

- Fordham, R and Biggs, A.G., 1985. *Principles of Vegetable Crop Production* Collins, London 215 p.
- Gunartha, I.G.E., 1995. *Mechanistic Models for Lettuce Growth*. Ph.D Thesis (unpublished). The University of Sydney, Australia 285 p.
- Harwati, S., 1996: Pengaruh Macam Mulsa terhadap Pertumbuhan dan Hasil Mentimun Jepang (*Cucumis sativus* L.) di Dataran Rendah. Skripsi S1 (tidak dipublikasi), Fakultas Pertanian Universitas Mataram, 73 h.
- Marcelis, L.F.M., 1994. A Simulation Model for Dry Matter Partitioning in Cucumber. *Ann. Bot.* 74:43-52.
- Merta, I.N., 1993. Pengaruh Dosis Pupuk Nitrogen dan Pemberian Mulsa terhadap Pertumbuhan dan Hasil mentimun Jepang. Skripsi S1 (tidak dipublikasi), Fakultas pertanian Universitas Mataram, 74 h.
- Mulyadin, 1993. Pengaruh Jenis Mulsa dan Dosis Cytozyme Crop Plus terhadap Pertumbuhan dan Hasil Mentimun Jepang (*Cucumis sativus* var. Springswallow F1). Skripsi S1 (tidak dipublikasi), Fakultas Pertanian Universitas Mataram 74 h.
- National Academy of Sciences, 1977. *Leucaena Promosing Forage and Three Crop for the Tropic*, NAS, USA. 55p.
- Ware, G.W. and J.P. McCollum, 1980. *Producing Vegetable Crops*. The Interstate Printers & Publisher, Inc. Illinois, 607 p.

AKTIVITAS FOSFATASE DI DAERAH PERAKARAN BEBERAPA GULMA TROPIKA YANG TERCEMAR TIMAH HITAM

Abdul Kadir Salam¹⁾, Nanik Sriyani¹⁾, Mutia Heradilla²⁾ dan Alia Septiana²⁾

1) Staf pengajar dan 2) Alumnus Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Indonesia

ABSTRACT

Activities of soil phosphatases suggested to be governed by plant species and other factors such as pH and heavy metal contents. Were studied in the root-zones of some tropical weeds contaminated with Pb and treated with lime. The weeds were grown in 200 -g- potted soil samples for 4 weeks in a glass house. The results showed that the soil was dominated by acid phosphatase. The activities of acid and alkaline phosphatases in the root zones of alang-alang, were higher than those in the root-zones of green kyllinga, pigweed, and amaranth, while those in the root-zone of pigweed was the lowest. Lime at 4 ton $\text{CaCO}_3/\text{ha}^{-1}$ significantly decreased the activity of acid phosphatase and increased the activity of alkaline phosphatase. The effect of Pb at 20 mg kg^{-1} was not observed.

PENDAHULUAN

Fosfatase merupakan enzim tanah yang sangat penting peranannya dalam perombakan P organik menjadi P anorganik berupa ortofosfat primer (H_2PO_4) dan ortofosfat skunder (HPO_4^{2-}) yang terserap oleh akar tanaman. Fosfatase secara umum digolongkan ke dalam 2 kelompok, yaitu fosfatase asam, yang biasanya mendominasi tanah asam, dan fosfatase alkalin, yang biasanya mendominasi tanah alkalin (Garcia dkk, 1993; Trasar-Cepeda dan Gil-Sotres 1988; 1987). Baik fosfatase asam maupun fosfatase alkalin diproduksi oleh akar tanaman

dan/atau mikroorganisme tanah (Joner *et al*, 1995; Saka dan Tadano, 1993; Park *et al.*, 1992; Satchell dan Martin, 1984; Satchell dkk., 1984; Frankenberger, Jr. & Dick 1983), yang sangat dipengaruhi dan jenis spesies tumbuhan atau mikroorganisme dan faktor lingkungan di antaranya adalah kelarutan logam berat dan pH.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa spesies tumbuhan sangat berpengaruh terhadap aktivitas fosfatase dan enzim lain di dalam tanah (Salam, 1996; Jha *et al.*, 1992; Duxbury & Tate III, 1981). Salam (1996) melaporkan bahwa aktivitas fosfatase asam di perkebunan kopi Sumberjaya Lampung Barat lebih tinggi pada lahan bervegetasi alami dari pada lahan yang hanya ditumbuhi oleh gulma *Paspalum conjugatum*. Aktivitas fosfatase asam juga lebih tinggi pada kedua lahan tersebut daripada lahan kontrol yang hanya ditumbuhi oleh tanaman kopi tanpa vegetasi lain. Jha *et al* (1992) juga melaporkan bahwa aktivitas fosfatase lebih tinggi di tanal hutan yang belum terganggu dari yang telah mengalami perubahan. Fakta ini merangsang munculnya hipotesis tentang tingginya produksi fosfatase dan enzim lain oleh beberapa jenis gulma berkaitan dengan adanya adaptasi yang tinggi terhadap berbagai keadaan tanah.

Reaksi tanah (pH) umumnya berkaitan dengan jenis fosfatase yang mendominasi tanah. Fosfatase asam

umumnya mendominasi tanah asam sedangkan fosfatase alkalin mendominasi tanah alkalin (Garcia *et al.*, 1993; Trasar-Cepeda & Gil-Sotres, 1989; 1987). Aktivitas fosfatase umumnya meningkat dengan meningkatnya pH sampai pH optimum (pH saat aktivitas fosfatase maksimum) dan menurun dengan meningkatnya pH di atas pH optimum. Profil enzim terhadap pH seperti ini merupakan reaksi bolak-balik yang melibatkan ionisasi dan dionisasi gugus asam dan basa pada bagian aktif protein dari enzim (Frankenberger, Jr., & Johanson, 1982). pH optimum terletak pada pH di bawah 7 untuk fosfatase asam dan di atas pH 7 untuk fosfatase alkalin. Perubahan pH dapat terjadi karena aktivitas antropogenik, misalnya pemupukan dan pengapuran (Trasar-Cepeda & Carballas, 1991), atau aktivitas mikrobiologis di dalam tanah.

Reaksi tanah (pH) juga telah ditunjukkan berkaitan dengan kelarutan logam berat (Salam, 1995), karena logam berat juga berpengaruh negatif terhadap aktivitas enzim tanah, sehingga perubahan pH secara tidak langsung dapat berpengaruh negatif terhadap aktivitas enzim melalui pengaruhnya terhadap kelarutan logam berat. Secara umum, pengapuran dapat meningkatkan pH, yang dapat menurunkan kelarutan logam berat, dan mengurangi pengaruh negatif yang secara langsung diakibatkan oleh logam berat terhadap aktivitas enzim tanah.

Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari aktivitas fosfatase asam dan fosfatase alkalin di daerah perakaran beberapa jenis gulma di tanah yang dicemari Pb dan di kapur. Tanah tercemar Pb banyak terdapat di wilayah yang dilalui jalan raya berlalu lintas padat (Markus & McBratney, 1996; Akhter & Madany, 1993; Minami & Araki, 1975) atau tanah yang tercemar oleh Pb (Salam, 1996).

BAHAN DAN METODE

Bahan dan metode telah dilaporkan sebelumnya (Salam dkk., 1997a). Contoh tanah (Oxisols) diambil dari lapisan olah tanah (0-30cm) di Gedongmeneng pada 12 Oktober 1996. Contoh tanah kering udara 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 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 $CaCO_3$ ha^{-1} ; Pb dalam 2 takaran,

yaitu 0 dan 20 mg kg^{-1} . Seluruh satuan percobaan yang tidak diperlukan dengan larutan Pb diperlakukan juga dengan HNO_3 dengan jumlah sesuai dengan perkiraan HNO_3 yang masuk saat menambahkan larutan baku Pb ke dalam pot (dalam pembuatannya, saat larutan baku Pb diencerkan dengan menggunakan HNO_3 encer). Seluruh satuan percobaan diinkubasikan selama 1 minggu pada kadar air 33.3% (w/w) sebelum ditanami.

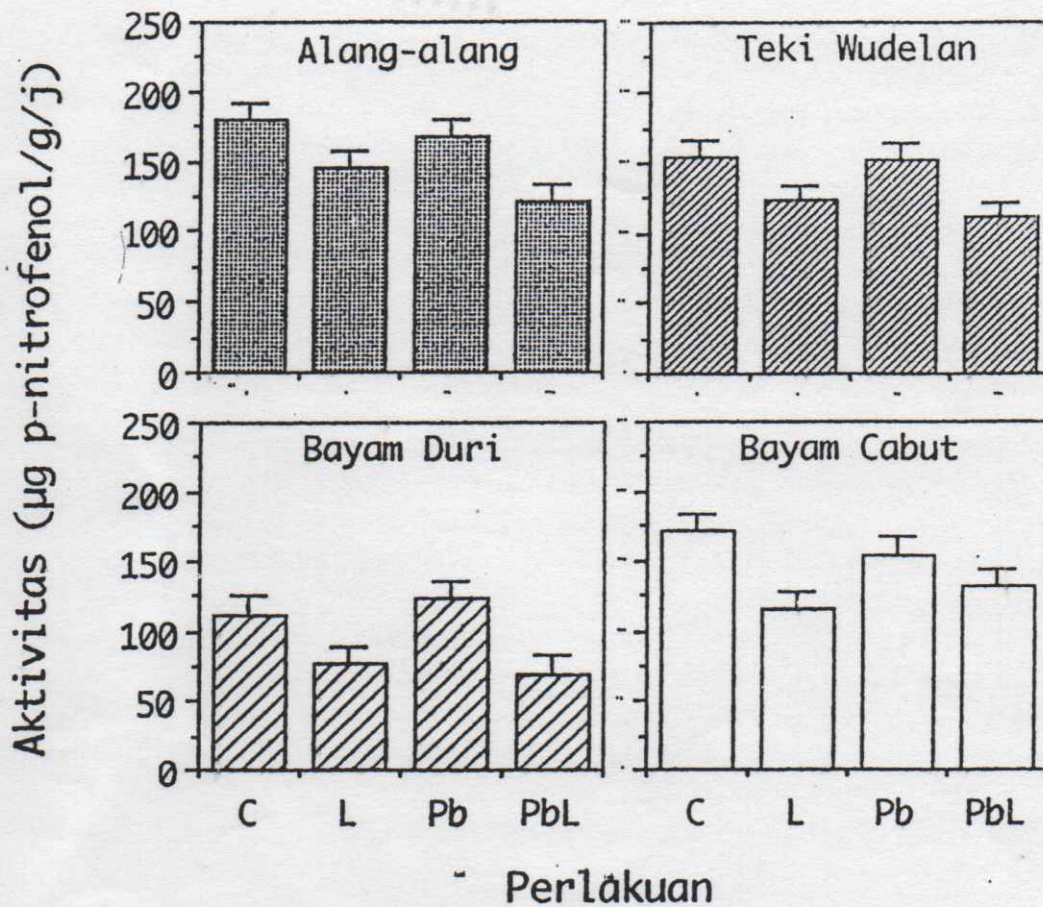
Setiap satuan percobaan kemudian ditanami dengan sebuah tunas atau kecambah gulma, yang mencakup alang-alang (*Imperata cylindrica*), teki wudelan (*Cyperus kyllingia*), dan bayam duri (*Amaranthus spinosus*). Selain ketiga jenis gulma tersebut, bayam cabut (*Amaranthus tricolor*) juga ditanam. Tunas 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 selama 4 minggu.

Contoh tanah dipanen 4 minggu setelah keempat tumbuhan tersebut ditanam. Reaksi tanah (pH) ditentukan dengan pH meter. Analisis enzim fosfatase, mencakup fosfatase asam dan fosfatase alkalin, juga dilakukan dalam keadaan lembab dengan menggunakan metode Tabatabai (Tabatabai, 1982).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivitas fosfatase di daerah perakaran beberapa jenis gulma dan bayam cabut di tanah yang diperlakukan dengan Pb dan kapur disajikan pada Gambar 1 untuk fosfatase asam dan Gambar 2 untuk fosfatase alkalin. Aktivitas fosfatase asam terlihat jauh lebih tinggi daripada aktivitas fosfatase alkalin. Fosfatase asam lebih tinggi dengan faktor antara 3-4, yang menunjukkan bahwa fosfatase asam mendominasi tanah tersebut. Fenomena ini sesuai dengan penemuan sebelumnya (Garcia dkk., 1993; Trasar-Cepeda dan Gil-Sotres, 1988; 1987), yaitu fosfatase asam mendominasi tanah asam.

Fosfatase asam lebih tinggi di daerah perakaran alang-alang daripada di daerah perakaran teki wudelan, bayam duri, dan bayam cabut; dan daerah perakaran bayam duri menunjukkan aktivitas fosfatase asam terendah (Gambar 1). Ini mengisyaratkan bahwa perakaran alang-alang mengekskresikan fosfatase asam dalam jumlah lebih tinggi. Pola serupa juga nampak pada Gambar 2, yang menunjukkan bahwa alang-alang juga mengekskresikan fosfatase alkalin dalam jumlah tinggi dari tumbuhan lain, dan bayam duri mengeluarkan fosfatase alkalin dalam jumlah terendah.

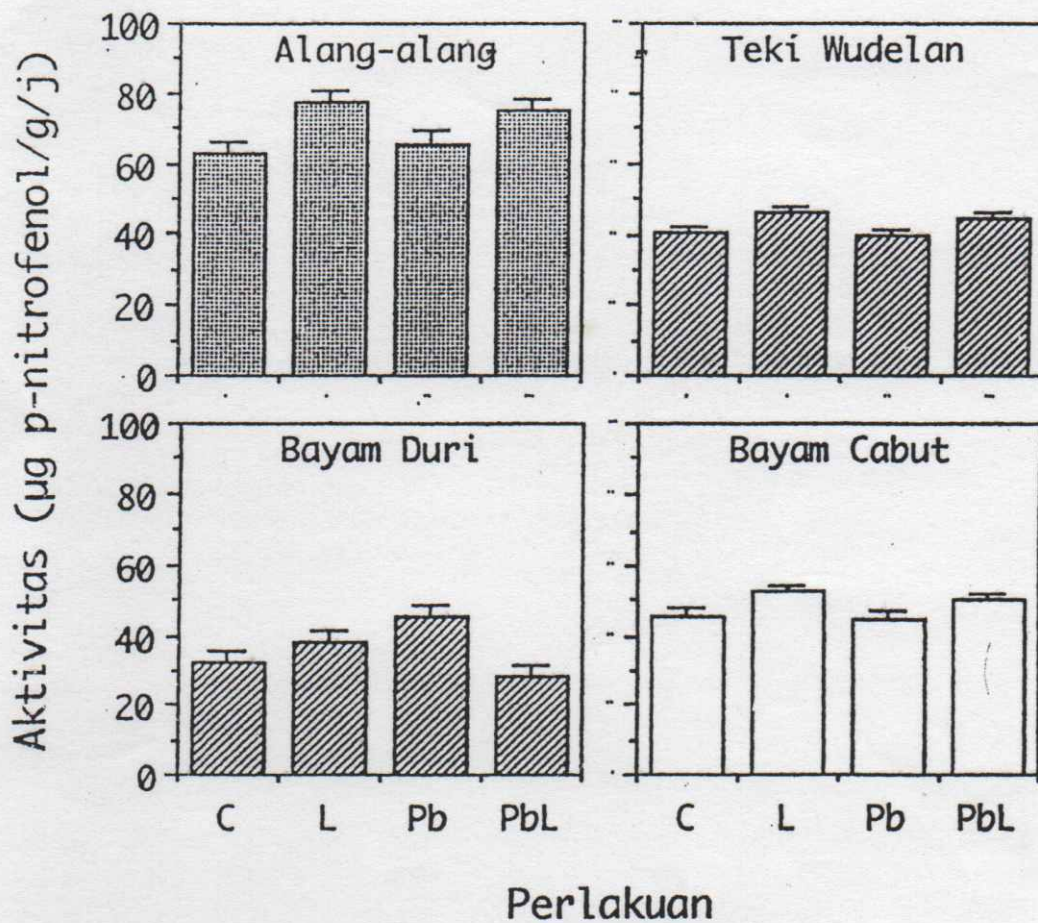


Gambar 1. Aktivitas fosfatase asam di daerah perakaran beberapa jenis tumbuhan di tanah yang diperlakukan dengan timah hitam dan kapur (C = kontrol, L = kapur, Pb = timah hitam).

Pengapuran secara ajeg menurunkan aktivitas fosfatase asam di daerah perakaran seluruh tanaman (Gambar 1), namun sebaliknya praktik ini justru meningkatkan aktivitas fosfatase alkalin. Fenomena ini tidak dapat dijelaskan dengan mudah berdasarkan data yang terkumpul. Namun demikian, amatan ini dengan jelas menunjukkan bahwa aktivitas fosfatase memiliki ketergantungan yang besar terhadap perubahan pH tanah.

Secara umum telah ditunjukkan sebelumnya bahwa aktivitas fosfatase meningkat dengan meningkatnya pH tanah sampai suatu nilai maksimum (nilai pH pada titik ini disebut pH optimum), dan kemudian menurun dengan meningkatnya pH (Salam *et al.*, 1997b; Huang *et al.*, 1995; Sakai & Tadano, 1993; Trasar-Cepeda & Carballas,

1991; Frankenberger & Johanson, 1982). Nilai pH optimum tergantung pada jenis fosfatase yang mendominasi tanah; pH optimum terletak pada $pH > 7$ bila fosfatase alkalin mendominasi, dan pada $pH < 7$ bila fosfatase asam mendominasi (Gracia *et al.*, 1993; Trasar-Cepeda & Gil-Sotres, 1988; 1987). Tanah percobaan telah diperlihatkan didominasi oleh fosfatase asam, yang memiliki pH optimum pada $pH < 7$. Dengan melihat bahwa pH terendah dari seluruh satuan percobaan yang tersusun adalah 4.65 (Tabel 1), maka pH optimum untuk fosfatase asam pada tanah tersebut diduga terletak pada $pH \leq 4.65$. Sebaliknya, fosfatase alkalin memiliki pH optimum sekitar pH 11, sehingga aktivitasnya yang meningkat dengan peningkatan pH akibat pengapuran dapat dimengerti (Gambar 2).



Gambar 2. Aktivitas fosfatase alkalin di daerah perakaran beberapa jenis tumbuhan di tanah yang diperlakukan dengan timah hitam dan kapur (C = kontrol, L = kapur, Pb = timah hitam).

Kehadiran perakaran pertumbuhan juga diduga telah menggeser pH optimum dari nilai rata-rata pH optimum yang pernah dilaporkan (Tabatabai, 1982), terutama sebagai akibat dari ekskresi ion atau senyawa tertentu yang dapat mengubah pH tanah. Sebagai contoh, pH di daerah perakaran alang-alang ternyata lebih tinggi daripada di daerah perakaran tumbuhan lain dan pH tanah di daerah perakaran bayam duri terendah (Tabel 1), padahal pH awal tanah tersebut adalah 5.25. Ini menunjukkan bahwa alang-alang dapat menetralkan pH tanah sedangkan bayam duri justru mengasamkan tanah (Salam *et al.*, 1997a).

Tidak seperti laporan sebelumnya (Salam *et al.*, 1997c; 1997d), penambahan 20 mg Pb kg⁻¹ tidak ber-

pengaruh terhadap aktivitas fosfatase asam maupun fosfatase alkalin (Gambar 1 dan Gambar 2). Penambahan 20 mg Pb kg⁻¹ meningkatkan kelarutan Pb di daerah perakaran tumbuhan hanya sampai sekitar 6-8 mg kg⁻¹, bahkan hanya sampai sekitar 1 mg kg⁻¹ di daerah perakaran alang-alang (Salam *et al.*, 1997a). Hal ini menunjukkan bahwa sebagian besar Pb yang diberikan melalui larutan baku Pb dijerap oleh partikel tanah dan penyerapan tersebut meningkat dengan kehadiran tanaman tertentu seperti alang-alang. Keadaan ini diduga merupakan latar belakang yang mungkin menyebabkan Pb yang diberikan ke dalam tanah tidak mengurangi aktivitas fosfatase di dalam tanah.

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

Tumbuhan	Perlakuan	pH
Alang-alang	● Kontrol	6.25 b [¶]
	+ Kapur	6.70 a
	+ Pb	6.16 b
	+ Pb + Kapur	6.70 a
Teki Wudelan	● Kontrol	5.64 a
	+ Kapur	6.37 a
	+ Pb	5.44 a
	+ Pb + Kapur	6.34 a
Bayam duri	● Kontrol	5.01 ab
	+ Kapur	5.32 a
	+ Pb	4.65 b
	+ Pb + Kapur	5.09 a
Bayam cabut	● Kontrol	5.03 b
	+ Kapur	6.34 a
	+ Pb	5.19 b
	+ Pb + Kapur	6.35 a

§ diambil dari Salam *et al.* (1997a)

¶ huruf yang sama pada angka selanjur untuk masing-masing jenis tumbuhan tidak berbeda pada taraf 5% BNT.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian ini adalah bahwa tanah Gedongmeneng didominasi oleh fosfatase asam. Aktivitas fosfatase asam dan fosfatase alkalin di daerah perakaran alang-alang lebih tinggi dari pada di daerah perakaran teki wudelan, bayam duri, dan bayam cabut, sedangkan aktivitas kedua fosfatase ini di daerah perakaran bayam duri adalah yang terendah. Kapur pada taraf 4 ton $\text{CaCO}_3 \text{ ha}^{-1}$ secara nyata menurunkan aktivitas fosfatase asam dan meningkatkan fosfatase alkalin. Pengaruh Pb pada tingkat penambahan 20 mg kg^{-1} tidak teramati.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhter, M.S. and Madany, I.M. 1992. Heavy metals in street and house dust in Bahrain, *Water Soil Pollut*, 66:111-119.
- Duxbury, J.M. and Tate III, R.L. 1981. The effect of soil depth and crop cover on enzymatic activities in pahoee muck. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45:322-328.
- Frankenberger, W.T., Jr. and Johanson, J.B. 1982. Effect of pH on enzyme stability in soils. *Soil Biol. Biochem.*, 14:433-437.
- Frankenberger, Jr. W.T. and Dick, W.A. 1983. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activities indices in soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 47:945-951.
- Garcia, C., Hernadez, T., Costa, F., Ceccanti, B. and Masciandaro, G. 1993. Kinetics of phosphatase activity in organic wastes. *Soil Biol. Biochem.* 25:561-565.

- Huang, Q., Shindo, H. and Goh, T.B. 1995. Adsorption, activities and kinetics of acid phosphatase as influenced by montmorillonite with different interlayer material. *Soil Sci.*, 159:271-278.
- Jha, D.K., Sharma, G.D. and Mishra, R.R. 1992. Soil microbial population numbers and enzyme activities in relation to altitude in forest degradation. *Soil Biol. Biochem.*, 24:761-767.
- Joner, E.J., Magid, J., Gahoonia, T.S. and Jakobsen, I. 1995. Depletion and activity of phosphatases in the rhizosphere mycorrhizal and non mycorrhizal cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Soil Biol. Biochem.*, 27:1145-1151.
- Markus, J.A. and McBratney, A.B. 1996. An urban soil study: heavy metals in glebe, Australia. *Aust. J. Soil Res.*, 34:453-465.
- Minami, K. and Araki, K. 1975. Distribution of trace elements in arable soil affected by automobile. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 21:181-188.
- Park, S.C., Smith, T.J. and Bisesi, M.S. 1992. Activities of phosphomonoesterase and phosphodiesterase from *Lumbricus terrestris*. *Soil Biol. Biochem.*, 24:873-876.
- Sakai, J. and Tadano, T. 1993. Characteristics of response of acid phosphatase secreted by roots of several crops to various conditions in the growth media. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 39:437-444.
- Salam, A.K. 1995. Pola Hubungan ketersediaan unsur hara mikroskopis logam berat dengan pH dan fosfor pada Ultisol Gunung Sugih Lampung Tengah. *J. Pen. Pengab. Wil. Lahan Kering*, 16:11.
- Salam, A.K. 1996. Aktivitas enzim fosfatase pada lahan kopi berlereng dengan beberapa teknik pengendalian gulma. *Pros. Konf. HI XIII*:77-84.
- Salam A.K., Djuniwati, S. Harahap, J.T. dan Suwanto. 1995. Imobilisasi logam berat asal limbah industri di dalam tanah tropis 1. Sifat kimia limbah industri. *J. Ilmiah Ilmu Pert.*, 4(1):61-67.
- Salam, A.K., Sriyani, N., Heradilla, M. 1997. Kelarutan logam berat di daerah perakaran beberapa jenis gulma tropika yang tercemar timah hitam. *J. Tanah Trop.* 4 (Dalam penyuntingan).
- Salam, A.K., Katayama, A. and Kimura, M. 1997b. 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).
- Salam, A.K., Katayama, A. and Kimura, M. 1997c. The activity of soil acid phosphatase at elevated concentrations of heavy metals. *J. Teknik Lingk.* (Dalam penyuntingan).
- Salam, A.K., Watanabe, A. dan Kimura, M. 1997d. Timah hitam menurunkan aktivitas beberapa enzim tanah. *Sem. Nas. PBI*. (Dalam penyuntingan).
- Satchel, J.E. and Martin, K. 1984. Phosphatase activity in earthworm faeces. *Soil Biol. Biochem.*, 16:191-194.
- Satchel, J.E. and Martin, K. dan Krishnamoorthy, R.V. 1984. Stimulation of microbial phosphatase production by earthworm activity. *Soil Biol. Biochem.*, 16:195.
- Tabatabai, M.A. 1982. Soil enzymes. Hlm. 903-947. *Dalam* A. Page, R.H. Miller, and D.R. Keeney (ed). *Methods of soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*. Ed. by Soil Sci. Soc. Am., Inc., Madison.
- Trasar-Cepeda, M.C. and Gil-Sotres, F. 1988. Kinetics of acid phosphatase activity in various soils of Galicia (NW Spain). *Soil Biol. Biochem.*, 20:275-280.
- Trasar-Cepeda, M.C. and Carballas, T. 1991. Liming and the phosphatase activity and mineralization of phosphorus in an acid soil. *Soil Biol. Biochem.*, 23:209-215.