 1998c; Fahad, 1987). Salam dkk. (1998c) menunjukkan bahwa kapur dapat menurunkan laju translokasi logam berat di dalam kolom tanah. Peningkatan pH akibat perlakuan kapur

¹Seluruhnya staf pengajar Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145; email salam@maiser.unila.ac.id
J. Tanah Trop. 7:43-50

meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah: sehingga secara tidak langsung meningkatkan penjerapan kation logam berat dan menekan gerakan logam berat di dalam tubuh tanah (Tyler dan McBride, 1982; Helling dkk., 1964). Welch dan Lund (1989) juga memperlihatkan bahwa jarak vertikal translokasi Zn di dalam tanah berbanding terbalik dengan pH tanah. Namun demikian, data pengaruh bahan organik dan interaksinya dengan kapur dan bahan lain tidak tersedia dalam kepustakaan saat ini.

Karena logam berat dapat berbahaya bila memasuki air bawah tanah, khususnya yang digunakan sebagai air minum dan air irigasi, maka gerakan logam berat di dalam tubuh tanah harus ditekan agar hanya sebagian kecil saja dari logam berat kontaminan yang dapat memasuki air bawah tanah dan memasuki jaring makanan. Dengan demikian, teknik untuk menurunkan laju translokasi logam berat di dalam tanah dengan menggunakan bahan tertentu seperti telah disebutkan di atas perlu dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan ketersediaan logam berat asal limbah di sepanjang kolom tanah akibat pencucian tanah yang diperlakukan dengan kapur dan/atau kompos daun singkong.

BAHAN DAN METODE

Contoh tanah diambil dari 2 lokasi (kedalaman 0-20 cm) di Propinsi Lampung, yaitu Tanjungan (Lampung Selatan) dan Banjaragung (Lampung Tengah). Kedua lokasi tersebut mewakili 2 order tanah, masing-masing Ultisols dan Alfisols. Setelah dikeringudarkan, seluruh contoh tanah diayak tembus diameter 2 mm dan diaduk rata. Beberapa sifat kimia dan fisika kedua jenis tanah tersebut disajikan pada Tabel 1.

Percobaan dilakukan dengan menggunakan kedua jenis tanah di atas dengan contoh tanah sebanyak 200 g (setara berat kering oven 105 °C) sebagai satuan percobaan. Percobaan disusun secara faktorial dengan 3 ulangan. Kapur CaCO₃ diberikan dalam 2 takaran, masing-masing: 0 dan 5 ton ha⁻¹. Kompos daun singkong juga diberikan dalam 2

takaran, masing-masing: 0 dan 10 ton ha⁻¹. Selain perlakuan kontrol (tanpa penambahan limbah), dilakukan juga percobaan dengan penambahan Limbah Model dan Limbah Industri. Limbah Model adalah campuran sederhana dari larutan baku logam berat yang diteliti dengan konsentrasi 50 ppm untuk Cu, Zn, dan Pb dan 25 ppm untuk Cd. Limbah Industri yang digunakan adalah limbah industri sendok logam dari PT *Star Metal Ware Industry* Jakarta, yang berdasarkan hasil evaluasi awal ditemukan mengandung Cu dalam konsentrasi relatif tinggi (Salam, 1996). Limbah Model diberikan dengan takaran untuk meningkatkan kandungan total Cu, Zn, dan Pb di dalam tanah sebesar 10 mg kg⁻¹ dan kandungan Cd 5 mg kg⁻¹. Sedangkan Limbah Industri diberikan dengan takaran 100 ton ha⁻¹.

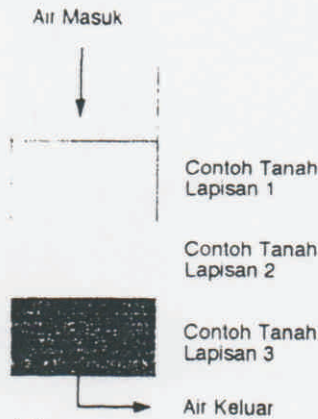
Tabel 1. Beberapa sifat kimia dan fisika Ultisol Tanjungan dan Alfisol Banjaragung.

Sifat Tanah	Ultisol Tanjungan	Alfisol Banjaragung
Tekstur:		
- Pasir (%)	23.6	22.0
- Debu (%)	29.6	21.2
- Liat (%)	46.8	56.8
pH (Air 1:2.5)	6.02	5.13
C-organik (%)	1.44	1.84
N-total (%)	0.12	0.17
Nisbah C/N	12.0	18.2

Setelah dicampur rata sesuai dengan rancangan, setiap satuan percobaan dimasukkan ke dalam bejana dengan beberapa lubang di bawahnya sebagai jalan keluar air bebas (Gambar 1). Setelah dibasahi dengan air suling sampai mencapai kadar air 40%, setiap satuan percobaan diinkubasikan selama 7 hari dan kemudian dicuci dengan takaran air 40 ml setiap dua hari. Air ditambahkan secara bertahap dengan menggunakan pipet dengan volume 5 ml per tahapan. Pencucian dilakukan selama 30 hari.

Pada akhir masa pencucian, kolom tanah di dalam bejana (kurang lebih setinggi 10 cm) dibagi menjadi 3 bagian yang sama untuk mengamati perubahan kelarutan logam berat

dan sifat tanah lain akibat pencucian pada setiap satuan percobaan. Analisis kimia meliputi Cu dan Cd-Larut dengan cara DTPA (Baker dan Amacher, 1982) dan pH tanah dengan elektrode pH.



Gambar 1. Diagram pengambilan contoh tanah dalam kolom tanah setelah pencucian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan pH Tanah

Reaksi (pH) tanah setiap satuan percobaan secara umum tidak mengalami perubahan yang bersifat drastik setelah mengalami proses pencucian dengan air murni selama 30 hari. Hal ini juga terlihat dari tidak adanya perbedaan nilai pH antara lapisan atas, lapisan tengah, dan lapisan bawah setelah proses pencucian (Gambar 2). Dengan melihat bahwa laju pencucian yang diperlakukan cukup deras, yaitu 20% (v/w) setiap 2 hari, amatan ini menunjukkan bahwa pengaruh CaCO_3 berupa peningkatan pH tanah dapat berlangsung cukup lama. Hal ini memiliki arti positif ditinjau dari segi usaha untuk menurunkan kelarutan logam berat dengan menggunakan bahan kapur, sebab menjaga pH pada nilai tinggi akan mengakibatkan daya jerap tanah terhadap logam berat tetap tinggi dan tanah mampu menampung logam berat dalam jumlah tinggi.

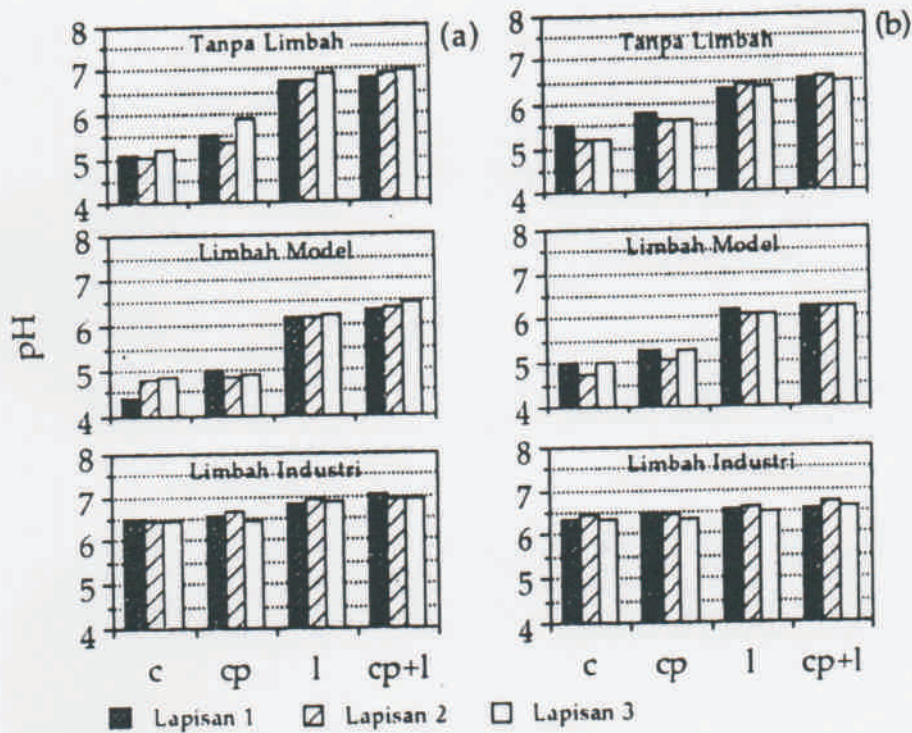
Data juga menunjukkan bahwa, walau pun dengan derajat lebih rendah, pengaruh penambahan kompos daun singkong dalam meningkatkan pH tanah tetap terlihat setelah

proses pencucian berlangsung selama 30 hari (Gambar 2). Amatan ini juga menunjukkan bahwa pengaruh penambahan kompos daun singkong dapat bertahan lama dalam mempengaruhi pH tanah, dan karenanya dalam mempengaruhi kelarutan logam berat di dalam tanah.

Perubahan Kelarutan Cu dan Cd

Perubahan kelarutan Cu dan Cd di dalam tanah masing-masing diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Secara umum kelarutan kedua logam berat tersebut di dalam tanah Tanjungan meningkat untuk semua perlakuan setelah pencucian selama 30 hari. Pengenceran larutan tanah akibat pencucian selama waktu inkubasi diduga telah membebaskan sebagian logam berat yang terjerap dan/atau menggeser sebagian logam berat ke kompleks jerapan dengan energi ikatan yang lebih rendah. Hal ini terjadi sesuai dengan prinsip aksi massa. Akibatnya, kelarutan logam berat di dalam tanah ini meningkat. Infiltrasi air yang sangat lambat di tanah ini mengakibatkan reaksi di atas berjalan lebih cepat, sebab rentang waktu saat larutan tanah dalam keadaan lebih encer berlangsung lebih lama.

Namun demikian, pola penurunan kelarutan logam berat ini akibat penambahan kompos daun singkong dan/atau kapur dalam tanah Tanjungan masih teramati, terutama untuk Cu. Lebih rendahnya kelarutan Cd pada perlakuan kontrol yang diperlakukan dengan Limbah Model (Gambar 3) dapat pula merupakan akibat pencucian Cd yang lebih intensif pada perlakuan ini mengingat Cd dalam perlakuan ini, yang berada dalam keadaan larut atau terikat secara lemah, lebih tinggi daripada dalam perlakuan lain. Sayangnya, hal ini sulit dibuktikan tanpa analisis air bebas yang melewati kolom tanah. Analisis air bebas itu sendiri relatif sulit, sebab penetapan konsentrasi logam berat di dalam larutan encer seperti ini memerlukan peralatan khusus. Namun demikian, analisis tanah ternyata tidak memperlihatkan adanya perbedaan kelarutan logam berat tersebut



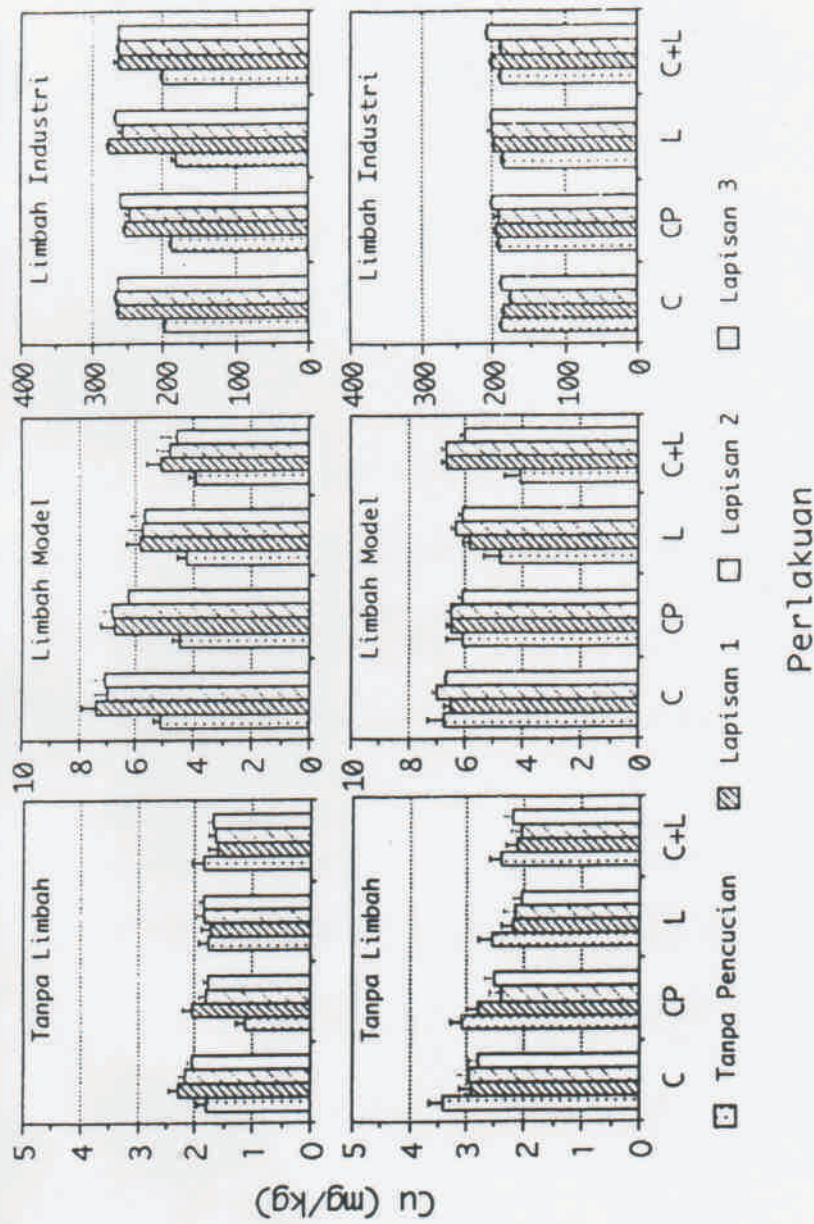
Gambar 2. Perubahan pH dalam kolom tanah setelah 30 hari pencucian (a = tanah Tanjungan dan b = tanah Banjaragung; c = kontrol, cp = kompos, dan l = kapur).

antara lapisan tanah, menunjukkan bahwa penumpukan logam berat di lapisan bawah tidak terjadi. Amatan ini dapat menunjukkan tidak terjadinya pencucian logam berat atau sebaliknya pencucian terjadi seragam di seluruh lapisan tanah. Kemungkinan kedua dapat terjadi karena contoh tanah pada setiap lapisan di dalam kolom tanah memiliki sifat yang sama.

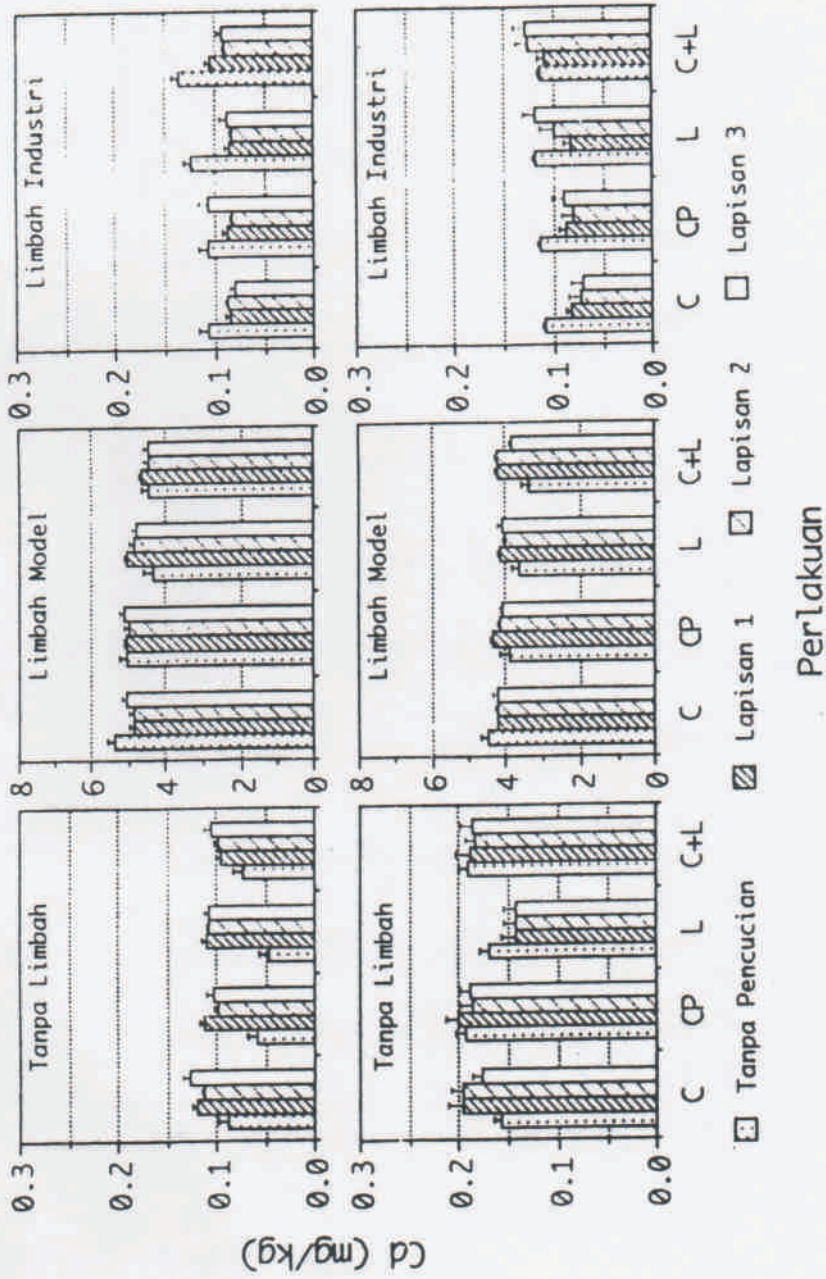
Data di atas menunjukkan dengan jelas bahwa penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong dapat menurunkan kelarutan logam berat di dalam tanah Tanjungan. Pengaruhnya yang masih teramati pada kolom tanah yang telah dicuci selama 30 hari membuktikan bahwa tanah dengan perlakuan

ini dapat mengimobilisasi logam berat di dalam tanah dengan rentang waktu panjang.

Perubahan kelarutan Cu dan Cd di dalam tanah Banjaragung masing-masing juga diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Kelarutan Cu dan Cd pada perlakuan Limbah Model secara umum meningkat karena terjadinya pergeseran sebagian logam berat ke bentuk ikatan lebih lemah akibat pengenceran yang terjadi karena pencucian. Dengan membandingkan kelarutan logam berat pada satuan yang tidak dicuci dan yang dicuci, terlihat jelas bahwa umumnya tidak terjadi proses pencucian logam berat dalam jumlah cukup berarti dari kolom tanah selama 30 hari pencucian. Hal ini didukung oleh kenyataan



Gambar 3. Perubahan kelarutan Cu dalam kolom tanah setelah 30 hari pencucian (atas = tanah Tanjungan dan bawah = tanah Banjaragung, C = kontrol, CP = kompos, dan L = kapur).



Gambar 4. Perubahan kelarutan Cd dalam kolom tanah setelah 30 hari pencucian (atas = tanah Tanjungan dan bawah = tanah Banjaragung; C = kontrol, CP = kompos, dan L = kapur).

bahwa kelarutan logam berat di ketiga lapisan tanah tidak berbeda jauh.

Pergeseran logam berat Cu dan Cd ke ikatan berenergi lebih rendah terlihat lebih jelas pada satuan percobaan dengan Limbah Model yang mendapatkan perlakuan kompos daun singkong, tampak dari peningkatan kelarutan logam berat tersebut setelah 30 hari pencucian menjadi setingkat dengan perlakuan kontrol. Amatan ini sesuai dengan hasil pengamatan pada satuan yang sama dalam percobaan tanpa pencucian (Salam dkk., 1998c), yang menunjukkan bahwa penambahan kompos daun singkong dengan takaran tinggi tidak cukup baik untuk menurunkan kelarutan logam berat sebab kelarutan yang tinggi dapat mengakibatkan kemungkinan pencucian atau ketersediaan yang tinggi terhadap tanaman. Sebaliknya, pengapuran terlihat lebih efektif dalam menurunkan kelarutan logam berat ini, terbukti dari lebih rendahnya kelarutan logam berat pada satuan yang diperlakukan dengan kapur. Kesimpulan ini juga didukung oleh amatan pada satuan percobaan tanpa perlakuan limbah (kontrol); kelarutan Cu dan Cd pada satuan yang diperlakukan dengan kapur lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Pengaruh kapur dan/ atau kompos daun singkong tidak terlihat pada perlakuan Limbah Industri, diakibatkan oleh perbedaan pH yang tidak terlalu besar antara perlakuan (Gambar 3 dan 4).

SIMPULAN

Pencucian selama 30 hari tidak mempengaruhi nilai pH seluruh satuan percobaan. Kelarutan seluruh logam berat di tanah Tanjungan meningkat setelah 30 hari pencucian, namun pengaruh pengapuran dan/ atau kompos daun singkong dalam menurunkan kelarutan Cu tetap teramati. Pengaruh penambahan kapur dan/ atau kompos daun singkong dalam menurunkan kelarutan Cu dan Cd juga teramati di tanah Banjaragung setelah pencucian selama 30 hari. Secara

umum, translokasi Cd dan Cu di dalam kolom tanah relatif rendah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dirjen Dikti) melalui Program Hibah Bersaing (HB IV/2) Tahun Anggaran 1996/1997. Limbah industri diperoleh melalui Kantor Pengkajian Perkotaan dan Lingkungan (KP2L) Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta. Atas dukungan tersebut diucapkan terimakasih sebesarnya. Kepada Dr. Nanik Sriyani (Jurusan Budidaya Pertanian Universitas Lampung), yang telah sangat membantu pengadaan limbah industri untuk penelitian ini, juga disampaikan terimakasih. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Alia Septiana, S.P. dan Sinawung, S.P. (saat ini bekerja di Bank Danamon Lampung) dan Helmi D. Putera, S.P., yang telah turut membantu penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Fahad, A. A. 1987. Movement of manganese-54 in calcareous soils as affected by leaching solution, lime content, salinization, and sterilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51:1487-1492.
- 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.
- Ma, Q.Y., S.J. Traina, dan T.J. Logan. 1993. *In situ* lead immobilization by apatite. *Environ. Sci. Technol.*, 27:1803-1810.
- Ma, Q.Y., S.J. Traina, T.J. Logan, dan J.A. Ryan. 1994. Effects of aqueous Al, Cd, Cu, Fe(II), Ni, and Zn on Pb immobilization by hydroxyapatite. *Environ. Sci. Technol.*, 28:1219-1228.
- Ma, Q. Y., T. J. Logan, dan S. J. Traina. 1995. Lead immobilization from aqueous solutions and contaminated soils using phosphate rocks. *Environ. Sci. Technol.* 29:1118-1126.
- Rabinowitz, M.B. 1993. Modifying soil lead bioavailability by phosphate addition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 51:438-444.

Salam, A.K. dkk.

- Ruby, M.V., A. Davis, dan A. Nicholson. 1994. *In situ* formation of lead phosphates in soils as a method to immobilize lead. *Environ. Sci. Technol.*, 28:646-654.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, J.T. Harahap, dan Suwanto. 1996. Imobilisasi logam berat asal limbah industri di dalam tanah tropika: 1. Sifat kimia limbah industri. *J. Ilmiah Ilmu Pert.*, 4(1):61-67.
- Salam, A.K., C. Marintias, Rusdianto, Sunarto, S. Djuniwati, H. Novpriansyah, dan J.T. Harahap. 1997. Perubahan fraksi labil tembaga asal limbah industri dalam beberapa jenis tanah tropika akibat perlakuan kapur dan kompos daun singkong. *J. Tanah Trop.*, 5:11-20.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, dan Sarno. 1998a. Lowering heavy metal solubilities in tropical soils by lime and cassava-leaf compost additions. *Proc. Environ. Tech. Manag. Seminar 1997. (Dalam Percetakan)*.
- Salam, A. K., S. Djuniwati, Sarno, N. Sriyani, dan H. Novpriansyah. 1998b. Manipulasi sifat kimia tanah untuk mengurangi dampak negatif logam berat asal limbah industri terhadap tanah, air, dan tanaman. Laporan Penelitian HB IV/3. Fakultas Pertanian Univ. Lampung, Bandar Lampung.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, dan Sinawung. 1998c. Translocation of heavy metals in columns of a tropical soil treated with lime and zeolite. *J. Teknik Lingk.*, 4(1):1-7.
- Suryanto dan W. Susetyo. 1997. Perlakuan bahan organik dan tanah mineral pada bahan tailing terhadap ketersediaan unsur hara makro dan unsur logam mikro. *J. Ilmu Tanah dan Lingk.*, 1:41-45.
- Tyler, L.D. dan M.B. McBride. 1982. Mobility and extractability of cadmium, copper, nickel, and zinc in organic and mineral soil columns. *Soil Sci.*, 134:198-205.
- Welch, J.E. dan L.J. Lund. 1989. Zinc movement in sewage-sludge-treated soils as influenced by soil properties, irrigation water quality, and soil moisture level. *Soil Sci.*, 147:208-214.