

Perubahan Populasi Mikroroganisme Pelarut Fosfat pada Lahan Sawah dengan Sistem Pertanian Intensif menjadi Sistem Pertanian Organik Berkelanjutan

Dermiyati, Jeni Antari, Sri Yusnaini dan Sutopo Ghani Nugroho¹

Makalah diterima 13 Oktober 2008 / disetujui 29 April 2009

ABSTRACT

Changes of Phosphate Solubilizing Bacteria Population on Paddy Field with Intensive Farming became Sustainable Organic Farming System (Dermiyati, J. Antari, S. Yusnaini, and S.G. Nugroho): The research aimed to study the change of population of phosphate solubilizing microorganisms according to the application time of bokashi which were applied continuously on organic paddy rice fields since years of 2000 up to 2006. The research was conducted in a Randomized Completely Block Design in four replicates. The treatments were without bokashi (control; with intensively application of NPK fertilizers), bokashi application for 3 planting seasons (12 t ha⁻¹), bokashi application for 4 planting seasons (16 t ha⁻¹), bokashi application for 7 planting seasons (28 t ha⁻¹), and bokashi application for 9 planting seasons (36 t ha⁻¹). The results showed that the population of phosphate solubilizing microorganisms were not affected by continuously applied of bokashi and did not have correlations to organic carbon, total nitrogen, ratio C/N, soil pH, and soil water content. However, the phosphate solubilizing microorganisms had played a role in the availability of the soil available-P which were shown by increasing of paddy yields year by year, although the contribution of soil phosphorus from bokashi is a relatively low. Yet, the bokashi application on the organic paddy fields did not increase the soil available-P because most of the P which was absorbed by the plants coming from residual P fertilizers either from bokashi or SP-36 which were intensely given before.

Keywords: Bokashi, soil chemical properties, organic farming, phosphate solubilizing microorganism

PENDAHULUAN

Pembudidayaan padi sawah dengan menggunakan pupuk kimia yang berlebihan dan terus-menerus perlu ditinjau kembali karena selain tidak efisien dari segi biaya juga mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Sistem pertanian organik yang memanfaatkan pupuk dan pestisida hayati dalam jangka waktu panjang sangat aman terhadap lingkungan, karena bahan-bahan tersebut tidak bersifat asing bagi lingkungan dan cepat terurai menjadi bahan yang tidak berbahaya dan dapat meningkatkan kualitas tanah (Stockdale *et al.*, 2002).

Padi sawah di Kecamatan Pagelaran Kabupaten Tanggamus telah dibudidayakan dengan pemberian pupuk dan pestisida kimia secara intensif sejak tahun

1970 sampai tahun 2000. Namun, dengan meningkatnya kesadaran petani akan dampak dari pengaruh pemberian pupuk dan pestisida kimia terhadap lingkungan dan lahan sawahnya yang dirasakan tanahnya semakin mengeras dan rusak maka sejak tahun 2000 dan tahun berikutnya secara bertahap sebagian petani yang tergabung dalam Ikatan Petani Pengendali Hama Terpadu Indonesia (IPPHTI) mulai merubah sistem pertaniannya dengan menghentikan pemberian pupuk dan pestisida kimia dan menggantikannya dengan pemberian bokashi (pupuk kompos yang dibuat dengan menggunakan mikroorganisme lokal) dan pestisida hayati. Pupuk bokashi diberikan sebagai bahan organik sebanyak 4 t ha⁻¹ pada setiap awal tanam padi (bulan Januari dan September). Dengan demikian, pada setiap tahunnya dilakukan penanaman padi sebanyak 2 kali.

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

Daerah tropis umumnya memiliki kandungan bahan organik yang rendah, kapasitas tukar kation rendah, dan tingkat kesuburan tanah yang rendah serta kapasitas penjerapan fosfor yang relatif tinggi. Sedangkan fosfor merupakan unsur hara pembatas bagi produktivitas tanaman, sehingga diperlukan cara yang tepat dalam mengatasi hal tersebut. Menurut Plante (2007), mikroorganisme pelarut fosfat dihasilkan dari sebagian mikroorganisme organotropik yang ada di dalam tanah. Mikroorganisme ini memainkan peranan penting dalam melarutkan bentuk-bentuk P tidak larut dalam tanah. Hal ini dilakukan dengan cara mengeluarkan asam-asam organik seperti asam format, asetat, propionat, laktonat, glikolat, fumarat dan suksinat dari dalam selnya. Asam-asam organik yang dihasilkan tersebut akan membentuk kompleks dengan Ca^{2+} dan Fe^{3+} yang biasanya mengikat P sehingga kelarutan P meningkat (Rao, 1986). Meningkatnya asam-asam organik tersebut diikuti dengan penurunan pH yang tajam, sehingga mengakibatkan terjadinya pelarutan Ca-P. Selanjutnya, beberapa peneliti mengemukakan bahwa asam organik mampu meningkatkan P-tersedia dengan menggunakan aktivitas mikroorganisme yang akan menghasilkan hidrogen sulfida. Hidrogen sulfida dapat melarutkan Fe-P dan Al-P, sehingga jumlah P-larut semakin meningkat (Imas *et al.*, 1989 *cit* Padmini dan Wirawati, 2000).

Berlimpahnya populasi mikroorganisme dalam tanah khususnya mikroorganisme pelarut fosfat dapat ditunjang dengan tersedianya bahan organik, kelembaban dan temperatur serta aerasi yang baik, selain itu juga keadaan alami dari pertumbuhan tanaman (Kucey, 1983). Keefektifan mikroorganisme pelarut fosfat dapat ditingkatkan dengan cara pemberian pupuk bokashi. Mikroorganisme dalam hal ini akan menggunakan pupuk bokashi sebagai sumber energi untuk mendukung perkembangbiakan

dan peningkatan aktivitas. Dari beberapa penelitian dikemukakan bahwa beberapa mikroorganisme pelarut fosfat antara lain *Aspergillus niger* dan *Penicillium italicum* (El-Azouni, 2008), kelompok *Pseudomonas* yang mengeluarkan *1-aminocyclopropane-1-carboxylate*, *indole-3-acetic acid*, dan *acid Phosphatase* (Poonguzhali *et al.*, 2008), *Bacillus* spp. (De Souza *et al.*, 2000), *Azotobacter* sp., dan *Erwinia* sp. (Ivanova *et al.*, 2006)

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perubahan populasi mikroorganisme pelarut fosfat berdasarkan lama aplikasi pupuk bokashi berkelanjutan pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik yang telah dilakukan dari tahun 2000 hingga 2006.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada lahan sawah di Kecamatan Pagelaran Kabupaten Tanggamus yang telah dibudidayakan secara intensif sejak tahun 1970 sampai tahun 2000. Sejak 6 tahun yang lalu dimulai pada tahun 2001 hingga 2006 (saat pengambilan sampel tanah dilaksanakan) secara bertahap setiap tahunnya pupuk dan pestisida kimia dihentikan dan digantikan dengan pemberian pupuk bokashi sebagai bahan organik sebanyak 4 t ha^{-1} pada setiap awal tanam (bulan Januari dan September), sejak itu cara ini disebut sistem pertanian organik. Pada setiap tahunnya dilakukan penanaman padi sebanyak 2 kali. Komposisi kimia pupuk bokashi yang diaplikasikan dapat dilihat pada Tabel 1.

Pupuk bokashi yang digunakan terbuat dari bahan-bahan seperti: jerami padi yang dihasilkan dari lahan seluas 0,25 hektar; pupuk kandang sebanyak 250 kg; dan mikroorganisme lokal (MOL) sebanyak 20 liter. Usaha tani ini sama sekali tidak menggunakan pupuk buatan atau pestisida sintesis. Pestisida yang digunakan hanya biopestisida dari ekstrak tumbuh-tumbuhan.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 5 perlakuan dengan 4 ulangan. Perlakuannya adalah: K0 = Tanpa bokashi (Kontrol; pemberian pupuk kimia intensif; tahun 2000); B1 = Aplikasi bokashi selama 3 musim tanam (12 t ha^{-1} ; tahun 2004); B2 = Aplikasi bokashi selama 4 musim tanam (16 t ha^{-1} ; tahun 2003); B3 = Aplikasi bokashi selama 7 musim tanam (28 t ha^{-1} ; tahun 2002); dan B4 = Aplikasi bokashi selama 9 musim tanam (36 t ha^{-1} ; tahun 2001)

Tabel 1. Sifat kimia pupuk bokashi.

Sifat Kimia	Pupuk Bokashi
N-total (%)	0,69
P (ppm)	556,14
C-organik (%)	5,97
pH H ₂ O	5,89
C/N ratio	8,65

Sumber: Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung (2006)

Pengambilan contoh tanah dilakukan pada bulan Mei tahun 2006 pada saat tanah dalam kondisi bera menjelang musim tanam kedua tahun 2006. Contoh tanah diambil dari petak persawahan organik pada kedalaman 0—20 cm. Pada masing-masing ulangan diambil 2 titik dan kemudian dikompositkan. Contoh tanah disimpan di dalam refrigerator (suhu $\pm 4^{\circ}\text{C}$) sampai penelitian akan dilaksanakan.

Penetapan populasi mikroorganisme pelarut fosfat dilakukan dengan pembuatan larutan fisiologis, ekstrak tanah, dan medium cair Pikovskaya. Contoh tanah sebanyak 10 g dimasukkan ke dalam larutan fisiologis yang telah dioautoklaf (seri pengenceran 10^{-1}). Untuk membuat seri pengenceran 10^{-2} hingga 10^{-5} sebanyak 1 ml suspensi dari seri pengenceran 10^{-1} dipindahkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml larutan fisiologis steril (seri pengenceran 10^{-2}), cara yang sama dilakukan hingga tahap seri pengenceran 10^{-5} . Kemudian dari setiap seri pengenceran sebanyak 1 ml diinokulasikan pada cawan petri steril yang ditambahkan medium cair Pikovskaya steril sebanyak ± 10 ml lalu ditutup dan didiamkan hingga medium membeku, dibalik dan diinkubasi dalam inkubator pada suhu 28°C selama 4 hingga 7 hari. Setelah masa inkubasi medium diamati, koloni yang berwarna putih dengan tepi bening (transparan) mencirikan adanya mikroorganisme pelarut fosfat.

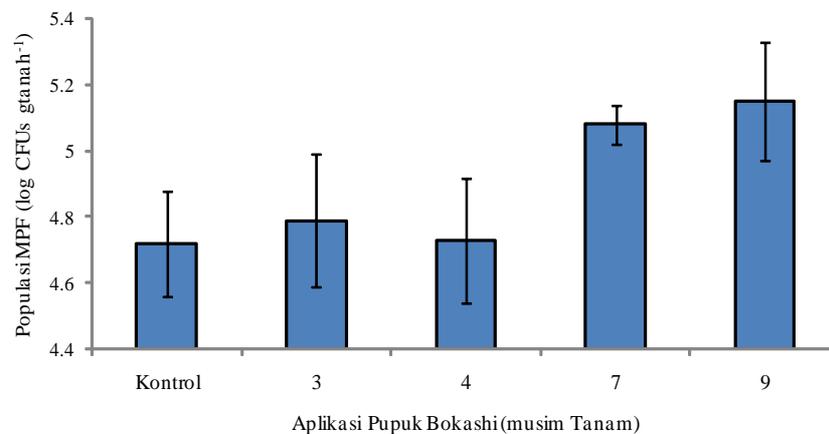
Terhadap contoh tanah tersebut juga dilakukan penetapan terhadap P-tersedia dalam tanah dengan menggunakan metode Bray I, pH tanah (H_2O) dengan menggunakan metode Elektrometrik, C-organik dengan menggunakan metode Walkley and Black, N-

total dengan menggunakan metode Kjeldahl dan Kadar Air dengan menggunakan metode Gravimetrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Mikroorganisme Pelarut Fosfat (MPF)

Peningkatan populasi mikroorganisme pelarut fosfat (MPF) akibat pemberian pupuk bokashi berkelanjutan pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik dapat dilihat pada Gambar 1. Pemberian pupuk bokashi selama 4 musim tanam mampu menurunkan populasi MPF sebesar 6,40% atau sebanyak $0,31 \log \text{CFU g}^{-1}$ tanah jika dibandingkan dengan pemberian pupuk bokashi selama 7 musim tanam. Penurunan ini diduga dipengaruhi oleh perbedaan pola tanam yang terdapat pada petak perlakuan pemberian pupuk bokashi dengan 4 musim tanam. Pada perlakuan tersebut, pada musim tanam bulan September tahun 2005 tidak dilakukan penanaman padi akan tetapi penanaman tanaman palawija dari jenis kacang-kacangan, selain itu pada saat penanaman palawija tidak diaplikasikan pupuk bokashi akan tetapi diaplikasikan jerami padi. Perbedaan jenis tanaman ini diduga mampu mempengaruhi mikroorganisme tanah yang lebih banyak berperan di dalam tanah seperti *Rhizobium* (bakteri penambat N). Bakteri ini mampu mengubah N dari udara menjadi bentuk N-terikat hanya melalui kerjasama dengan akar kacang-kacangan (Harjadi, 1996). Ditambahkan oleh Widawati (1999) bahwa mikroorganisme pelarut fosfat untuk dapat bertahan hidup pada daerah rizosfer harus berkompetisi terlebih dahulu dengan mikroba tanah, salah satunya *Rhizobium*.



Gambar 1. Pengaruh pemberian pupuk bokashi berkelanjutan terhadap populasi MPF pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik. Bar menunjukkan standar deviasi pada taraf 5%.

Tabel 2. Beberapa sifat kimia dan kadar air tanah akibat perlakuan bokashi berkelanjutan.

Perlakuan	Sifat Tanah					Kadar Air (%)
	P-tersedia (ppm)	C-organik (%)	N-total (%)	nisbah C/N	pH tanah	
K0	8,34	1,19	0,17	8,30	5,21	26,74
B1	3,26	1,22	0,13	9,34	4,85	31,90
B2	4,06	1,27	0,17	9,30	4,90	30,52

Keterangan: K0 = Kontrol (tanpa perlakuan); B1 = perlakuan bokashi 3 musim tanam (12 t ha⁻¹); B2 = perlakuan bokashi 4 musim tanam (16 t ha⁻¹); B3 = perlakuan bokashi 7 musim tanam (28 t ha⁻¹); B4 = perlakuan bokashi 9 musim tanam (36 t ha⁻¹).

Tabel 3. Uji korelasi antara beberapa sifat kimia dan fisik tanah dengan populasi MPF.

Variabel	Populasi MPF
C-organik	0,01 ^{tn}
N-total	0,06 ^{tn}
nisbah C/N	0,01 ^{tn}
pH tanah	0,04 ^{tn}
Kadar Air	0,32 ^{tn}

Keterangan: tn = tidak nyata

Hubungan Populasi MPF dengan beberapa Sifat Kimia dan Fisik Tanah

Hasil analisis beberapa sifat kimia tanah akibat pemberian pupuk bokashi berkelanjutan pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik disajikan pada Tabel 2. Hasil uji korelasi (Tabel 3) menunjukkan bahwa populasi MPF tidak berkorelasi dengan C-organik, N-total, nisbah C/N, pH tanah dan kadar air tanah.

Tidak adanya korelasi antara populasi MPF dengan sifat kimia tanah diduga karena secara umum populasi MPF yang terdapat pada seluruh perlakuan (K0, B1, B2, B3, dan B4) tidak menunjukkan adanya perbedaan. Hal ini diduga karena pada saat pengambilan contoh tanah kondisi sawah dalam keadaan kering, selain itu sumber energi bagi mikroorganisme tanah yang semakin menipis dengan terangkutnya tanaman pada saat pemanenan berikut akarnya.

Keadaan tanah yang kering menyebabkan musnahnya mikroorganisme pelarut fosfat yang bersifat anaerob, seperti *Pseudomonas sp.* dan *Bacillus substilis* (Supriyadi dan Sudadi, 2001) yang aktif pada saat tanah sawah tergenang air. Perbedaan populasi MPF yang kecil itu juga dapat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang kurang mendukung, salah

satunya yaitu keberadaan substrat yang dihasilkan oleh akar tanaman berupa eksudat akar. Eksudat ini akan mempengaruhi kehidupan mikroorganisme disekitar perakaran dengan memanfaatkannya sebagai sumber nutrisi dan sumber karbon bagi pertumbuhannya (Niswati *et al.*, 2008).

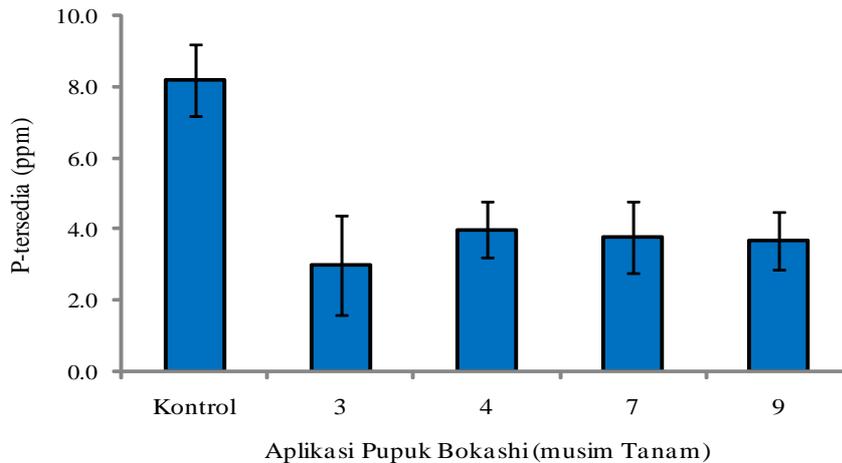
Pada saat pengambilan contoh tanah tidak memungkinkan adanya akar tanaman, karena tanaman padi secara keseluruhan telah terangkut pada saat pemanenan. Kemungkinan akar tanaman yang tertinggalpun hanya sedikit. Sedangkan populasi MPF lebih banyak ditemukan pada daerah perakaran atau rhizosfer (Musnamar, 2003). Oleh karena itu kondisi lingkungan yang hampir seragam ini menyebabkan populasi MPF yang ditemukan jumlahnya hampir sama.

P-tersedia Tanah

Kandungan P-tersedia dalam tanah akibat pemberian pupuk bokashi berkelanjutan pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik dapat dilihat pada Gambar 2.

Gambar 2 menunjukkan adanya penurunan kandungan P-tersedia di dalam tanah di setiap pengaplikasian pupuk bokashi per musim tanam jika dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk bokashi (K0). Namun, tidak terlihat adanya perbedaan antara kandungan P-tersedia akibat pemberian pupuk bokashi pada 3, 4, 7 dan 9 musim tanam.

Yafizham (2003) menyatakan bahwa mikroba pelarut fosfat secara tunggal dapat meningkatkan produksi tanaman 20 sampai 73% dan secara langsung mampu meningkatkan pelarutan P terikat tanah sehingga P tersedia dalam tanah semakin meningkat. Akan tetapi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dengan meningkatnya populasi MPF tidak diimbangi dengan meningkatnya kandungan P-tersedia di dalam tanah.



Gambar 2. Pengaruh pemberian pupuk bokashi berkelanjutan terhadap P-tersedia pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik. Bar menunjukkan standar deviasi pada taraf 5%.

Kandungan P-tersedia tertinggi terdapat pada perlakuan tanpa pupuk bokashi (K0) yaitu sebesar 8,34 ppm. Sedangkan kandungan P-tersedia yang terendah terdapat pada perlakuan pemberian pupuk bokashi selama 3 musim tanam (B1) yaitu sebesar 3,26 ppm. Tingginya kandungan P-tersedia dalam tanah pada perlakuan tanpa pupuk bokashi (K0) diduga dipengaruhi oleh residu pemberian pupuk anorganik secara intensif. Pupuk anorganik yang diberikan berupa pupuk SP36 sebanyak 150 kg ha⁻¹ atau setara 11,35 kg P tersedia ha⁻¹ pada setiap musim tanam dan tanaman padi hanya membutuhkan unsur P paling sedikit 0,10% (Jacob, 2001).

Dari analisis tanah terhadap kandungan P yang telah dilakukan menunjukkan bahwa kandungan P-tersedia pada seluruh perlakuan termasuk ke dalam kriteria yang sangat rendah (Staf Pusat Penelitian Tanah, 1983 *cit.* Jacob, 2001). Hal ini diduga diakibatkan penyerapan unsur P oleh tanaman padi yang digunakan untuk meningkatkan produksi tanaman tersebut. Kemudian unsur ini bersama-sama tanaman padi terangkut pada saat pemanenan sehingga unsur P yang tersedia di dalam tanah menjadi rendah. Ditambahkan Hanafiah (2005), unsur P lebih banyak menyusun bagian produksi dibandingkan dengan bagian jerami tanaman.

Tanaman padi yang telah terangkut pada saat pemanenan secara langsung membawa unsur P yang telah diserap dalam jumlah yang cukup besar, bahkan dapat melebihi jumlah unsur P yang diberikan ke dalam tanah melalui pupuk bokashi sebanyak 0,06 % atau setara 2,22 kg P-tersedia ha⁻¹ maupun melalui

pupuk SP-36 pada lahan kontrol yaitu sebesar 11,35 kg P-tersedia ha⁻¹. Jumlah unsur hara P yang terserap oleh tanaman padi berkisar 21,28-30,67 kg ha⁻¹ dengan asumsi penyerapan P sebesar 0,46%.

Penyerapan unsur hara P dalam jumlah yang tinggi menunjukkan adanya peranan dari mikroorganisme pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat. Perannya dapat dibuktikan dari besarnya jumlah P yang terangkut oleh tanaman padi yang berkisar 21,28-30,67 kg ha⁻¹. Padahal ketersediaan P akibat pemberian pupuk bokashi yang relatif rendah berkisar antara 6,66-19,98 kg ha⁻¹ yang kemudian mampu melarutkan bentuk P tidak larut menjadi P-larut sebanyak antara 9,98-16,51 kg ha⁻¹. Penyediaan unsur hara P yang cukup bagi tanaman inilah yang menyebabkan tanaman padi mampu berproduksi dengan baik dan semakin meningkat di setiap tahunnya (Tabel 3).

Dengan demikian penerapan sistem pertanian organik jika dilihat dari segi ketersediaan unsur hara P baik untuk dilaksanakan, karena mampu meningkatkan produktivitas tanaman padi. Akan tetapi diperlukan pemberian tambahan pupuk anorganik dalam jangka waktu 5 tahun sekali, hal ini dimaksudkan agar residu P yang ada di dalam tanah tidak habis terkuras karena dosis pupuk bokashi yang diberikan masih kurang mencukupi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Populasi MPF tidak nyata antara perlakuan tanpa pupuk bokashi dan seluruh perlakuan pemberian

Tabel 3. Produksi gabah kering varietas Pandan Wangi (kadar air 14%).

Tahun	Lama Aplikasi Bokashi	Produksi (kg ha ⁻¹)
MT 2000	0 tahun	4.560
MT 2001	1 tahun	4.965
MT 2002	2 tahun	5.375
MT 2003	3 tahun	5.973
MT 2004	4 tahun	6.573
MT 2005	5 tahun	7.362

pupuk bokashi. Namun, pemberian pupuk bokashi selama 4 musim tanam nyata menurunkan populasi MPF dibandingkan dengan pemberian pupuk bokashi selama 7 musim tanam. Populasi MPF tidak berkorelasi dengan C-organik, N-total, nisbah C/N, pH tanah dan kadar air tanah. Pemberian pupuk bokashi tidak mampu meningkatkan kandungan P-tersedia yang ada di dalam tanah jika dibandingkan tanpa pemberian pupuk bokashi (K0).

Mikroorganisme pelarut fosfat memiliki peranan di dalam menyediakan P-tersedia di dalam tanah yang dibuktikan dengan semakin meningkatnya produksi tanaman padi dari tahun ke tahun, meskipun sumbangan P dari pupuk bokashi relatif sedikit. Pemberian pupuk bokashi pada tanah sawah dengan sistem pertanian organik belum menyumbangkan P-tersedia dalam jumlah yang mencukupi karena P yang terserap oleh tanaman sebagian berasal dari residu akibat pemberian pupuk P baik dari pupuk bokashi maupun pupuk SP-36 yang sebelumnya telah diberikan secara intensif.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Widodo beserta keluarga besar Ikatan Petani Pengendali Hama Terpadu Indonesia (IPPHTI) di Kecamatan Pagelaran Kabupaten Tanggamus yang telah menyediakan lahan sawahnya untuk keperluan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

De Souza, M-J. B. D., S. Nair and D. Chandramohan. 2000. Phosphate solubilizing bacteria around Indian peninsula. *Indian J. Mar. Sci.* 29: 48-51.

- El-Azouni, I.M. 2008. Effect of phosphate solubilizing fungi on growth and nutrient uptake of soybean (*Glycine max L.*) plants. *J. Appl. Sci. Res.* 4(6): 592-598.
- Hanafiah, K. A. 2005. Dasar-dasar Ilmu Tanah. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 hlm.
- Harjadi, S. S. 1996. Pengantar Agronomi. PT Gramedia. Jakarta. 185
- Ivanova, R., D. Bojinova, and K. Nedialkova. 2006. Rock phosphate solubilization by soil bacteria. *J. Univ. Chem. Tech. Metall.* 41(3): 297-302.
- Jacob, A. 2001. Metode dan Teknik Pengambilan Contoh Tanah dan Tanaman dalam Mengevaluasi Status Kesuburan Tanah. Diakses dari <http://fapet.ipb.ac.id>. 4 Desember 2006.
- Kucey, R. M. N. 1983. Phosphate solubilizing bacteria and fungi in various cultivated and virgin Alberta soils. *Can. J. Soil Sci.* 63: 671-678.
- Niswati, A., S. Yusnaini, dan M.A.S. Arif. 2008. Populasi mikroorganisme pelarut fosfat dan p-tersedia pada rizosfir beberapa umur dan jarak dari pusat perakaran tanaman jagung (*Zea mays L.*). *J. Tanah Trop.* 13(2): 123-130.
- Padmini, O.S. dan T. Wirawati. 2000. Pengaruh dosis pupuk fosfat dan mikroorganisme efektif (EM-4) terhadap pertumbuhan dan hasil cabai. *Agrivet.* 4(1): 79-84.
- Plante, A.F. 2007. Soil biogeochemical cycling of inorganic nutrients and metals. In: *Soil Microbiology, Ecology, and Biochemistry*, 3rd, E.A. Paul (Ed.). Academic Press. Amsterdam, pp. 389-432.
- Poonguzhali, Selvaraj, M. Madhaiyan, and T. Sa. 2008. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria from Chinese Cabbage and their effect on growth and phosphorus utilization of plants. *J. Microbiol. Biotechnol.* 18(4): 773-777.
- Rao, N. S. 1986. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Penerbit UI Jakarta. 353 hlm.
- Stockdale, E.A., Shepherd, M.A., Fortune, S., Cuttle, S.P., 2002. Soil fertility in organic farming systems-fundamentally different? *Soil Use and Management* 18: 301-308.
- Supriyadi dan Sudadi. 2001. Efektifitas bakteri pelarut fosfat pada beberapa macam bahan pembawa inokulum. *Sains Tanah* 1(1): 30-36.
- Widawati, S. 1999. Pengaruh introduksi mikroba tanah terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max L.*) di tanah masam. *J. Mikrobiol. Trop.* II(2): 61-67.
- Yafizham. 2003. Aplikasi mikroba pelarut fosfat dan pupuk P terhadap produksi kacang tanah pada tanah podsolik merah kuning. *J. Agrotrop.* VIII(1): 18-22.