

Keberadaan Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Pertanaman Jagung yang Diberi Pupuk Organik dan Inorganik Jangka Panjang

Sri Yusnaini¹

Diterima 28 Januari 2009 / disetujui 28 Agustus 2009

ABSTRACT

Existing of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal on The Corn Field Subjected by Long-term Organic and Inorganic Fertilizers (S. Yusnaini): The existing of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi was determined in continuously cropping systems which had applied by organic and/or inorganic fertilizers for a long term (4 years) application of corn and upland rice rotation. The experiment was established at Taman Bogo, Probolinggo sub-district, East Lampung district. The experiment were: control (without fertilizer), 20 Mg ha⁻¹ chicken manure (CK), 20 Mg ha⁻¹ green manure *Glyricidium* sp. (GM), 100 % inorganic fertilizers (IF) (urea 300 kg ha⁻¹, SP 36 200 kg ha⁻¹, and KCl 100 kg ha⁻¹), 50% CK + 50% IF, 50% GM + 50% IF, 75% CK + 25% IF, and 75% GM + 25% IF. Soil samples were taken at the first corn growing season (2001) and the eight corn growing season (2004). VAM fungi spores were examined by wet sieving methods. The results showed that application of chicken manure or its combination with inorganic fertilizers had higher VAM fungi spore. The dominant species of VAM fungi at all treatment was *Glomus constrictum*.

Keywords: Corn, inorganic and organic fertilizer, vesicular arbuscular mycorrhiza fungi

PENDAHULUAN

Mikoriza vesikular arbuskular (MVA) merupakan salah satu kelompok fungi yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman tingkat tinggi. Keberadaan MVA yang bersimbiosis dengan akar tanaman tingkat tinggi diyakini dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Hal ini disebabkan mekanisme perpanjangan akar tanaman dengan bantuan hifa fungi sehingga memperluas jangkauan perakaran tanaman dalam menyerap hara dan air. Silvia dan Williams (1992), menyatakan bahwa keberadaan MVA dalam tanah sangat penting untuk mengurangi pengaruh buruk pada tanaman akibat perubahan iklim mikro dan perubahan reaksi tanah serta kandungan bahan organik tanah. Lebih lanjut Pflieger *et al.* (1994), menyatakan bahwa penurunan populasi MVA dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Keberhasilan simbiosis MVA bergantung pada kondisi tanah, tanaman, dan fungi pembentuk asosiasi (Sieverding, 1991). Hasil penelitian Hayman (1975) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kimia dalam jangka panjang dapat menurunkan populasi dan keanekaragaman spora MVA. Namun, pemberian pupuk organik dapat meningkatkan keanekaragaman spora MVA dalam tanah (Harinikumar *et al.*, 1990). Warner (1984) juga menambahkan bahwa peranan bahan organik dalam tanah sangat penting untuk ketahanan dan perkembangbiakan fungi MVA dalam tanah.

Oleh karena itu perlu dipelajari apakah penggunaan pupuk organik, inorganik, atau kombinasinya dalam jangka panjang pada pertanaman jagung dapat mempengaruhi keberadaan MVA di dalam tanah.

¹Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung
Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro 1. Bandar Lampung 35145
e-mail: yusnaini@unila.ac.id

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Percobaan dilaksanakan di Kebun Percobaan Taman Bogo, Purbolinggo, Lampung Timur. Lokasi kebun percobaan berjarak \pm 75 km dari ibukota Provinsi Lampung, dan berada pada ketinggian 500 m dari permukaan laut.

Percobaan lapang dirancang pada bulan Maret 2001, menggunakan rancangan acak kelompok teracak lengkap (RKTTL) dengan beberapa perlakuan yaitu : Kontrol = Tanpa pemupukan, 100% CK= Pupuk kandang (kotoran ayam 20 Mg ha⁻¹); 100% GM= Pupuk hijau (*Glyricidium* 20 Mg ha⁻¹); 100% IF = Pupuk inorganik (urea 300 kg ha⁻¹, SP 36 200 kg ha⁻¹, dan KCl 100 kg ha⁻¹); kombinasi 50% CK+ 50% IF; kombinasi 50% GM + 50% IF; kombinasi 75% CK+25% IF; dan kombinasi 75% GM + +25% IF.

Perlakuan ditempatkan pada petak-petak percobaan berukuran 3m x 6m, jarak antar petak perlakuan 50 cm, dan jarak antar kelompok (ulangan) 100 cm. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 (tiga) kali, sehingga keseluruhan perlakuan terdapat 24 petak percobaan. Sebagai tanaman indikator digunakan jagung Varietas Bisma dan padi gogo Varietas Limboto secara bergiliran. Pola pergiliran tanaman selama musim tanam disajikan pada Tabel 1 (Yusnaini *et al.*, 2008). Sebelum dilakukan penanaman dilakukan pengolahan tanah dan pembuatan petak percobaan. Aplikasi pupuk organik (kotoran ayam atau *Glyricidium*) dilakukan satu minggu sebelum tanam dengan cara ditebarkan secara merata pada petak percobaan sesuai perlakuan, kemudian dicampur secara merata dengan

menggunakan cangkul. Aplikasi pupuk kimia dilakukan secara tugal setelah tanaman berumur satu minggu. Pemupukan TSP dan KCl dilakukan pada awal pertanaman, sedangkan pupuk urea diberikan dua tahap, yaitu pada saat awal tanam dan pada saat tanaman berumur 30 hari. Sifat kimia tanah percobaan dan analisis pupuk organik disajikan pada Tabel 2.

Sampling

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada pertanaman jagung musim pertama (2001) dan tanam jagung musim ke delapan (2004). Pengamatan spora MVA dilakukan dengan metode penyaringan basah (*wet sieving*). Pada masing-masing petak percobaan, contoh tanah diambil secara acak sebanyak 3 contoh tanah disekitar perakaran tanaman (rizosfir). Contoh tanah disaring dengan metode penyaringan basah, spora yang didapat diidentifikasi berdasarkan struktur dinding sel spora (Arif *et al.*, 1999). Infeksi (kolonisasi) fungi pada akar tanaman jagung diamati pada fase vegetatif maksimum tanaman jagung, contoh akar diwarnai dengan pewarna *tripan blue* (Philip dan Hayman, 1970). Persentase akar yang terinfeksi diukur dengan metode "*grid line intersect*" (Giovanetti dan Mosse, 1980).

Untuk amatan sifat kimia tanah, contoh tanah diambil secara acak sebanyak 3 contoh pada masing-masing petak percobaan, kemudian dikompositkan. Sifat kimia tanah yang diamati meliputi pH (pH meter), C-organik (Walkley dan Black), dan N-Total (Kjeldhal). Pada saat panen juga diukur bobot pipilan jagung kering, dengan cara menimbang.

Analisis Statistik

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan sidik ragam kemudian dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Tabel 1. Pola pergiliran tanaman selama delapan musim tanam

Musim tanam ke-	Waktu tanam	Pertanaman	Periode bera
1	Maret 2001	Jagung var. Bisma	
2	Agustus 2001	Jagung var. Bisma	2 minggu
3	November 2001	Padi Gogo var. Limboto	1 bulan
4	April 2002	Padi Gogo var. Limboto	3 bulan
5	November 2002	Padi Gogo var. Limboto	1 bulan
6	April 2003	Jagung var. Bisma	1 musim*
7	Bera	Bera	Bera
8	April 2004	Jagung var Bisma	

Tabel 2. Sifat tanah ultisol Taman Bogo dan kandungan bahan pada pupuk organik sebelum percobaan *)

Keterangan: * Yusnaini *et al.* (2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah

Pemberian pupuk organik dan inorganik serta kombinasi antar keduanya memberikan pengaruh yang nyata terhadap sifat kimia tanah melalui amatan pH, C-organik dan N-total tanah (Tabel 3).

Pemberian pupuk organik dapat memperbaiki kualitas tanah dicirikan dengan meningkatnya pH tanah dan C-organik tanah, dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan pemberian pupuk inorganik 100% (Tabel 3). Pada pertanaman jagung musim pertama, pH tanah tertinggi dijumpai pada perlakuan pemberian kotoran ayam 100% dan kombinasi kotoran ayam 50% dan 75% berturut-turut 5,07; 4,83; dan 4,78. Pemberian pupuk organik jangka panjang, terutama kotoran ayam dapat meningkatkan pH tanah dari kriteria masam menjadi netral. Pada amatan

musim ke-8, pH tanah tertinggi dijumpai pada pemberian kotoran ayam 100% dan tidak berbeda dengan kombinasi kotoran ayam 75% dan 50% berturut-turut 6,48, 6,34, dan 6,18. Peningkatan pH akibat pemberian kotoran ayam disebabkan kotoran ayam merupakan bahan organik yang mempunyai pH dan kandungan kalsium tinggi (Tabel 2).

Pemberian pupuk inorganik 100% menghasilkan amatan pH terendah dibandingkan pemberian pupuk organik, yaitu 4,28 pada amatan musim pertama dan 4,23 pada amatan musim ke delapan. Hal ini berarti pemberian pupuk inorganik terus-menerus dalam jangka panjang akan menurunkan kemasaman tanah. Penurunan pH akibat pemberian pupuk inorganik kemungkinan disebabkan oleh terurainya urea melalui proses nitrifikasi. Selama proses nitrifikasi dilepaskan H⁺ ke dalam tanah, yang lama kelamaan dapat mengasamkan tanah. Kandungan bahan organik

Tabel 3. Sifat kimia tanah pada pertanaman jagung musim ke-1 dan ke-8 akibat pemberian pupuk organik, inorganik dan kombinasinya.

50% pupuk hijau atau 50% kotoran ayam dan 50% pupuk kimia; 75% GM atau 75% CM = 75% pupuk hijau atau 75% kotoran ayam dan 25% pupuk inorganik; 100% GM atau 100% CM = 100% pupuk hijau atau 100% kotoran ayam. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji BNT.

juga meningkat akibat pemberian pupuk organik. Pada amatan musim pertama rata-rata kandungan C-organik akibat pemberian pupuk organik adalah 1,44%. Setelah aplikasi pupuk organik jangka panjang, selama 3 tahun, C-organik tertinggi diperoleh pada perlakuan kotoran ayam 100% yaitu 1,65%, dan tidak berbeda nyata dengan semua perlakuan pemberian pupuk organik maupun kombinasinya dengan pupuk inorganik. Secara umum, pemberian pupuk organik dapat meningkatkan kandungan C-organik tanah rata-rata 13,46%.

Jumlah Spora dan Kolonisasi MVA pada Akar

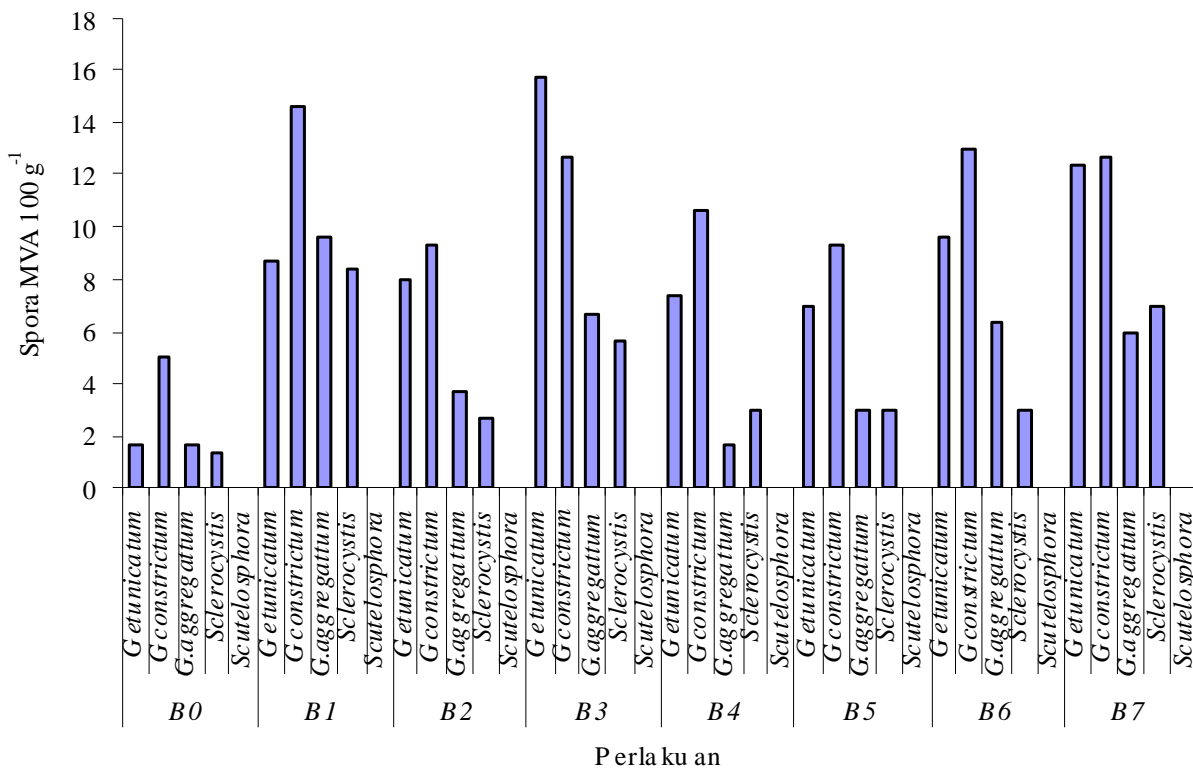
Pemberian pupuk organik, inorganik dan kombinasi keduanya memberikan pengaruh yang berbeda terhadap populasi, keragaman, dan kolonisasi MVA pada akar tanaman jagung. Spora MVA yang dijumpai pada awal pertanaman jagung adalah *Glomus*, *Scutelospora* dan *Sclerocystis*. Pada Gambar 1 dan 2, tampak bahwa *Glomus* merupakan jenis yang dominan, dan ditemukan pada semua perlakuan yang diterapkan. Dari hasil identifikasi berdasarkan dinding sel spora MVA (Arif *et al.*, 1999), didapatkan tiga spesie *Glomus* yaitu *G. etunicatum*, *G. constrictum*, dan *G. aggregatum*. Pada pertanaman jagung musim pertama, tampak bahwa *G. constrictum* merupakan spesies dominan yang dijumpai pada semua perlakuan, dan jumlah spora *G. constrictum* tertinggi dijumpai pada perlakuan pemberian kotoran

ayam 100% (B1) yaitu sebanyak 15 spora per 100 g tanah (Gambar 1).

Pemberian pupuk organik, inorganik, serta kombinasinya dalam jangka panjang memberikan hasil yang berbeda terhadap populasi MVA. Pada amatan musim ke-8, populasi spora MVA menurun pada semua perlakuan dibandingkan dengan pertanaman jagung musim pertama, kecuali spora *G. constrictum*. Spora *G. constrictum* terbanyak dijumpai pada perlakuan kombinasi pupuk organik dan inorganik (50% kotoran ayam dan 50% inorganik) yaitu mencapai 15 spora per 100 g tanah (Gambar 2).

Banyaknya spora MVA pada perlakuan pemberian kotoran ayam dan kombinasinya dengan pupuk inorganik 50% disebabkan karena perbaikan reaksi tanah mendekati netral akibat perlakuan tersebut. Reaksi tanah yang mendekati netral merupakan kondisi optimum bagi perkembangan biakan spora *G. constrictum*.

Pemberian pupuk organik ke dalam tanah, selain dapat meningkatkan pH dan kandungan bahan organik tanah, juga dapat meningkatkan aktivitas MVA dalam menginfeksi akar tanaman jagung. Pemberian pupuk organik berupa kotoran ayam dapat meningkatkan kolonisasi MVA pada akar tanaman jagung (Tabel 4). Kolonisasi MVA pada akar tanaman jagung yang tinggi diperoleh pada pemberian kotoran ayam, baik aplikasi 100% kotoran ayam, maupun kombinasinya



Gambar 1. Populasi MVA pada pertanaman jagung musim ke-1 akibat perlakuan pupuk organik kotoran ayam (B1), Glyricidium (B2), pupuk anorganik (B3) dan kombinasinya (B4 = 75% kotoran ayam + 25% pupuk inorganik; B5 = 50% kotoran ayam + 50% pupuk inorganik; B6 = 75% Glyricidium + 25% pupuk inorganik; dan B7 = 50% Glyricidium + 50% pupuk inorganik).

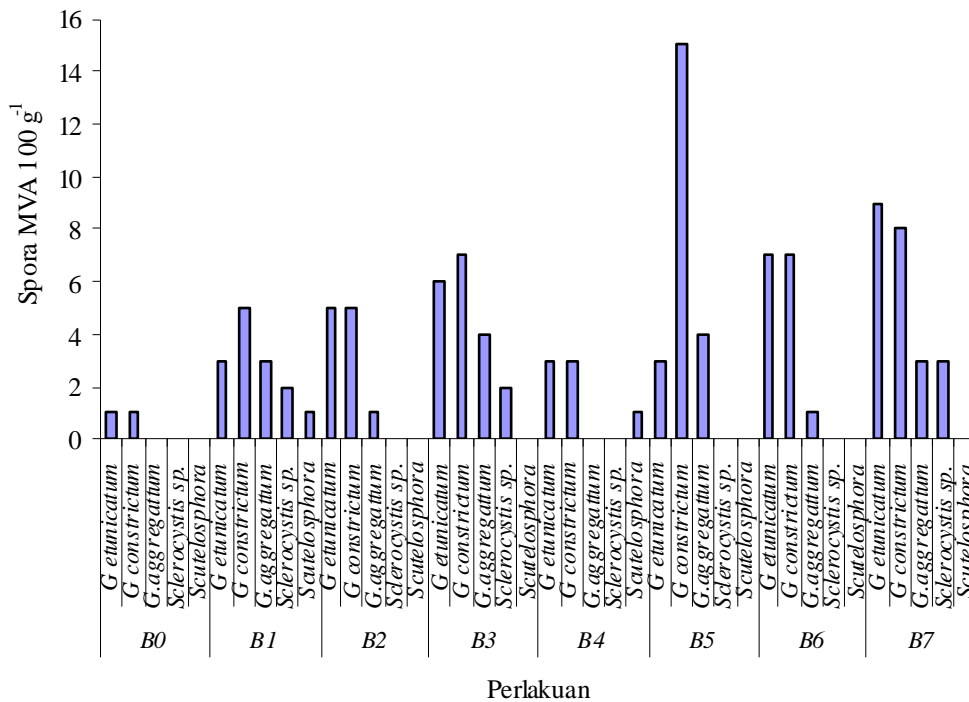
dengan pupuk inorganik, berturut-turut yaitu 78,89%; 75,55%; dan 73,89% (Tabel 4).

Peningkatan kolonisasi MVA pada akar tanaman akibat pemberian kotoran ayam, selain disebabkan oleh peningkatan bahan organik tanah dan pH, juga kemungkinan disebabkan oleh tingginya kandungan fosfor dan kalsium pada kotoran ayam (Tabel 2). Meningkatnya pertumbuhan tanaman jagung pada kondisi P tanah yang tinggi akibat pemberian kotoran ayam dapat menghasilkan eksudat akar yang dapat meningkatkan biomassa fungi pembentuk MVA (Ezawa *et al.*, 2000). Lebih lanjut Douds *et al.* (1993) menyatakan bahwa fosfor dapat mempengaruhi populasi fungi MVA

Pada Tabel 4, tampak bahwa pemberian pupuk inorganik 100% menghasilkan kolonisasi MVA yang rendah yaitu 49,4%, dan tidak berbeda dengan kombinasinya dengan Glyricidium 75% dan 50%. Sejalan dengan penelitian Sieverding (1991) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk inorganik secara intensif dalam jangka panjang dapat

menurunkan jumlah dan keragaman fungi MVA. Penurunan populasi dan keragaman spora MVA dapat berakibat terhadap rendahnya kolonisasi (infeksi) fungi MVA pada akar tanaman. Efektivitas spora MVA dalam menginfeksi akar tanaman sangat tergantung pada jenis tanaman dan spesies fungi MVA (Tawaraya *et al.*, 1996) serta kondisi kesuburan tanah. Jagung merupakan tanaman mikoriza yang responsif terhadap keberadaan fungi MVA dibandingkan kedelai dan padi gogo (Yusnaini *et al.*, 2001). Oleh karena itu keberadaan spora MVA *indigenus* (alami) di dalam tanah banyak memberikan keuntungan terhadap tanaman (Omar, 1995).

Pemberian bahan organik berkelanjutan selain dapat memperbaiki sifat kimia tanah melalui perbaikan pH, juga sifat biologis tanah yaitu fungi pembentuk MVA. Harinikumar *et al.* (1990) menyatakan bahwa akumulasi bahan organik dapat meningkatkan keragaman spora MVA, dan meningkatkan daya tahan dan daya tumbuh spora fungi di dalam tanah (Warner, 1984).



Gambar 2. Populasi MVA pada pertanaman jagung musim ke-8 akibat perlakuan pupuk organik kotoran ayam (B1), Glyricidium (B2), pupuk anorganik (B3) dan kombinasinya (B4 = 75% kotoran ayam + 25% pupuk inorganik; B5 = 50% kotoran ayam + 50% pupuk inorganik; B6 = 75% Glyricidium + 25% pupuk inorganik; dan B7 = 50% Glyricidium + 50% pupuk inorganik).

Tabel 4. Kolonisasi MVA pada akar tanaman jagung yang diberi perlakuan pupuk organik, inorganik, dan kombinasinya.

Perlakuan	Kolonisasi Akar (%)	
	Musim Tanam ke-1	Musim Tanam ke-8
Kontrol	26,87 a	25,00 a
Kotoran Ayam (CK) 100%	62,56 bc	78,89 e
Glyricidium (GM) 100 %	67,67 c	72,22 cde
Pupuk Inorganik (IF) 100%	44,81 ab	49,4 b
75% CK + 25% IF	59,22 bc	75,55 de
50% CK + 50% IF	62,7 bc	73,89 cde
75% GM + 25% IF	65,81 c	61,00 bcd
50% GM + 50% IF	53,82 bc	59,89 bc
BNT 5%	19,36	15,03

Keterangan: Kontrol = tanpa perlakuan pupuk; 100% IF = 100% pupuk inorganik; 50% GM atau 50% CM = 50% pupuk hijau atau 50% kotoran ayam dan 50% pupuk kimia; 75% GM atau 75% CM = 75% pupuk hijau atau 75% kotoran ayam dan 25% pupuk inorganik; 100% GM atau 100% CM = 100% pupuk hijau atau 100% kotoran ayam. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji BNT.

Produksi jagung

Sebagai akibat dari perbaikan kualitas tanah melalui penambahan bahan organik, terutama kotoran ayam, produksi tanaman jagung mengalami

peningkatan dan tidak berbeda jika dibandingkan dengan penggunaan pupuk inorganik 100% (Tabel 5). Hal ini berarti pengurangan pupuk inorganik, apabila disertai dengan pemberian bahan organik, terutama

Tabel 5. Pengaruh pemberian pupuk organik, inorganik dan kombinasinya terhadap produksi tanaman jagung (Mg ha⁻¹).

Perlakuan	Produksi (Mg ha ⁻¹)	
	Musim ke-1	Musim ke-8
Kontrol	0,00 a	0,31 a
Kotoran Ayam (CK) 100%	2,33 bc	5,65 d
Glycidium (GM) 100%	1,8 b	4,54 b
Pupuk Inorganik (IF) 100%	2,73 bc	5,41 cd
75% CK + 25% IF	3,27 c	5,39 cd
50% CK + 50% IF	3,53 c	5,31 c
75% GM + 25% IF	2,93 bc	4,29 b
50% GM + 50% IF	3,40 c	3,99 a
BNT 5%	1,32	0,29

Keterangan: Kontrol = tanpa perlakuan pupuk; 100% IF = 100% pupuk inorganik; 50% GM atau 50% CM = 50% pupuk hijau atau 50% kotoran ayam dan 50% pupuk kimia; 75% GM atau 75% CM = 75% pupuk hijau atau 75% kotoran ayam dan 25% pupuk inorganik; 100% GM atau 100% CM = 100% pupuk hijau atau 100% kotoran ayam. Angka yang diikuti oleh huruf yang sama dalam satu kolom tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji BNT.

kotoran ayam dapat mempertahankan produksi tanaman.

Pemberian bahan organik berupa kotoran ayam dapat memperbaiki sifat kimia tanah, melalui perbaikan pH dan kandungan C-organik tanah. Perbaikan pH tanah mendekati netral (Tabel 3) dan juga penambahan P akibat pemberian kotoran ayam (Tabel 2) dapat meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman melalui peningkatan aktivitas spora MVA dalam menginfeksi tanaman (Tabel 4).

Howeler (1983) dalam Sieverding (1991) menyatakan bahwa pada tanah ultisol di daerah tropis, peningkatan reaksi tanah (pH) dan juga kandungan P tanah mencapai 20-100 µg P 100 g tanah⁻¹ mampu meningkatkan bobot berangkasan tanaman jagung yang terinfeksi mikoriza. Oleh karena itu perlu dilakukan teknik budidaya yang tepat untuk memperbaiki reaksi tanah sehingga sesuai untuk aktivitas fungi MVA. Pengelolaan populasi fungi MVA alami (indigenous) perlu dilakukan agar diperoleh keseragaman pertumbuhan dan produksi tanaman.

KESIMPULAN

Hasil penelitian jangka panjang menunjukkan bahwa pemberian pupuk organik, terutama kotoran ayam baik diberikan secara tunggal maupun

dikombinasikan dengan pupuk inorganik akan memperbaiki sifat kimia tanah dan sifat biologis tanah. Perbaikan sifat biologis tanah diantaranya melalui peningkatan populasi dan keragaman spora fungi MVA indigenous. Oleh karena itu perlu dilakukan teknik budidaya yang dapat memperbaiki reaksi tanah sehingga sesuai untuk perkembangbiakan spora dan efektivitas fungi MVA dalam menginfeksi akar tanaman.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada MONBUSHO, Jepang yang telah mendanai penelitian ini melalui project "Basic research on developing the technique for sustainable biological production in the regions of red acid soils". Juga kepada Saudara Kurnain dan Agus yang telah banyak membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, M.A.S., S. Yusnaini, A. Niswati, A. Setiawan, K. Tuchida, T. Kataou, Y. To and M. Nonaka. 1999. Population of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) by different land use in Sumatra, Indonesia: Comparison of AMF spore numbers in primary forest, secondary forest, field growing coffee, and native grass. *Microb. Environ.* 14 (1): 9-17.

- Douds, D.D., R.R. Janke, and S.E. Peters. 1993. VA fungus spore populations and colonization on roots of maize and soybean under conventional and low input sustainable agriculture. *Agric. Ecosyst. Environ.* 43: 325-335.
- Ezawa, T., K. Yamamoto, and S. Yoshida. 2000. Species composition and spore densities of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi under different condition of P fertility as revealed by soybean trap culture. *Soil Sci. Plant Nutr.* 46 (2): 291-297.
- Giovannetti, M and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytol.* 84: 489-500.
- Harinikumar, K.M, D.J. Bagyaraj, and B. Mallesha. 1990. Effect of intercropping and organic soil amendments on native V A mycorrhizal fungi in an oxisol. *Arid Soil Res. Rehabil.* 4: 193-198.
- Hayman, D.S. 1975. The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility In: F. Sanders, B. Mosse and P. Tinker. (Eds.). *Endomycorrhizas*. Academic Press. London, pp. 495-509.
- Karasawa, T., J. Arihara and Y. Kasahara. 2000. Effects of previous crops on arbuscular mycorrhiza formation and growth of corn under various soil moisture condition. *Soil Sci. Plant Nutr.* 46 (1): 53-60.
- Omar, S.A. 1995. Growth effects of the vesicular arbuscular mycorrhizae fungi *Glomus constrictum* on corn plants in pot trials. *Folia Microbiol.* 40: 503-507.
- Pfleger, F.L., E.L. Stewart, and R.K. Nayd. 1994. Role of VAM fungi in mine land revegetation. In: Pfleger, F.L and R.G. Linderman (Eds.). *Mycorrhizae and Plant health*. American Phytopathological Society, pp. 47-82.
- Philips, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic on vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-161.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn. 371 pp.
- Sylvia, D.M. and S.E. Williams. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: G.J. Bethelenfalvay and R.G. Linderman (Eds.). *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. American Society of Agronomy (Special Publication No. 54). Madison, WI, pp. 101-124.
- Tawarayama, K, T. Kinebuchi., S. Watanabe., T. Wagatsuma, and M. Suzuki. 1996. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi *Glomus mossae*, *G. fasciculatum* and *G. caledonium* on phosphorus uptake and growth of welsh onion (*Allium fistulosum*) in Andosol. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 67: 294-298.
- Warner, A. 1984. Colonization of organic matter by vesicular –arbuscular mycorrhizal fungi. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 82: 352-354.
- Yusnaini, S., M.A.S. Arif, and M. Nonaka. 2001. Effect of indigenous vesicular arbuscular mycorrhizae from primary forest, secondary forest, and coffee plantation on root colonization, P-uptake, and growth of tropical food crops. *J. Trop. Soil.* 13: 45-50.
- Yusnaini, S., M.A.S. Arif, J. Lumbanraja, S.G. Nugroho, dan M. Nonaka. 2004. Pengaruh jangka panjang pemberian pupuk organik dan inorganik serta kombinasinya terhadap perbaikan kualitas tanah masam Taman Bogo. *J. Tanah Trop.* 18: 155-162.
- Yusnaini, S dan A. Niswati. 2008. Populasi cacing tanah pada pertanaman jagung yang diberi pupuk organik dan inorganik jangka panjang. *J. Pen. Pert. Terapan* 8 (3): 109-115.