

PERTUMBUHAN LAPANG TANAMAN BAYAM (*Amaranthus tricolor* L.) DI TANAH TERPOLUSI OLEH LOGAM BERAT ASAL LIMBAH INDUSTRI

Abdul Kadir Salam, Nanik Sriyani, Sri Djuniwati, dan Didin Wiharso

ABSTRACT

Growth of amaranth under field conditions in soils polluted with Cu- and Zn-containing industrial waste was evaluated in 1998 in Sidosari, Natar, South Lampung, and in Sri Bawono, Central Lampung. Soils were factorially treated to 0-to-15-cm depth with lime (at 0 and 5 ton $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$) and cassava-leaf compost (at 0 and 5 ton ha^{-1}). A metal-spoon industrial waste containing Cu and Zn (at 0, 15, and 60 ton ha^{-1}) was also given to the same depth in the subsequent week. One week after waste treatment, soils were cultured to amaranth for 5 weeks. The available Cu and Zn in soils significantly increased with waste levels, but only at 15 ton waste ha^{-1} lime and/or cassava-leaf compost decreased the available Cu and Zn. The changes in the available Cu and Zn by lime and/or compost additions in general showed no correlation with the growth of amaranth. However, the growth of amaranth in Sidosari was depressed by the increasing waste addition, indicating the negative effect of heavy metal inputs from waste. The growth of amaranth in Sri Bawono was also depressed, but, different from that in Sidosari, lime and cassava-leaf compost significantly alleviated this negative effect.

Keywords: Amaranth, Copper, Heavy Metals, Industrial Waste, Tropical Soils, Zinc

PENDAHULUAN

Walaupun data tentang pengaruh logam berat terhadap makhluk hidup untuk tanah tropika masih jarang, telah banyak dilaporkan dari beberapa negara bahwa, karena sifatnya yang toksik, logam berat dapat berdampak negatif terhadap makhluk hidup, khususnya hewan dan manusia. Beberapa fenomena tentang pengaruh negatif logam berat terhadap hewan dan manusia telah dicatat di dalam beberapa dokumen ilmiah (Djuangsih, 1992; Alloway, 1990; Baker, 1990;

Stewart, 1990). Salam dkk. (1999a; 1999b) juga telah melaporkan bahwa pertumbuhan tanaman bayam dan jagung di dalam rumah kaca tertekan oleh penambahan berat dalam konsentrasi tinggi. Pertumbuhan demikian diperlihatkan berkaitan dengan serapan tanaman terhadap Cu dan Zn, yang meningkat dengan penambahan logam berat tersebut di dalam tanah (Salam dkk., 1999c)

Salah satu cara untuk menghindari makhluk hidup dari pengaruh negatif logam berat adalah dengan menekan laju pemasukan

logam berat ke dalam jaring makanan. Karena interaksi antara tanah dengan tanaman merupakan salah satu "gerbang" terpenting dari proses pemasukan ini, maka diperlukan usaha untuk menurunkan ketersediaan logam berat terhadap tanaman. Di antara usaha tersebut, penggunaan kapur dan kompos daun singkong telah diteliti selama empat tahun terakhir ini untuk menekan ketersediaan logam berat di daerah perakaran tanaman (Salam dkk., 1999d). Kapur dapat meningkatkan pH tanah, yang pada gilirannya dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang berbanding terbalik dengan pengikatan ion logam berat (Salam dan Helmke, 1998; He dan Singh, 1994). Bahan organik merupakan sumber muatan negatif yang juga dapat meningkatkan KTK tanah, sehingga dapat menurunkan ketersediaan logam berat (Parfitt dkk., 1995; Rodella dkk., 1995). Oleh karena itu, penggunaan kedua bahan ini diharapkan dapat menurunkan ketersediaan logam berat di daerah perakaran tanaman dan karenanya dapat mengurangi toksisitas logam berat terhadap tanaman.

Pengaruh positif kedua bahan tersebut telah dilaporkan (Salam dkk., 1999d; 1998; 1997; 1997a). Salam dkk. (1997a) menunjukkan bahwa kapur dan/atau kompos daun singkong dapat secara tajam/ menurunkan kelarutan Cu, Cd dan Zn di dalam beberapa jenis tanah tropika. Salam dkk. (1998; 1997b) juga memperlihatkan bahwa kapur dapat menekan konsentrasi beberapa fraksi labil logam berat di dalam beberapa jenis tanah tropika. Baru-baru ini juga dilaporkan bahwa penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman bayam di tanah yang terpolusi oleh Cu dan Zn (Salam, dkk., 1999a). Salam dkk. (1999c) juga memperlihatkan bahwa perubahan ini berkaitan dengan penurunan serapan logam berat oleh tanaman akibat penambahan kapur dan/atau kompos daun

singkong.

Walaupun dampak buruk limbah industri berlogam berat dan pengaruh positif dari kapur dan/atau kompos daun singkong telah terbukti, percobaan yang dilakukan kebanyakan masih terbatas dalam laboratorium dan/atau rumah kaca dengan kondisi lingkungan yang sangat terkontrol. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh limbah industri berlogam berat terhadap ketersediaan Cu dan Zn serta hubungannya dengan pertumbuhan tanaman bayam dalam keadaan lapang di tanah Sidosari, Natar, Lampung Selatan, dan tanah Sri Bawono, Lampung Tengah, yang juga diperlakukan dengan kapur dan/atau kompos daun singkong.

BAHAN DAN METODE

Limbah industri diperoleh dari Unit Pengolahan Limbah dari sebuah pabrik sendok logam milik PT Star Metal Ware Industry di Jakarta. Limbah tersebut bertekstur liat dan memiliki pH 7.30, DTPA Cu 754 mg kg^{-1} , dan Zn DTPA 44.5 mg kg^{-1} . Sebelum diperlakukan ke dalam tanah, limbah industri dihaluskan untuk memudahkan perlakuannya ke dalam tanah di lapang.

Kompos daun singkong dipersiapkan di Sidosari, Natar, Lampung Selatan, dalam dua buah lubang masing-masing dengan ukuran 2 m x 3 m dengan kedalaman 1 m dilapisi lembaran plastik pada dasar dan dindingnya. Daun singkong dicacah, disusun berlapis dalam lubang dengan diberi kapur (CaCO_3) dan urea masing-masing 2 dan 2.5 % di antara lapisan untuk mempercepat proses dekomposisi. Setelah dilembabkan dengan penambahan air, campuran dibiarkan selama kurang lebih satu bulan. Pengadukan dilakukan setiap 1 minggu untuk mempercepat pengomposan. Kompos daun singkong diperlakukan ke dalam tanah dalam keadaan basah namun perhitungannya

dilakukan berdasarkan berat kering.

Perlakuan disusun secara faktorial dengan menggunakan tiga buah faktor dan tiga kali ulangan. Faktor pertama adalah kapur: 0 dan 5 ton $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$; faktor kedua kompos daun singkong: 0 dan 5 ton ha^{-1} ; dan faktor ketiga limbah industri sendok logam: 0, 15, dan 60 ton ha^{-1} . Setelah tanah dibajak 2 kali dan digaru 1 kali, kapur dan kompos daun singkong diperlakukan bersamaan dengan cara menebarkannya rata di permukaan tanah dan mengaduknya rata dengan tanah sampai kedalaman 15 cm. Limbah industri ditebar dan diaduk dengan tanah sampai kedalaman yang sama satu minggu setelah perlakuan kapur dan kompos daun singkong. Benih bayam ditebar satu minggu setelah perlakuan tanah dengan limbah industri.

Percobaan dilakukan di Sidosari, Natar, Lampung Selatan, dengan jenis tanah Ultisol, dan di Sri Bawono, Lampung Tengah, dengan jenis tanah Alfisol. Setiap petak percobaan berukuran 2 m x 2.5 m, terdiri dari 2 guludan masing-masing dengan ukuran 1 m x 1 m berjarak 0.5 m satu sama lain. Jarak antara petak percobaan adalah 0.5 m dan antara ulangan adalah 1 m. Benih ditanam dengan kerapatan 1 g m^{-2} . Pemupukan hanya dilakukan dengan Urea dengan takaran 10 g m^{-2} , dilarutkan dalam air penyiraman pada 2 dan 4 minggu setelah tanam.

Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan (tinggi) tanaman setiap minggu sampai minggu ke-5 dan berat kering akar dan tajuk pada saat panen. Ketersediaan Cu dan Zn di perakaran tanaman bayam ditentukan pada saat panen dengan menggunakan cara DTPA (Baker dan Amacher, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman bayam di tanah Sidosari tertekan oleh penambahan limbah industri

(Gambar 1). Tanpa kehadiran kapur dan/atau kompos daun singkong, penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong bahkan menyebabkan tidak tumbuhnya tanaman bayam di tanah Sri Bawono (Gambar 2). Fenomena ini juga terlihat dari data berat kering tajuk dan akar tanaman bayam di kedua jenis tanah tersebut (Gambar 3).

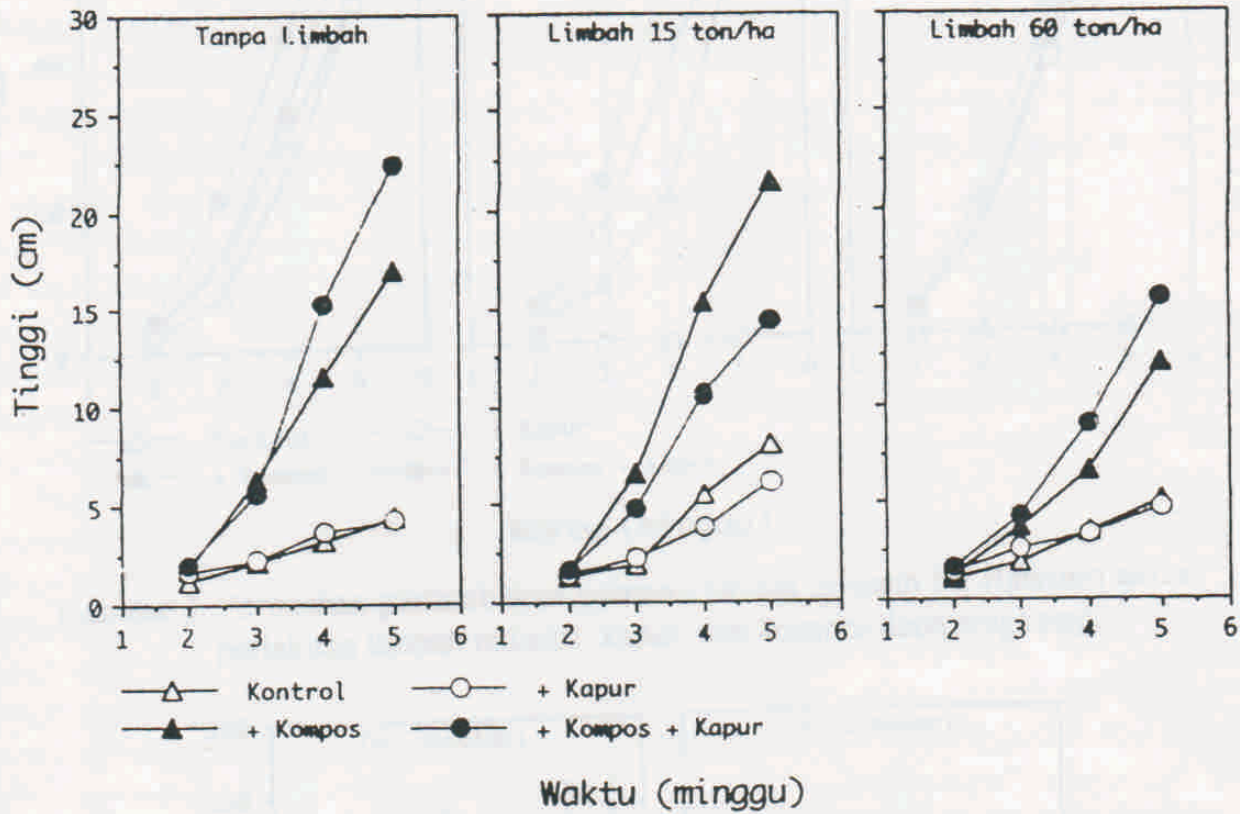
Data di atas menunjukkan dengan jelas pengaruh negatif logam berat asal limbah industri terhadap pertumbuhan tanaman bayam, khususnya akibat Cu dan Zn yang terdapat dalam jumlah banyak di dalam limbah industri, yaitu masing-masing 754 dan 44.5 mg kg^{-1} . Karena angka ini menunjukkan logam berat yang larut dalam DTPA - bukan konsentrasi total -, sebagian logam berat tambahan dari limbah industri yang sebelumnya tidak terekstrak oleh DTPA melarut dan menjadi tersedia di dalam tanah (yang memiliki nilai pH lebih rendah daripada pH limbah industri, yaitu 5.25 dan 5.13, masing-masing untuk tanah Sidosari dan tanah Sri Bawono). Akibatnya, Cu dan Zn tersedia di dalam kedua jenis tanah tersebut meningkat tajam (Gambar 4).

Walaupun sebenarnya tanaman lebih tahan terhadap logam berat daripada hewan dan manusia, fenomena tertekannya pertumbuhan tanaman bayam pada Gambar 1 s/d 3 sangat berkaitan dengan peningkatan ketersediaan logam berat ini. Data akumulasi logam berat oleh tanaman tersebut tidak tersedia, namun dapat diduga bahwa logam berat tersebut menjenuhi permukaan akar tanaman sehingga mengurangi fungsi fisiologis akar dan mengakibatkan akar tanaman tidak efektif dalam menyerap air dan unsur hara. Akibatnya, pertumbuhan tanaman menurun. Data penelitian sebelumnya (Kabata-Pendias dan Pendias, 1992) juga memperlihatkan bahwa logam berat lebih banyak terakumulasi di dalam akar daripada di dalam tajuk tanaman. Dengan

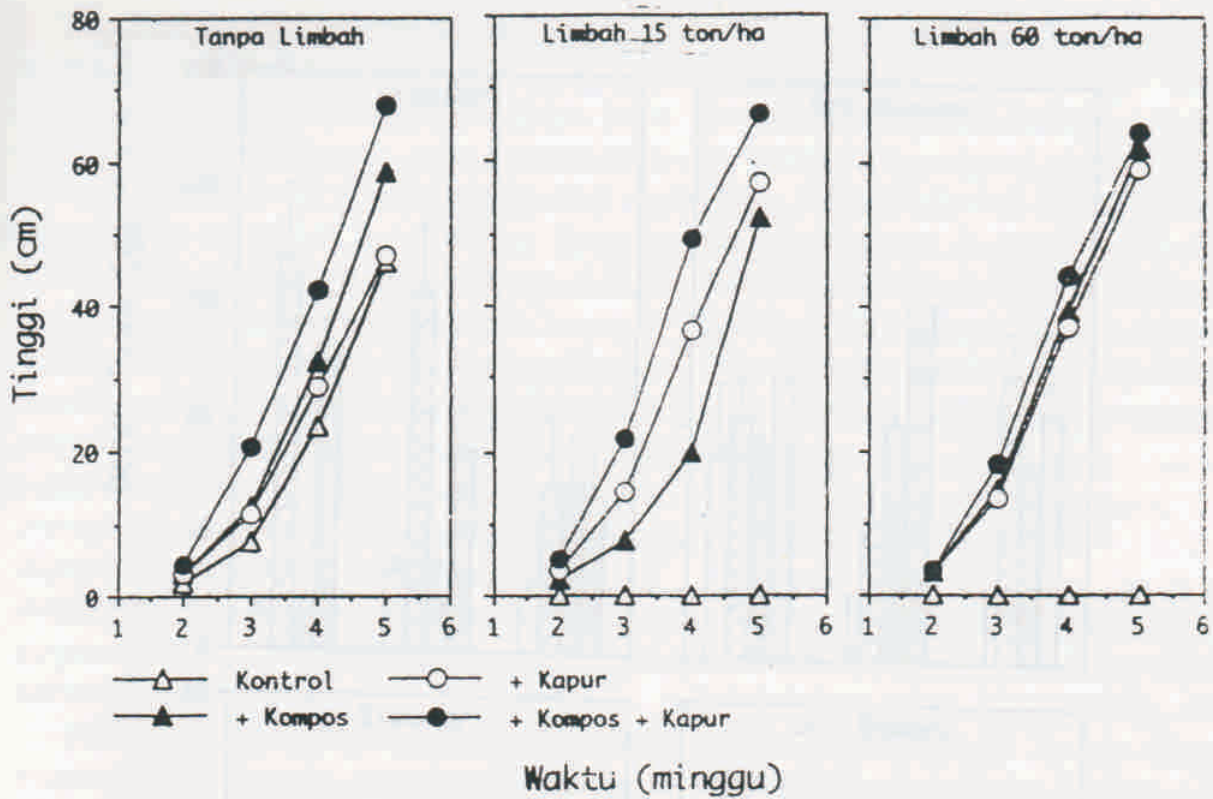
demikian, kemungkinan tentang terjadinya fenomena seperti ini sangat besar.

Selain itu, logam berat dapat juga memasuki dan terakumulasi di dalam jaringan tanaman. Sebagian mungkin berasosiasi dengan senyawa

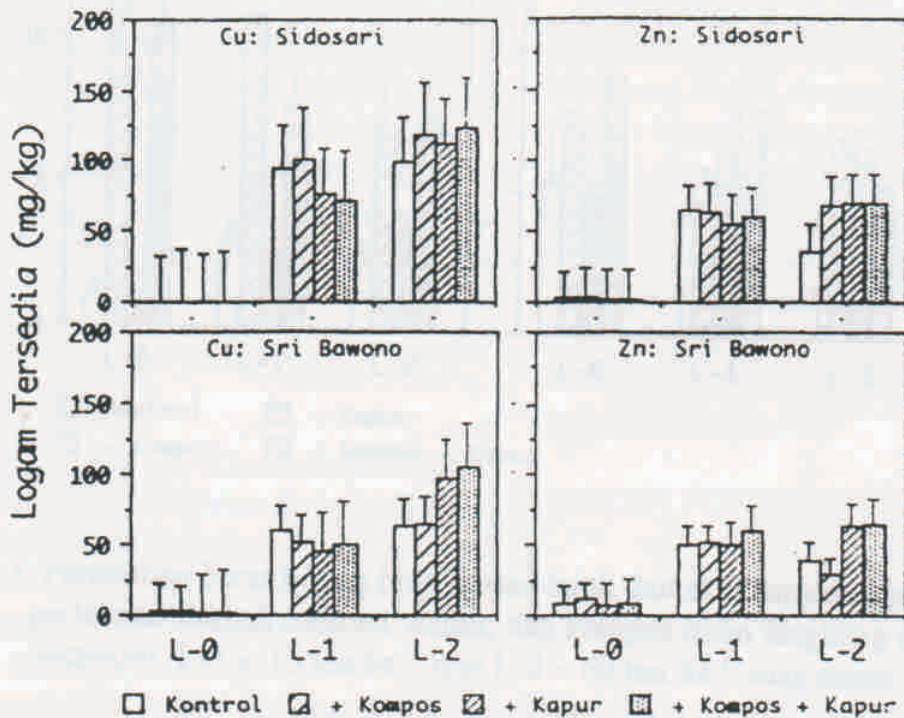
fungsi penting di dalam tanaman sehingga mengakibatkan penurunan kemampuan senyawa tersebut dalam melakukan fungsinya. Proses ini juga dapat mengakibatkan penurunan pertumbuhan tanaman.



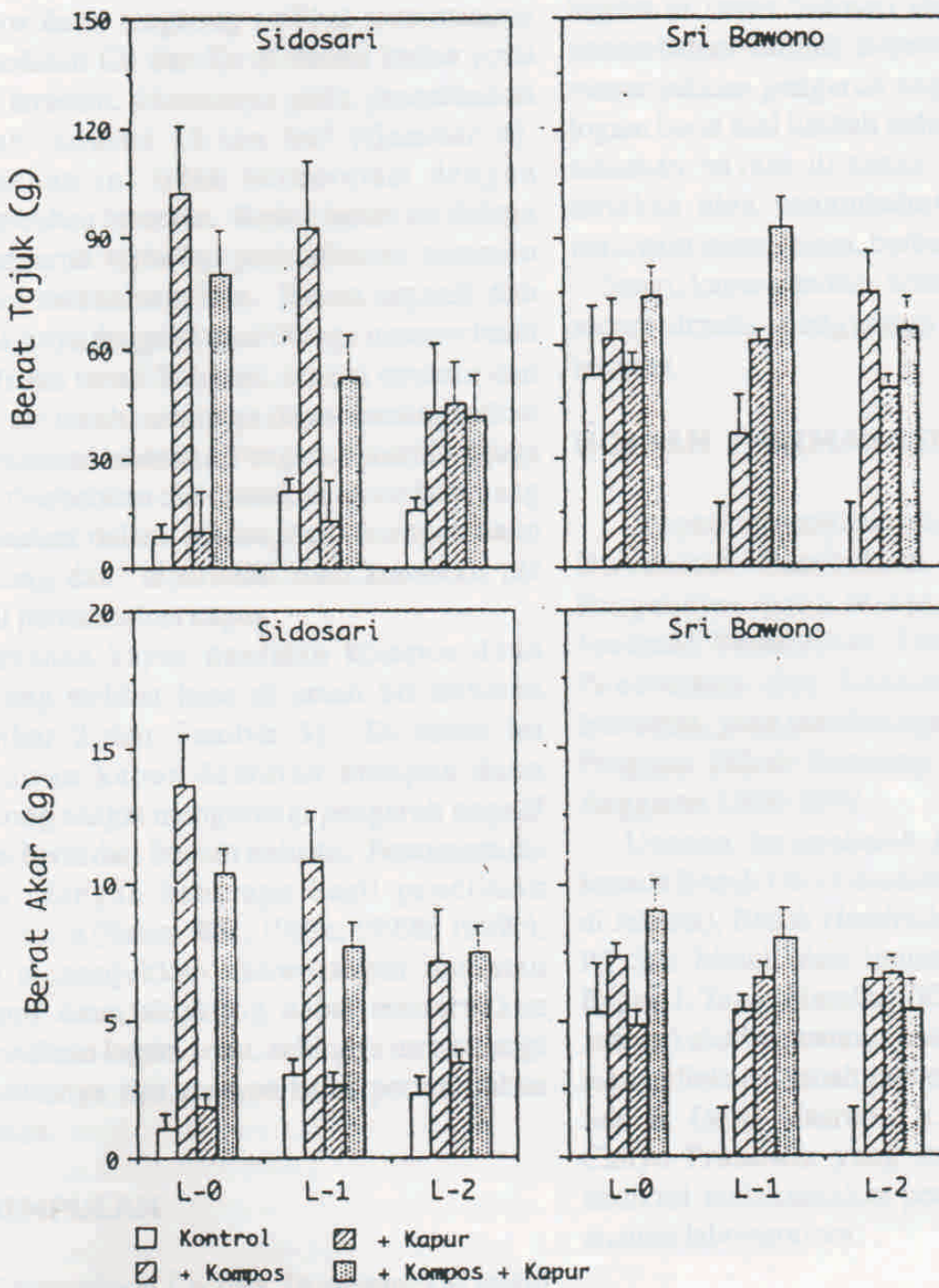
Gambar 1. Perubahan pertumbuhan tanaman bayam di tanah Sidosari akibat perlakuan limbah industri, kapur, dan kompos daun singkong.



Gambar 2. Perubahan pertumbuhan tanaman bayam di tanah Sri Bawono akibat perlakuan limbah industri, kapur, dan kompos daun singkong.



Gambar 4. Perubahan ketersediaan Cu dan Zn di perakaran tanaman bayam akibat perlakuan limbah industri, kapur, dan kompos daun singkong (limbah L-0 = kontrol, L-1 = 15 ton ha⁻¹, dan L-2 = 60 ton ha⁻¹)



Gambar 3. Perubahan berat kering brangkas tajuk dan akar tanaman bayam akibat perlakuan limbah industri, kapur, dan kompos daun singkong (limbah L-0 =kontrol, L-1 = 15 ton ha⁻¹, dan L-2 = 60 ton ha⁻¹, luas panen 1 m²)

Namun demikian, walaupun kapur dan/atau kompos daun singkong terlihat menurunkan ketersediaan Cu dan Zn di dalam kedua jenis tanah tersebut, khususnya pada penambahan limbah industri 15 ton ha⁻¹ (Gambar 4), perubahan ini tidak berkorelasi dengan pertumbuhan tanaman. Kedua bahan ini diduga berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman melalui mekanisme lain. Bahan organik dan interaksinya dengan kapur diduga memperbaiki sifat fisika tanah Sidosari, seperti struktur dan kadar air tanah, sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Pengaruh positif ini juga dapat disebabkan oleh pasokan unsur hara yang dibebaskan dalam dekomposisi kompos daun singkong dan diperbaiki oleh kenaikan pH akibat penambahan kapur.

Peranan kapur dan/atau kompos daun singkong terlihat jelas di tanah Sri Bawono (Gambar 2 dan Gambar 3). Di tanah ini kehadiran kapur dan/atau kompos daun singkong sangat mengurangi pengaruh negatif logam berat dari limbah industri. Fenomena ini sesuai dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya (Salam dkk., 1999a; 1999b; 1999c), yang menunjukkan bahwa kapur dan/atau kompos daun singkong dapat menurunkan ketersediaan logam berat, sehingga mengurangi toksisitasnya dan memperbaiki pertumbuhan tanaman.

KESIMPULAN

Ketersediaan Cu dan Zn meningkat tajam dengan meningkatnya takaran limbah industri, tetapi hanya pada tanah dengan limbah industri bertakaran 15 ton ha⁻¹ kapur dan/atau kompos daun singkong dapat menurunkan ketersediaan Cu dan Zn. Perubahan ketersediaan Cu dan Zn akibat penambahan kapur dan/atau kompos daun singkong tidak berkorelasi dengan perubahan pertumbuhan tanaman bayam.

Namun demikian, pertumbuhan tanaman bayam di tanah Sidosari sangat tertekan oleh penambahan limbah industri. Fenomena ini menunjukkan pengaruh negatif dari masukan logam berat asal limbah industri. Pertumbuhan tanaman bayam di tanah Sri Bawono juga tertekan oleh penambahan limbah industri berlogam berat, tetapi, berbeda dengan di tanah Sidosari, kapur dan/atau kompos daun singkong secara drastis mengurangi pengaruh negatif tersebut.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Republik Indonesia, yang mendanai penelitian ini melalui Program Hibah Bersaing (HB IV/4) Tahun Anggaran 1998-1999.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Bapak Heri Hamdani (BAPEDAL Pusat di Jakarta), Bapak Hendrick Kusnadi (Direktur PT Star Metal Ware Industry di Jakarta), dan Bapak J. Tagor Harahap (KP₂L DKI Jakarta di Jakarta) atas bantuannya untuk mengizinkan dan menyediakan limbah industri dan juga kepada Sdr. Ir. Dewi Masropa, Ir. Rochmah, dan Ir. Cahyo Prabowo, yang telah dengan penuh dedikasi melaksanakan percobaan lapang dan analisis laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Alloway, B.J. 1990. Cadmium. Hlm.100-124. Dalam B.J. Alloway (ed.). Heavy Metals in Soils. Blackie, London.
- Baker, D.E. dan M.C. Amacher. 1982. Nickel, copper, zinc, and cadmium. Hlm.323-338. 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.
- Baker, D.E. 1990. Copper. Hlm.151-176. *Dalam* B.J. Alloway (ed.). *Heavy Metals in Soils*. Blackie, London.
- Djuangsih, N. 1992. Pencemaran logam di lingkungan. Makalah Penataran Ekologi Pencemaran di Univ. Lampung. Bandar Lampung, 3 Des. 1992.
- He, Q.B. dan B.R. Singh. 1994. Crop uptake of cadmium from phosphorus fertilizers: II. Relationship with extractable soil cadmium. *Water Air Soil Pollut.*, 74:267-280.
- Kabata-Pendias, A. dan H. Pendias. 1992. *Trace Elements in Soils and Plants*. Ed. ke-2. CRC Press, London.
- 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.
- 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.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, dan Sarno. 1997a. Lowering heavy metal solubilities in tropical soils by lime and cassava-leaf compost additions. *Pros. Sem. Int. Environ. Manag. Technol.* 1997. D2-11.
- Salam, A.K., C. Marintias, Rusdianto, Sunarto, S. Djuniwati, H. Novpriansyah, dan J.T. Harahap. 1997b. Perubahan fraksi labil tembaga asal limbah industri dalam beberapa jenis tanah tropika akibat perlakuan kapur dan kompos daun singkong. *J. Tanah Trop.*, 3(6):11-20.
- Salam, A.K., C. Marintias, S. Djuniwati, dan J.T. Harahap. 1998. Perubahan fraksi labil seng asal limbah industri dalam beberapa jenis tanah tropika akibat perlakuan kapur dan kompos daun singkong. *J. Tanah Trop.*, 4(7):51-57.
- Salam, A.K. dan P.A. Helmke. 1998. The pH dependence of free ionic activities and total dissolved concentrations of copper and cadmium in soil solution. *Geoderma*, 83:281-291.
- Salam, A.K., Sarno, dan N. Sriyani. 1999a. Greenhouse growth of amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) in soils polluted with heavy metals. *J. Agrotrop.*, 4(1) (Dalam pencetakan).
- Salam, A.K., N. Sriyani, dan Sarno. 1999b. Pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di tanah terpolusi limbah industri berlogam berat. *J. Tanah Trop.*, (4)8:161-167.
- Salam, A.K., Sarno, N. Kulsum, dan E. Setyaningsih. 1999c. 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. *J. Tanaman Trop.*, 2(1):41-51.
- Salam, A.K., S. Djuniwati, Sarno, N. Sriyani, dan H. Novpriansyah. 1999d. Manipulasi sifat kimia tanah untuk mengurangi dampak negatif logam berat asal limbah industri terhadap tanah, air, dan tanaman. Laporan Penelitian Hibah Bersaing IV/1-4 Tahun Anggaran 1995/1996-1998/1999. Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung.
- Steinnes, E. 1990. Mercury. Hlm.222-236. *Dalam* B.J. Alloway (ed.). *Heavy Metals in Soils*. Blackie, London.