

## Studi penyerapan Cu dan Zn oleh tanaman bayam (*Amaranthus tricolor* L.) dan jagung (*Zea mays* L.) dari tanah Alfisol Banjar Agung Lampung yang diperlakukan dengan limbah industri berlogam berat

Abdul Kadir Salam, Sarno, Nayu Kulsum, Eka Setyaningsih

Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145

### Abstrak

Penumpukan logam berat di dalam jaringan tubuh hewan dan manusia telah diketahui berbahaya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peranan kapur dan/atau kompos daun singkong dalam menurunkan serapan Cu dan Zn oleh tanaman. Contoh tanah (Alfisol) diperlakukan dengan larutan baku pada takaran 0, 10 dan 40 mg kg<sup>-1</sup> atau limbah industri sendok logam pada takaran 20 dan 80 ton ha<sup>-1</sup>. Sistem campuran ditanami bayam atau jagung di dalam rumah kaca setelah diinkubasi pada kadar air 40% selama 1 minggu. Setalah 4 minggu, penumpukan Cu dan Zn di dalam jaringan akar dan tajuk tanaman dianalisis dengan graphite furnace AAS. Konsentrasi Cu asal larutan baku di dalam jaringan tajuk tanaman bayam lebih tinggi daripada di dalam jaringan tajuk tanaman jagung dan menurun dengan penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong. Penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong juga menurunkan konsentrasi Zn di dalam jaringan tajuk tanaman bayam pada penambahan Zn tingkat tinggi, tetapi meningkatkan konsentrasi Zn pada penambahan Zn tingkat rendah. Sebaliknya, kapur meningkatkan dan kompos daun singkong menurunkan konsentrasi Zn di dalam jaringan tajuk tanaman bayam yang ditanam di tanah yang diperlakukan dengan limbah industri. Pengaruh kapur dan/atau kompos daun singkong terhadap konsentrasi Cu dan Zn di dalam jaringan tajuk tanaman jagung tidak memperlihatkan pola yang jelas.

**Kata Kunci:** Seng, tembaga, bayam, jagung, limbah industri.

### Abstract

**A Study on Cu and Zn absorption by amaranth and corn plants from Alfisol soil of Banjar Agung Lampung treated with heavy-metal-containing industrial waste:**  
Heavy metal accumulation is known to be detrimental to animal and human health. This research was to investigate role of lime and/or cassava-leaf compost in lowering Cu and Zn absorption by crop plants. Soil sample (Alfisol) was thoroughly treated with Cu and Zn standard solution at 0, 10, and 40 mg kg<sup>-1</sup> or metal-spoon industrial waste at 20 and 80 ton ha<sup>-1</sup> and factorially treated with lime at 0-5 ton CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup> and cassava-leaf compost at 20 and 80 ton ha<sup>-1</sup>. After a 1 week incubation at 40% moisture content, soil mixtures were cultured to amaranth or corn for 4 weeks in a glasshouse, after which Cu and Zn

accumulation in plant roots and shoots was analyzed by graphite furnace AAS. Copper concentration of standard solution or industrial waste origin in amaranth was higher than that in corn shoot and decreased with liming and/or cassava-leaf compost addition. Liming and/or cassava-leaf compost also decreased the Zn concentration in amaranth shoots at high level standard Zn addition but increased the Zn concentration at low level standard Zn addition. Conversely, liming increased and cassava-leaf compost decreased the Zn concentration in amaranth shoot cultured in waste treated soil. Effect of lime and cassava-leaf-compost on Cu and Zn concentrations in corn shoots showed that no clear pattern.

**Keywords:** Coper, Zinc, amaranth, corn, industrial waste

## Pendahuluan

Telah dilaporkan oleh beberapa peneliti bahwa limbah industri mengandung berbagai jenis unsur hara (Salam et al., 1996; Kiekens, 1990; McCalla et al., 1986). Namun demikian, pemanfaatannya untuk memasok unsur hara bagi tanaman pertanian dibatasi oleh beberapa faktor. Salah satu faktor terpenting adalah kenyataan bahwa sebagian limbah industri mengandung sejumlah logam berat (Salam et al., 1996; Yeh et al., 1996; Wang et al., 1992; DPMA, 1983). Walaupun sebenarnya sebagian dari logam berat seperti Cu, Zn, dan Co adalah unsur hara esensial bagi tanaman, namun tingginya konsentrasi logam berat dapat menghambat pertumbuhan tanaman, bahkan dapat membahayakan kesehatan makhluk hidup lainnya bila terakumulasi melalui jaring makanan. Namun dapat dimengerti bahwa bila masalah logam berat ini dapat diatasi maka limbah industri memiliki potensi yang besar sebagai bahan baku pupuk untuk pertanian. Dengan cara ini sebagian masalah lingkungan berkaitan dengan logam berat ini dapat dikurangi.

Beberapa cara telah dikemukakan untuk menurunkan kelarutan logam berat di dalam tanah, di antaranya adalah penggunaan fosfat berupa  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ , hidroksipapatit atau batuan fosfat (Ma et al., 1995; 1994; 1993; Ruby et al., 1994; Rabinowitz, 1993), kapur (Salam et al., 1998; 1997) dan bahan organik (Parfitt et al., 1995; Rodella et al., 1995; Alloway, 1990; McGrath et al., 1988; Helling et al., 1964). Fosfat dapat mengompleks logam berat dan kemudian mengendapkannya sehingga tidak tersedia bagi tanaman. Kapur, karena mampu meningkatkan pH tanah, dapat berakibat baik terhadap sebagian besar tanah tropika yang umumnya mengandung muatan tergantung pH dalam jumlah tinggi. Meningkatnya pH dapat menaikkan jumlah muatan negatif koloid tanah dan penjerapan kation logam berat, sehingga menurunkan ketersediaannya terhadap tanaman. Bahan organik, karena mengandung berbagai gugus fungsional, bila diperlakukan ke dalam tanah dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan menurunkan ketersediaan logam berat terhadap tanaman.

Dalam beberapa penelitian sebelumnya, telah ditemukan bahwa kapur dan/atau kompos daun singkong dengan beberapa pengecualian dapat menurunkan ketersediaan logam berat baik yang berasal dari larutan baku maupun limbah industri (Salam et al., 1998; 1997). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari peranan kapur dan/atau kompos daun singkong dalam menurunkan akumulasi Cu dan Zn asal limbah di dalam jaringan tajuk dan akar tanaman.

### Bahan Dan Metode

Contoh tanah diambil dari lapisan Ap (0-20 cm) tanah Banjaragung Lampung Tengah (Alfisol). Untuk keperluan percobaan, contoh tanah terlebih dahulu dikeringudarkan, dihaluskan (diameter maksimum 2 mm), dan diaduk rata. Kapur yang digunakan adalah serbuk  $\text{CaCO}_3$ . Kompos daun singkong dibuat dari potongan daun singkong, yang telah dikomposkan selama kurang lebih 2 bulan (Nisbah C/N 10). Limbah industri terdiri dari limbah model (larutan baku dengan 50 ppm Cu, Zn, dan Pb dan 25 ppm Cd) dan limbah industri sendok logam yang diperoleh dari Unit Pengolahan Limbah PT Star Metal Ware Industry Jakarta. Limbah industri tersebut memiliki pH 7,30 dan kandungan Cu dan Zn DTPA masing-masing 754 dan 44,5 mg kg<sup>-1</sup>.

Uji rumah kaca dilakukan dengan tanaman uji bayam dan jagung. Untuk setiap tanaman uji, perlakuan disusun secara faktorial dengan 3 kali ulangan dan 3 faktor. Faktor ke-1 ( $\text{CaCO}_3$ ) diperlakukan pada 0 (L-1), 2,5 (L-2), dan

5 ton ha<sup>-1</sup> (L-3); faktor ke-2 (Kompos Daun Singkong) pada 0 (C-1), 5 (C-2), dan 10 ton ha<sup>-1</sup> (C-3); dan faktor ke-3 (Limbah): tanpa limbah (W-1), W-2, W-3, W-4, dan W-5. W-2 adalah larutan baku untuk meningkatkan kandungan Cu, Zn, dan Pb 10 mg kg<sup>-1</sup> dan Cd 5 mg kg<sup>-1</sup> dan W-3 adalah larutan baku dengan konsentrasi 4 kali W-2. W-4 adalah limbah industri 20 ton ha<sup>-1</sup> dan W-5 80 ton ha<sup>-1</sup>

Sebanyak 400 g contoh tanah (setara berat kering oven 105°C) digunakan sebagai satuan percobaan. Contoh tanah diaduk rata dengan seluruh bahan perlakuan, kemudian diinkubasi pada KA 40%. Setelah 1 minggu, sistem tanah ditanami bibit bayam (disiapkan sebelumnya secara terpisah) atau benih jagung dan ditempatkan di dalam rumah kaca. Brangkasen tajuk dan akar tanaman dipanen setelah tanaman berumur 4 minggu. Konsentrasi Cu dan Zn di dalam jaringan tanaman ditentukan dengan *graphite furnace AAS* setelah pengabuan.

### Hasil dan Pembahasan

Perubahan serapan Cu dan Zn oleh tanaman bayam dan jagung akibat perlakuan kapur dan/atau kompos daun singkong masing-masing diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gambar 2, sedangkan perubahan ketersediaannya di dalam tanah diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4, masing-masing untuk Cu dan Zn.

Tanaman bayam terlihat secara jelas menyerap Cu dan Zn lebih tinggi daripada tanaman jagung (Gambar 1 dan Gambar 2). Serapan ini umumnya tidak berkorelasi dengan ketersediaan masing-

masing unsur tersebut di dalam tanah. Gambar 3 dan 4 memperlihatkan bahwa ketersediaan kedua unsur tersebut di perakaran tanaman bayam dan jagung tidak berbeda. Misalnya, pada perlakuan W-5 (limbah industri 80 ton ha<sup>-1</sup>) tanpa perlakuan kapur dan kompos daun singkong, ketersediaan Cu adalah sekitar 75 mg kg<sup>-1</sup> di perakaran bayam dan sekitar 80 mg kg<sup>-1</sup> di perakaran jagung, namun serapan kedua unsur ini masing-masing adalah sekitar 10 dan 0,5 mg kg<sup>-1</sup>, serapan oleh tanaman jagung lebih rendah daripada oleh tanaman bayam. Fenomena ini sesuai dengan laporan bahwa bayam termasuk bioakumulator logam berat (Kabata-Pendias dan Pendias, 1992).

Penambahan limbah model maupun limbah industri secara umum meningkatkan serapan Cu dan Zn oleh tanaman bayam (Gambar 1 dan Gambar 2), namun terlihat bahwa serapan kedua unsur tersebut lebih tinggi dari larutan baku daripada dari limbah industri, menunjukkan bahwa kehadiran koloid limbah industri mampu bersaing dengan akar tanaman dalam menyerap kedua unsur tersebut. Lebih tingginya pH tanah yang diperlakukan dengan limbah industri daripada yang diperlakukan dengan limbah model juga menyebabkan terjadinya fenomena ini, sebab pH tanah yang tinggi akan menyebabkan jerapan Cu dan Zn oleh koloid tanah lebih kuat. Perilaku seperti ini diduga merupakan penyebab lebih buruknya pertumbuhan tanaman bayam di tanah yang diperlakukan limbah

model, khususnya pada takaran 40 mg kg<sup>-1</sup> (Salam et al., 1999). Walaupun dengan perlakuan yang sama, Gambar 1 dan 2 menunjukkan dengan jelas bahwa pola seperti ini tidak terlihat pada serapan untuk tanaman jagung.

Walaupun pengaruh kapur terhadap ketersediaan Cu di dalam tanah tidak terlihat jelas (Gambar 3 dan Gambar 4), bahan ini secara tajam menurunkan akumulasi Cu di dalam jaringan tajuk tanaman (Gambar 1 dan Gambar 2). Fenomena ini diduga berkaitan dengan meningkatnya energi ikatan Cu asal limbah model atau limbah industri oleh koloid tanah dengan meningkatnya pH tanah akibat pengapuran. Proses ini dengan sendirinya mengakibatkan menurunnya serapan Cu oleh tanaman bayam dengan pengapuran.

Seng menunjukkan pola perubahan yang berbeda dengan Cu (Gambar 1 dan Gambar 2). Kapur menurunkan serapan Zn hanya pada perlakuan limbah model takaran tinggi. Pada perlakuan limbah model takaran rendah dan perlakuan limbah industri, kapur justru meningkatkan serapan Zn. Fenomena ini mungkin diakibatkan oleh melemahnya ikatan ion Zn<sup>2+</sup> dengan koloid tanah sebagai akibat persaingan, misalnya dengan ion Cu<sup>2+</sup> yang ikatannya semakin kuat dengan meningkatnya pH tanah atau ion Ca<sup>2+</sup> yang konsentrasi meningkat dengan pengapuran.

Tabel 1. Perubahan akumulasi Cu dan Zn dalam jaringan akar tanaman bayam dan jagung akibat perlakuan tanah Banjar Agung dengan limbah, kapur, dan kompos daun singkong.

Kapur ( $\text{CaCO}_3$ )	Kompos	Limbah*	Cu	Zn
$\text{mg kg}^{-1}$				
<i>Tanaman Bayam</i>				
L-1	C-1	W-1	4.13	6.41
		W-2	0.00	18.0
		W-3	18.8	148
		W-4	4.13	9.03
		W-5	18.8	8.38
L-1	C-3	W-3	30.5	447
		W-5	0.05	6.64
L-3	C-1	W-3	11.6	20.3
		W-5	1.62	11.0
L-3	C-3	W-3	9.98	14.6
		W-5	0.11	9.43
<i>Tanaman Jagung</i>				
L-1	C-1	W-1	23.6	16.0
		W-2	33.0	18.0
		W-3	23.8	18.6
		W-4	50.0	17.3
		W-5	55.3	18.2
L-1	C-3	W-3	49.6	16.9
		W-5	66.2	17.1
L-3	C-1	W-3	39.9	20.8
		W-5	65.2	19.9
L-3	C-3	W-3	21.4	25.2
		W-5	73.8	18.9

Kompos daun singkong secara umum menurunkan serapan Cu dan Zn oleh tanaman bayam (Gambar 1 dan Gambar 2). Walaupun tidak berkaitan dengan perubahan ketersediaan kedua unsur ini di dalam tanah, terlihat bahwa kehadiran kompos daun singkong mengakibatkan ikatan Cu dan Zn dengan koloid tanah lebih kuat sehingga lebih sulit diserap

oleh akar tanaman. Fenomena ini, seperti juga pola pengaruh kapur terhadap serapan Cu dan Zn, tidak terlihat pada jagung (Gambar 3 dan Gambar 4). Pola perubahan tersebut juga ditunjukkan oleh akumulasi Cu dan Zn di dalam akar tanaman (Tabel 1), khususnya untuk Cu yang menunjukkan korelasi tinggi dengan akumulasinya di dalam tajuk ( $r=0,721$ ).

## Kesimpulan

Konsentrasi Cu asal larutan baku maupun limbah industri di dalam jaringan tajuk tanaman bayam lebih tinggi daripada dalam tanaman jagung dan menurun dengan penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong. Kapur dan/atau kompos daun singkong juga menurunkan konsentrasi Zn dalam jaringan tajuk tanaman bayam pada penambahan Zn tingkat tinggi tetapi meningkatkan konsentrasi Zn pada tingkat penambahan Zn rendah. Sebaliknya, penambahan kapur meningkatkan dan kompos daun singkong menurunkan konsentrasi Zn asal limbah industri dalam jaringan tajuk tanaman bayam. Pengaruh kapur dan kompos daun singkong terhadap konsentrasi Cu dan Zn dalam jaringan tajuk tanaman jagung tidak menunjukkan pola yang jelas.

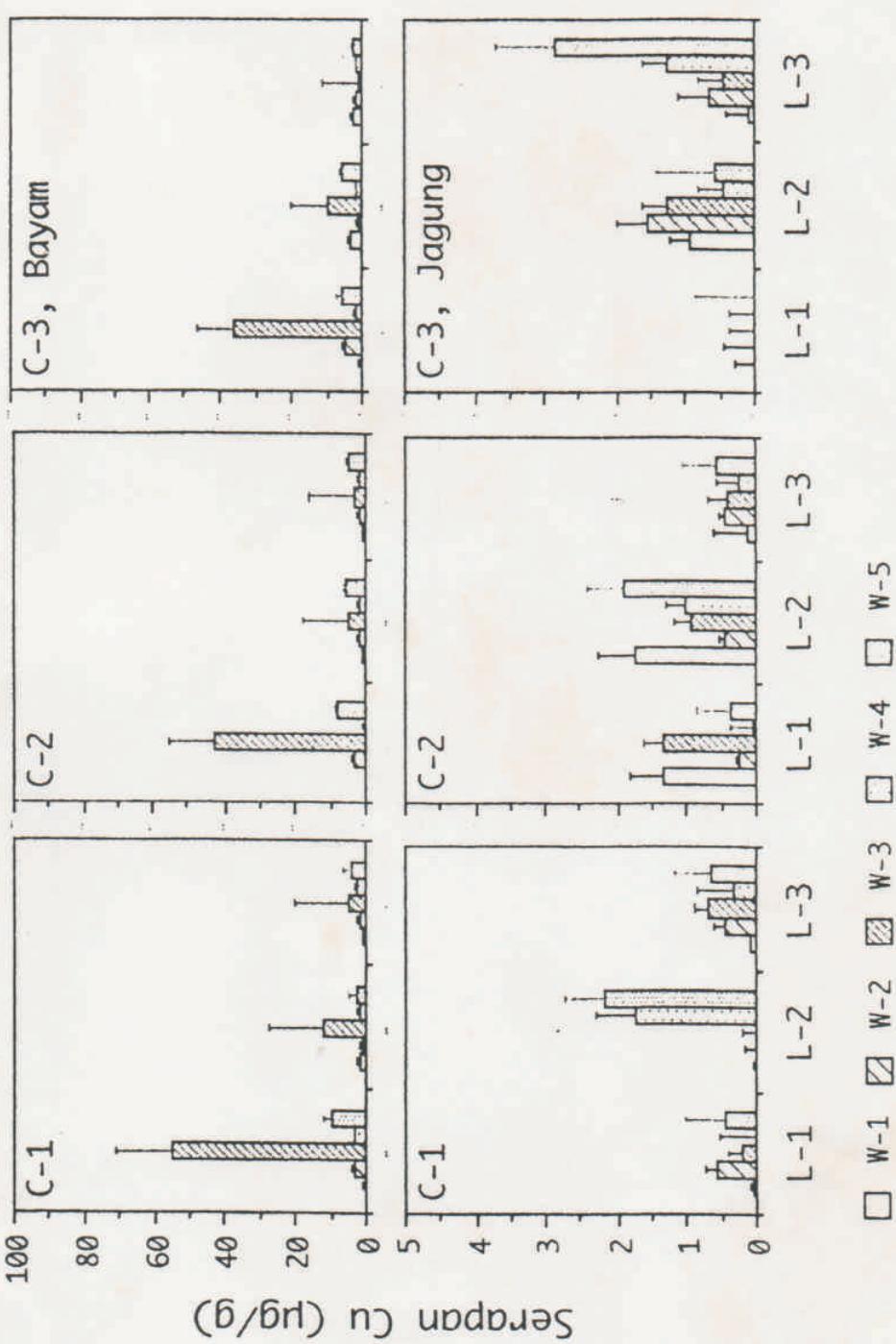
## Ucapan Terimakasih

Penelitian ini sepenuhnya didanai oleh Ditbinlitabmas Ditjen Diktif Depdikbud Republik Indonesia melalui Program Hibah Bersaing (HB IV/3 TA 1997/1998). Atas dukungan tersebut diucapkan terimakasih sebesarnya. Terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Drs. J.T. Harahap (KP2L DKI Jakarta) yang telah membantu pengadaan limbah industri untuk penelitian ini.

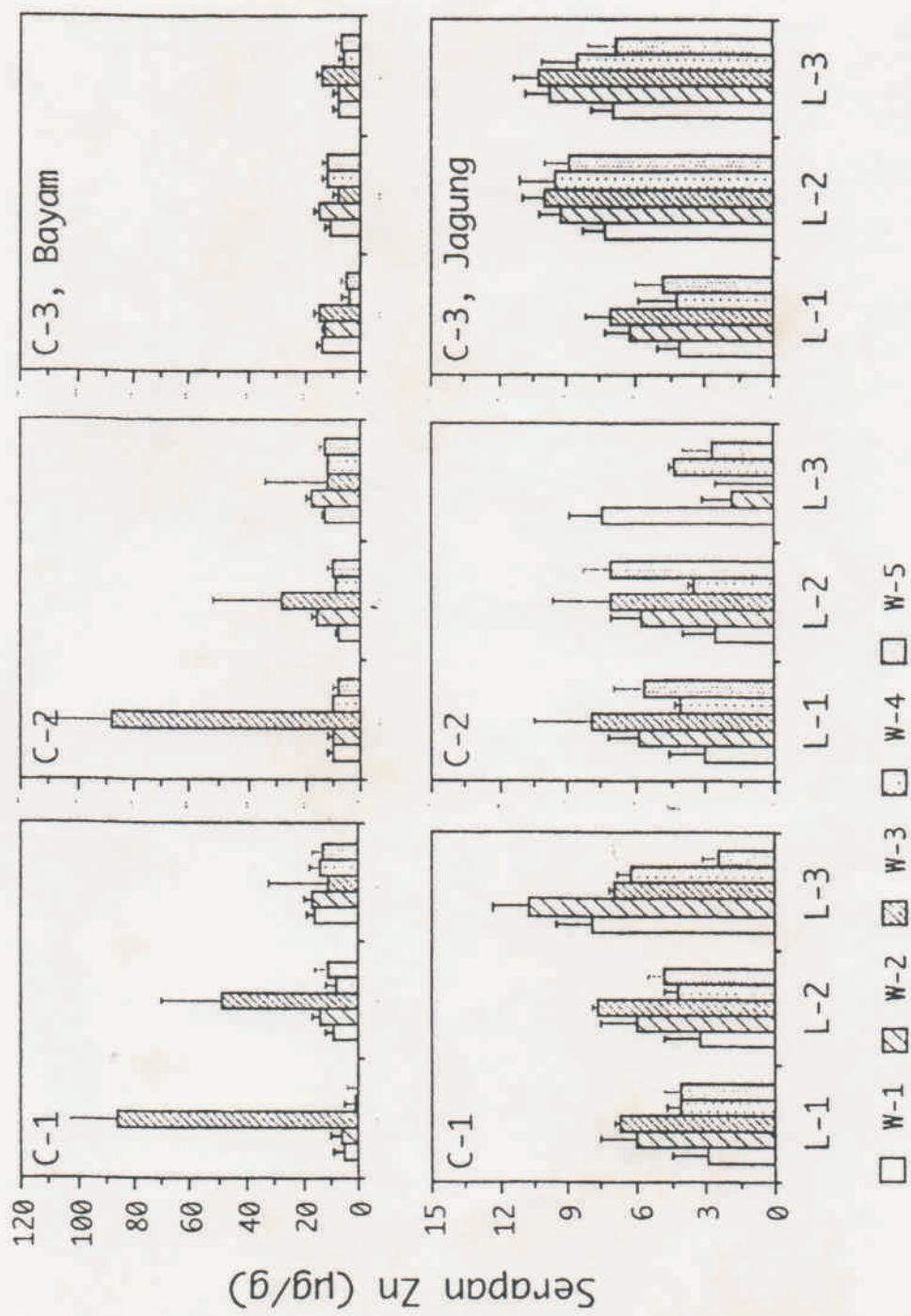
## Daftar Pustaka

- Alloway, B.J. 1990. Soil processes and the behavior of metals. Hlm 7-28. *Dalam B.J. Alloway (ed.) Heavy Metals in Soils*. Blackie, London.
- Direktorat Penyelidikan Masalah Air (DPMA). 1983. Pengendalian pencemaran logam berat Daerah Jabotabek dan Teluk Jakarta. Direktorat Jenderal Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Helling, C.S., C. Chester, dan R.B. Corey. 1964. Contribution of organic matter and clay to soil cation exchange capacity as affected by the pH saturating solution. *Soil Sci. Soc Am Proc.*, 28:517-520
- Kabata-Pendias, A dan H. Pendias. 1992. Trace Elements in Soils and Plants. Ed. ke-2. CRC Press, London.
- Kiekens, L. 1990. Zinc. Hlm.261-279. *Dalam B.J. Alloway (ed.) Heavy Metals in Soils*. Blackie, London.
- 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(III), Ni, and Zn on Pb immobilization by hidroxyapatite. *Environ. Sci. Technol.*, 28:1219-1228.
- Ma, Q.Y., T.J. Logan, dan S.J. Traina. 1995. Lead immobilization from aqueous solution and contaminated soils using phosphate rocks. *Environ. Sci. Technol.*, 29:1118-1126.
- McCalla, T.M., J.R. Petterson, dan C. Lue Hing. 1986. Properties of agricultural and municipal wastes. Hlm. 11-43. *Dalam L.F. Elliott dan F.J. Stevenson (ed.). Soils for Management of Organic Wastes and Waste Waters*. SSSA, Inc., Madison.

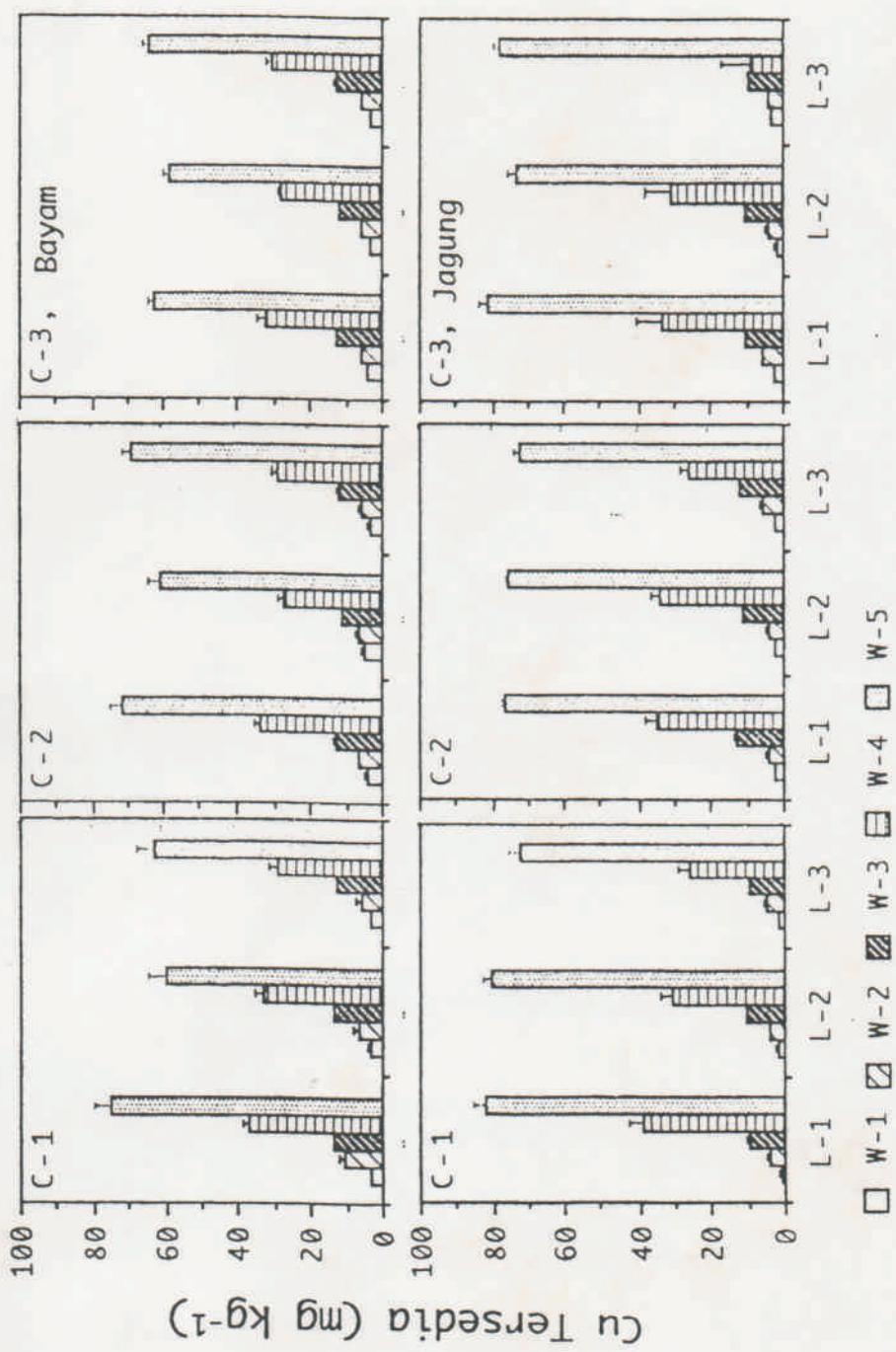
- McGrath, S.P., J.R. Sanders, dan M.H. Shalaby. 1988. The effects of soil organic matter levels on soil solution concentrations and extractabilities of manganese, zinc, and copper. *Geoderma*, 42:177-188.
- Parfitt, R.L., D.J. Giltrap, dan J.S. Whitton. 1995. Contribution of organic matter and clay minerals to the cation exchange capacity of soils. *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.*, 26:1343-1355.
- Rabinowitz, M.B. 1993. Modifying soil lead bioavailability by phosphate addition. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 51:438-444.
- 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.
- Ruby, M.V., A. Davis, dan A. Nicholson. 1994. *In situ* formation of lead phosphates in soils as a method to immobilize lead. *Environ. Science. Technol.*, 28:646-654.
- 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 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., C. Marintias, S. Djuniwati, dan J.T. Harahap. 1997. Perubahan fraksi labil seng asal limbah industri dalam beberapa jenis tanah tropika akibat perlakuan kapur dan kompos daun singkong. *J. Tanah Trop.*, 6:51-58.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, Sarno, N. Sriyani, dan H. Novpriansyah. 1999. Manipulasi Beberapa Sifat Kimia untuk Mengurangi Dampak Negatif Logam Berat Asal Limbah Industri terhadap Tanah, Air, dan Tanaman. Laporan Penelitian Hibah Bersaing IV/4. Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Wang, J.D., C.S. Jang, Y.H. Hwang, dan Z.S. Chen. 1982. Lead contamination around a kindergarten near a battery recycling plant. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 49:23-30.
- Yeh, C.-Y., H.-Y. Chiou, R.-Y. Chen, K.-H. Yeh, W.-L. Jeng, dan B.-C. Han. 1996. Monitoring lead pollution near a storage battery recycling plant in Taiwan Republic of China. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 30:227-234.



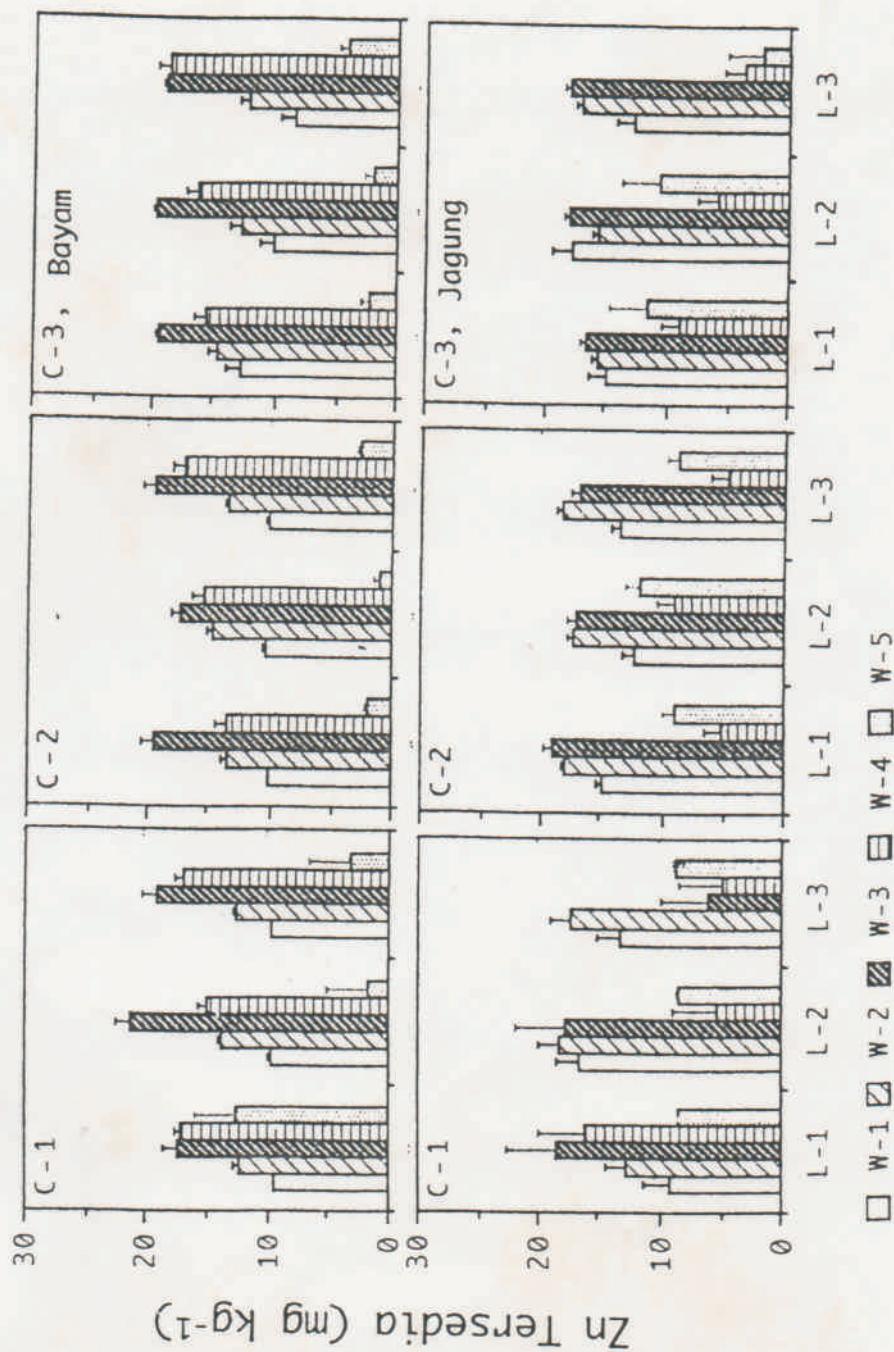
Gambar 1. Perubahan serapan Cu oleh tanaman bayam dan jagung dari tanah yang diperlakukan dengan limbah industri, kapur dan kompos daun singkong (Kapur  $L^{-1} = 0$ ,  $L^{-2} = 2.5$ , dan  $L^{-3} = 5$  ton  $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ; kompos  $C^{-1} = 0$ ,  $C^{-2} = 5$ , dan  $C^{-3} = 10$  ton  $\text{ha}^{-1}$ ; limbah industri  $W^{-1} = \text{Kontrol}$ ,  $W^{-2} = \text{Limbah Model 1}$ ,  $W^{-3} = \text{Limbah Model 2}$ ,  $W^{-4} = \text{Limbah Industri 1}$ , dan  $W^{-5} = \text{Limbah Industri 2}$ ).



Gambar 2. Perubahan serapan Zn oleh tanaman bayam dan jagung dari tanah yang diperlakukan dengan limbah industri, kapur dan kompos daun singkong (Kapur  $L-1 = 0$ ,  $L-2 = 2.5$ , dan  $L-3 = 5$  ton  $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ ; kompos  $C-1 = 0$ ,  $C-2 = 5$ , dan  $C-3 = 10$  ton  $\text{ha}^{-1}$ ; limbah industri  $W-1$  = Kontrol,  $W-2$  = Limbah Model 1,  $W-3$  = Limbah Model 2,  $W-4$  = Limbah Industri 1, dan  $W-5$  = Limbah Industri 2).



Gambar 3. Perubahan Cu-tersedia di dalam tanah Banjaragung dengan perlakuan limbah industri, kapur dan kompos daun singkong ditanami bayam (Kapur L-1 = 0, L-2 = 2.5, dan L-3 = 5 ton CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; kompos C-1 = 0, C-2 = 5, dan C-3 = 10 ton ha<sup>-1</sup>; limbah industri W-1 = Kontrol, W-2 = Limbah Model 1, W-3 = Limbah Model 2, W-4 = Limbah Industri 1, dan W-5 = Limbah Industri 2).



Gambar 4. Perubahan Zn-tersedia di dalam tanah Banjaragung dengan perlakuan limbah industri, kapur dan kompos daun singkong ditanami bayam (Kapur L-1 = 0, L-2 = 2.5, dan L-3 = 5 ton CaCO<sub>3</sub> ha<sup>-1</sup>; kompos C-1 = 0, C-2 = 5, dan C-3 = 10 ton ha<sup>-1</sup>; limbah industri W-1 = Kontrol, W-2 = Limbah Model 1, W-3 = Limbah Model 2, W-4 = Limbah Industri 1, dan W-5 = Limbah Industri 2).