

Pemanfaatan Mikoriza, Bahan Organik, dan Fosfat Alam terhadap Hasil, Serapan Hara Tanaman Mentimun, dan Sifat Kimia pada Tanah Masam Ultisol

Rosliani, R., Y. Hilman, dan N. Sumarni

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391

Naskah diterima tanggal 8 Mei 2008 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 24 Juli 2008

ABSTRAK. Penelitian dilakukan di lahan petani di daerah Kabupaten Lebak, Banten. Jenis tanah Ultisol dengan kandungan P rendah dan karakteristik fisik yang buruk. Tujuan percobaan adalah mempelajari pengaruh inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, penyediaan bahan organik dari pupuk kandang domba, dan dosis fosfat alam terhadap serapan P oleh tanaman, hasil mentimun, dan kandungan hara tanah masam Ultisols. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli sampai Oktober 2004. Perlakuan terdiri atas 3 dosis fosfat alam, pupuk kandang domba, dan inokulasi mikoriza. Kombinasi perlakuan seluruhnya ada 12 dengan 3 ulangan yang disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang domba meningkatkan efisiensi penggunaan fosfat alam, bobot buah, dan serapan hara. Interaksi antara mikoriza dengan pupuk P dan bahan organik dengan pupuk P berpengaruh nyata terhadap serapan P. Tanpa pupuk kandang domba maupun tanpa mikoriza, dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun adalah 200 kg P_2O_5 /ha, sedangkan dengan pupuk kandang domba maupun dengan mikoriza dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun yang sama hanya 100 kg P_2O_5 /ha dan kombinasi perlakuan tersebut meningkatkan ketersediaan P tanah. Inokulasi mikoriza tanpa bahan organik menurunkan pH tanah. Penggunaan fosfat alam pada dosis tinggi dengan adanya bahan organik meningkatkan senyawa Ca-P pada tanah Ultisols. Teknologi yang diperoleh dari penelitian ini sangat berguna untuk pengembangan tanaman sayuran pada tanah-tanah masam atau lahan marginal seperti Ultisols.

Katakunci: *Cucumis sativus*; Fosfat alam; Bahan organik; Cendawan mikoriza arbuskula; Mikroorganisme berguna; Serapan hara; Hasil; Sifat kimia tanah; Tanah masam.

ABSTRACT. Rosliani, R., Y. Hilman, and N. Sumarni. 2009. **The Effect of Rock Phosphate Fertilizer and Sheep Manure Application, and Arbuscular Mycorrhizae Fungi Inoculation on the Growth and Yield of Cucumber in Ultisol Acid Soil.** The experiment was conducted at the farmer field in Lebak District of Banten Province. The soil was Ultisols with low available P and poor physical property. The objectives of this experiment was to study the effect of rock phosphate and sheep manure application, and arbuscular mycorrhizae fungi inoculation on the growth, P uptake, and yield of cucumber in acid soil. The treatments consisted of 3 levels of rock phosphate, 2 levels of sheep manure, and 2 levels of mycorrhizae inoculation. All treatment combinations were arranged in factorial randomized block design with 3 replications. The results showed that sheep manure supply could increased the efficiency of rock phosphate application, growth, yield of cucumber, and nutrient uptake. The effect of mycorrhizae inoculation was more clear when accompanied by sheep manure supply. Interaction of sheep manure and rock phosphate or mycorrhizae inoculation and rock phosphate significantly increased P uptake. Without sheep manure supply and without mycorrhizae inoculation, 200 kg P_2O_5 /ha of rock phosphate was needed compare with sheep manure supply and mycorrhizae inoculation, which only required 100 kg P_2O_5 /ha of rock phosphate to reach the same productivity of cucumber fruit, and these treatment combination P availability were also increased. Mycorrhizae inoculation without sheep manure could decrease the soil pH. Rock phosphate at high dosage with sheep manure could increase Ca-P on Ultisols acid soil. The results of the experiment could be benefit for the development of vegetables on acid soils or marginal land such as Ultisols.

Keywords: *Cucumis sativus*; Rock phosphate; Organic matter; Arbuscular mycorrhizae fungi; Beneficial microorganism; Nutrient uptake; Yield; Chemical properties; Acid soil.

Tanah masam di Indonesia merupakan lahan marginal yang cukup luas, baik luasannya maupun penyebarannya. Menurut pengertian FAO (1976), lahan marginal merupakan lahan yang tidak sesuai secara ekonomis atau tidak produktif untuk berbagai penggunaan dan memerlukan perbaikan satu atau lebih pembatas biosfisik, agar dapat digunakan kembali untuk kegiatan produktif.

Tingkat kesuburan tanah tersebut tergolong rendah terutama tingkat ketersediaan P tanah akibat difiksasi oleh Al dan Fe.

Ada beberapa usaha untuk memecahkan masalah fiksasi unsur P pada tanah masam di antaranya dengan penggunaan fosfat alam, inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, dan pemberian bahan organik.

Untuk tanaman semusim seperti mentimun, ketersediaan P yang cukup pada tahap awal pertumbuhan adalah sangat penting. Studi aplikasi P tanaman yang ditanam pada tanah-tanah masam (tanah-tanah dengan curah hujan tinggi), menunjukkan bahwa lebih dari 90% P larut (seperti superfosfat) mampu dijerap oleh partikel-partikel tanah dalam kompleks adsorpsi tanah (Dias *et al.* 2000). Bagian terbesar dari P yang dijerap ini ada dalam bentuk yang tidak tersedia berada dalam ketidakseimbangan dengan P dalam larutan dan tidak dapat diserap oleh tanaman (Novais dan Smyth 1999 *dalam* Dias *et al.* 2000).

Pada tanah-tanah masam, fosfat alam mempunyai lebih banyak keunggulan daripada pupuk fosfat lainnya yang mempunyai tingkat kelarutan tinggi, seperti TSP, DAP, dan SP. Keunggulan ini berasal dari sumber P dan Ca yang memberikan keuntungan dalam mengurangi tingkat kemasaman, meningkatkan kejenuhan basa, dan menyediakan hara untuk tanaman. Reaksi masam adalah prasyarat proses pelarutan P dari fosfat alam (Kanabo dan Dilkes 1987).

Cendawan mikoriza arbuskula mempunyai pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan proses-proses fisiologi lain pada tanaman (Gianinazzi-Person *et al.* 1981, Bolan *et al.* 1984, Hirata *et al.* 1988). Bolan (1991) menyatakan bahwa pengaruh menguntungkan dari cendawan mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan tanaman sering dihubungkan dengan peningkatan serapan hara yang tidak tersedia, terutama fosfor. Berbagai mekanisme didiskusikan dalam proses peningkatan serapan P oleh tanaman bermikoriza, seperti perpindahan P yang lebih cepat di dalam hifa mikoriza dan kelarutan fosfor tanah (Bolan 1991). Kelarutan P tanah dicapai melalui pelepasan asam organik dan enzim fosfat. Manfaat terbesar dari inokulasi mikoriza diperoleh dengan penggunaan besi fosfat dan fosfat alam sebagai sumber P (Bolan *et al.* 1987, Bolan 1991). Peningkatan pertumbuhan tanaman karena bersimbiose dengan mikoriza ditemukan lebih besar pada sumber P yang sukar larut daripada sumber P yang mudah larut (Bolan *et al.* 1987). Hal ini sejalan dengan penggunaan fosfat alam. Pada status tingkat P tinggi, tingkat kelarutan P adalah sangat kecil (Mulyadi 1997).

Penambahan bahan organik (sisa-sisa tanaman dan kotoran ternak) ke dalam tanah akan meningkatkan adsorpsi P maksimum karena proses dekomposisi dan mineralisasi. Anuar *et al.* (1993), menyimpulkan bahwa proses mineralisasi bahan organik kotoran ayam, menghasilkan P tersedia lebih tinggi pada minggu kedua dan ketiga, sementara kandungan Ca dan Mg secara nyata meningkat setiap minggu, sedangkan C-organik dan kapasitas tukar kation adalah tinggi pada minggu ketiga dengan sisa-sisa tanaman (jerami padi dan serbuk gergaji).

Penelitian tentang hubungan cendawan mikoriza arbuskula dan bahan organik terhadap mobilisasi fosfat anorganik yang tidak larut dari fosfat alam sudah dilakukan tetapi data bahwa percobaan tersebut telah mampu membuktikan ada hubungan antara kedua komponen tidak cukup.

Hipotesis penelitian yaitu inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, pemberian pupuk kandang domba, dan dosis fosfat alam yang tepat dapat meningkatkan serapan P tanaman, hasil mentimun dan sifat kimia pada tanah masam Ultisols. Penelitian bertujuan untuk mempelajari pengaruh inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, pemberian pupuk kandang domba, dan dosis fosfat alam terhadap serapan P, hasil mentimun, dan sifat kimia pada tanah masam.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Percobaan ini dilakukan pada tanah masam Ultisol yang mempunyai kandungan P tersedia rendah dan sifat fisik yang jelek (Tabel 1). Rancangan percobaan yang digunakan yaitu acak kelompok faktorial dengan 3 ulangan. Perlakuan percobaan terdiri atas: faktor 1 = mikoriza (tanpa dan dengan mikoriza, dosis 10 g/tanaman), faktor 2 = pupuk kandang (pukan) domba (tanpa dan dengan pupuk kandang domba, dosis 10 t/ha), dan faktor 3 = dosis fosfat alam (0, 100, dan 200 kg P₂O₅/ha).

Ukuran petak 4x3 m dan benih mentimun ditanam dengan jarak tanam 70x30 cm, pada setiap petak ada 5 baris dan 9 tanaman setiap barisnya. Perlakuan fosfat alam dan pupuk

kandang diberikan seminggu sebelum tanam, sedangkan mikoriza diberikan pada saat tanam dengan cara dimasukkan ke dalam lubang tanam ditabur di bawah benih mentimun. Mikoriza yang digunakan adalah endomikoriza/DRAZ M yang mengandung cendawan *Glomus* sp., dan *Gigaspora* sp. dengan tanah sebagai *carrier*-nya. Pupuk Urea dan pupuk KCl diberikan masing-masing sebanyak 100 kg N/ha dan 100 kg K₂O/ha. Pemeliharaan tanaman seperti penyiraman dan pengendalian hama penyakit dilakukan sesuai dengan keadaan di lapangan.

Pengamatan meliputi pengambilan contoh tanaman (2 tanaman) sebanyak 3 kali, yaitu pada fase awal pertumbuhan (14 HST), fase pembungaan (28 HST), dan fase pematangan (42 HST) untuk mengukur serapan P oleh tanaman, bobot buah mentimun, dan kandungan hara dalam tanah (sifat kimia). Metode pengamatan serapan hara dengan mengukur bobot kering tanaman total dan diukur konsentrasi unsur P di laboratorium (Metode Olsen). Pengujian laboratorium dilakukan juga pada tanah sebelum percobaan dan bahan organik (pupuk kandang domba) yang digunakan untuk mengetahui sifat-sifat kimianya.

Data dianalisis dengan uji ANOVA dan uji lanjut duncan multiple range test (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri Kimia Tanah dan Pupuk Kandang

Ciri kimia tanah Ultisols dan pupuk kandang domba disajikan pada Tabel 1. Tanah Ultisols mempunyai kandungan liat (tekstur) yang sangat tinggi (>75%), sehingga secara fisik tanah ini mempunyai struktur yang sangat jelek (keras, tidak gembur, dan drainase jelek) untuk pertumbuhan tanaman sayuran (mentimun). Begitu pula dengan sifat kimianya. Tanah Ultisols mempunyai tingkat kemasaman yang tinggi, miskin bahan organik maupun unsur-unsur hara lainnya terutama P. Kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa juga rendah, sedangkan kejenuhan Al sangat tinggi yang dapat mengganggu proses pertumbuhan tanaman. Pupuk kandang domba yang digunakan mempunyai ciri kimia yang cukup baik dengan C/N rasio = 7, kandungan C organik (= 15,9%),

Tabel 1. Ciri kimia tanah percobaan dan pupuk kandang domba (*Chemical characteristics of the experimental soil and sheep manure*)

Ciri kimia (<i>Chemical characteristics</i>)	Tanah (<i>Soil</i>)	Pupuk kandang domba (<i>Sheep manure</i>)
Tekstur (<i>Texture</i>)		
Pasir (<i>Sand</i>), %	15	-
Debu (<i>Dust</i>), %	7	-
Liat (<i>Clay</i>), %	78	-
pH H ₂ O	4,8	-
pH KCl	4,1	-
C-Organik (<i>Organic</i>), %	1,9	15,9
N-Total, %	0,22	2,17
C/N	8,6	7,0
P-Bray, mg/kg	2,5	-
KTK (<i>CEC</i>), cmol/kg	16,91	-
Kejenuhan basa, %	14,02	-

dan N organik (= 2,17%).

Serapan P oleh Tanaman

Interaksi antara mikoriza, pupuk kandang domba dengan dosis fosfat alam, atau antara mikoriza dengan dosis fosfat alam terhadap serapan P pada umur 14 hari tidak nyata. Pada fase pembungaan (umur 28 hari) dan fase pematangan (42 hari) terjadi interaksi antara mikoriza dengan dosis P (Tabel 2), sedangkan interaksi antara pupuk kandang dengan dosis P terjadi pada umur 14, 28, dan 42 hari (Tabel 3).

Tanpa inokulasi mikoriza, peningkatan dosis P meningkatkan serapan P sampai dengan 200 kg P₂O₅/ha, tetapi serapan P berkurang pada dosis 100 kg P₂O₅/ha dengan inokulasi mikoriza pada 28 hari (Tabel 2). Hal yang sama terjadi pada umur 42 hari.

Pada umur 14 hari, dosis pupuk P baik dengan maupun tanpa suplai pupuk kandang domba, umumnya, meningkatkan serapan fosfor tanaman mentimun. Selanjutnya, suplai pupuk kandang domba memperbaiki serapan fosfor oleh tanaman mentimun. Peningkatan tertinggi dari serapan fosfor terjadi pada 200 kg P₂O₅/ha (2 kali lipat dari tanpa P + pupuk kandang domba) dan (15 kali lipat dari tanaman kontrol, tanpa P maupun tanpa pupuk kandang domba). Tanpa pupuk kandang domba, peningkatan dosis P

Tabel 2. Pengaruh interaksi antara mikoriza dengan dosis P terhadap serapan P pada umur 28 dan 42 hari (*Interaction effect of mycorrhizae and P rate on P uptake at 28 and 42 days*)

Dosis P (P Rate) Kg P ₂ O ₅ /ha	Serapan P (P Uptake), mg/2 tanaman (plants)			
	28 Hari (Days)		42 Hari (Days)	
	Tanpa mikoriza (Without mycorrhizae)	Dengan mikoriza (With mycorrhizae)	Tanpa mikoriza (Without mycorrhizae)	Dengan mikoriza (With mycorrhizae)
0	14,64 c	28,09 b	49,62 c	46,32 c
100	31,10 b	51,90 a	113,39 b	157,65 a
200	53,20 a	44,19 a	158,59 a	147,47 a

Tabel 3. Pengaruh interaksi antara pupuk kandang domba dengan dosis P terhadap serapan P tanaman pada umur 14, 28, dan 42 hari (*Interaction effect of sheep manure and P rate on P uptake at 14, 28, and 42 days*)

Dosis P (P Rate) Kg P ₂ O ₅ /ha	Serapan P (P uptake), mg/2 tanaman (plants)					
	14 Hari (Days)		28 Hari (Days)		42 Hari (Days)	
	Tanpa pukan (Without manure)	Dengan pukan (With manure)	Tanpa pukan (Without manure)	Dengan pukan (With manure)	Tanpa pukan (Without manure)	Dengan pukan (With manure)
0	0,52 c	3,58 b	2,83 c	39,90 b	4,57 c	91,37 b
100	1,66 bc	6,57 a	25,51 b	57,49 a	124,14 b	146,90 a
200	2,44 b	7,66 a	55,17 b	42,20 a	159,80 a	146,26 a

Tabel 4. Pengaruh interaksi antara pupuk kandang domba dengan dosis P dan mikoriza dengan dosis P terhadap serapan P buah (*Interaction effect of sheep manure with P rate and mycorrhizae with P rate on fruit P uptake*)

Dosis P (P Rate) Kg P ₂ O ₅ /ha	Serapan P buah (Fruit P uptake) mg/2 tanaman (Plants)		Serapan P buah (Fruit P uptake) mg/2 tanaman (Plants)	
	Tanpa mikoriza (Without mycorrhizae)	Dengan mikoriza (With mycorrhizae)	Tanpa pukan (Without manure)	Dengan pukan (With manure)
	0	15,25 c	15,89 c	0 c
100	31,17 b	44,73 b	15,88 bc	60,02 a
200	61,63 a	43,07 b	43,48 b	61,22 a

meningkatkan serapan P sampai 200 kg P₂O₅/ha pada umur 28 dan 42 hari.

Data Tabel 4 menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang nyata antara inokulasi mikoriza dengan dosis P dan antara pupuk kandang domba dengan dosis P terhadap serapan P buah. Hal ini berarti bahwa perbandingan di antara dosis fosfat alam bergantung pada inokulasi mikoriza atau pupuk kandang domba. Tanpa mikoriza, pemberian P pada dosis tinggi (200 kg P₂O₅/ha) merupakan yang terbaik diikuti oleh dosis 100 kg P₂O₅/ha. Pada mikoriza, serapan P tertinggi adalah pada dosis 100 kg P₂O₅/ha. Peningkatan dosis P menjadi tidak efisien untuk buah mentimun dan

mengurangi serapan P buah.

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa serapan P buah untuk dosis yang berbeda dan suplai pupuk kandang domba secara nyata meningkat. Pada perlakuan tanpa pupuk kandang, serapan P tertinggi adalah 200 kg P₂O₅/ha, sedangkan dengan pupuk kandang serapan tertinggi adalah 100 kg P₂O₅/ha.

Hasil Mentimun

Tabel 5 menunjukkan terjadi interaksi antara mikoriza x bahan organik x dosis P terhadap bobot buah mentimun. Pemberian pupuk kandang domba baik dengan perlakuan inokulasi mikoriza

Tabel 5. Interaksi antara mikoriza, pupuk kandang domba, dan dosis P terhadap bobot buah mentimun (*Interaction of mycorrhizae, sheep manure, and P rate on fruit weight of cucumber*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)			Bobot buah mentimun (<i>Fruit weight of cucumber</i>) g/12 m ²
Mikoriza (<i>Micorrhizae</i>)	Pupuk kandang domba (<i>Sheep manure</i>)	Dosis P (<i>P rate</i>) Kg/ha	
Tanpa (<i>Without</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	0 c
		100	2.470 bc
		200	3.100 bc
Tanpa (<i>Without</i>)	Dengan (<i>With</i>)	0	4.350 b
		100	8.100 a
		200	9.150 a
Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	0 c
		100	2.000 bc
		200	3.250 bc
Dengan (<i>With</i>)	Dengan (<i>With</i>)	0	5.200 b
		100	9.750 a
		200	9.030 a

maupun tanpa inokulasi mikoriza pada berbagai dosis P, terbukti mampu meningkatkan bobot buah mentimun. Data tersebut menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk kandang domba, aplikasi mikoriza, dan fosfat alam tidak efisien.

Inokulasi mikoriza tanpa perlakuan pemberian pupuk kandang domba tidak dapat meningkatkan buah mentimun, sedangkan dengan pemberian pupuk kandang domba keuntungan inokulasi mikoriza dalam meningkatkan produksi tanaman adalah jelas. Hasil ini menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza harus diimbangi dengan pemberian pupuk kandang domba yang cukup. Artinya, keberadaan bahan organik diperlukan oleh mikoriza untuk meningkatkan produksi mentimun pada tanah Ultisols. Hal ini karena keberadaan secara alami bahan organik pada tanah Ultisols adalah tidak mencukupi (C-organik 1,9%) untuk memberi manfaat bagi tingkat infeksi akar pada tanaman mentimun. Hasil percobaan sebelumnya menunjukkan bahwa mikoriza arbuskula, terutama yang mempunyai sifat heterotropik, membutuhkan bahan organik

untuk mengembangkan populasinya (Simarmata 1995).

Pemberian pupuk kandang domba tidak hanya meningkatkan manfaat inokulasi mikoriza pada tanah masam tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan fosfat alam. Tidak ada buah yang dihasilkan tanpa pemberian pupuk kandang domba dan perlakuan tanpa aplikasi P (kontrol). Untuk mendapatkan bobot buah tertinggi, tanaman membutuhkan dosis P yang lebih tinggi (paling sedikit 200 kg P₂O₅/ ha). Dengan penambahan pupuk kandang domba untuk mendapatkan buah mentimun tertinggi, hanya membutuhkan penambahan dosis 100 kg P₂O₅/ha. Hal ini berhubungan dengan peranan bahan organik (kotoran domba) dalam pelarutan hara terutama hara fosfor (P).

Sifat Kimia Tanah Ultisols

pH_{H2O}

Data pengaruh inokulasi mikoriza, pemberian bahan organik dan dosis P disajikan pada Tabel 6. Selama pertumbuhan mentimun, pH tanah menurun. Menurut Hissinger dan Gilkes (1995), spesies tanaman mengeluarkan asam organik dari akar selama masa pertumbuhan.

Pada umumnya, inokulasi mikoriza tanpa bahan organik, menurunkan pH tanah. Penurunan pH tanah disebabkan kation-kation, seperti Ca yang diserap oleh tanaman pada perlakuan inokulasi mikoriza selama masa pertumbuhan, lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan tanpa inokulasi mikoriza. Hal ini disebabkan karena peranan mikoriza yang dapat meningkatkan serapan hara termasuk Ca, sehingga menurunkan Ca dalam tanah. Akan tetapi, dengan pemberian bahan organik, perbedaan pH tanah antara tanpa dan dengan inokulasi mikoriza, menjadi lebih kecil. Hal ini menunjukkan kandungan kalsium dalam tanah dengan aplikasi bahan organik (kotoran domba) lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian bahan organik. Hasil analisis menunjukkan bahwa kotoran domba mengandung 3,5% Ca (Tabel 1). Dengan demikian penambahan bahan organik dapat meningkatkan kandungan Ca dan mengurangi pengaruh mikoriza dalam menurunkan pH tanah.

Tabel 6. Pengaruh inokulasi mikoriza, bahan organik, dan dosis P terhadap pH tanah (Soil pH as affected by mycorrhizae inoculation, organic matter amendment, and P rate)

Inokulasi mikoriza (<i>Mycorrhizae inoculation</i>)	Bahan organik (<i>Organic matter</i>)	Dosis P (<i>P rate</i>) kg P ₂ O ₅ /ha	pH tanah (<i>Soil pH</i>)		
			14 HST (<i>DAP</i>)	28 HST (<i>DAP</i>)	42 HST (<i>DAP</i>)
Tanpa (<i>Without</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	4,3	4,4	4,3
		100	4,4	4,4	4,3
		200	4,5	4,5	4,4
	Dengan (<i>With</i>)	0	4,4	4,4	4,3
		100	4,5	4,4	4,3
		200	4,6	4,4	4,4
Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	4,3	4,3	4,0
		100	4,4	4,3	4,1
		200	4,4	4,4	4,2
	Dengan (<i>With</i>)	0	4,4	4,3	4,2
		100	4,5	4,5	4,3
		200	4,5	4,5	4,4

Tabel 7. Ketersediaan P (Olsen) yang dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza, bahan organik, dan dosis P (Availability of P (Olsen) as affected by mycorrhizae inoculation, organic matter amendment, and P rate)

Inokulasi mikoriza (<i>Mycorrhizae inoculation</i>)	Bahan organik (<i>Organic matter</i>)	Dosis P (<i>P rate</i>) Kg P ₂ O ₅ /ha	P tersedia (<i>Available P</i>), ppm		
			14 HST (<i>DAP</i>)	28 HST (<i>DAP</i>)	42 HST (<i>DAP</i>)
Tanpa (<i>Without</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	9,95	8,02	7,73
		100	48,73	19,17	21,31
		200	46,06	39,78	39,86
	Dengan (<i>With</i>)	0	14,36	13,45	15,41
		100	65,18	34,62	57,28
		200	134,87	53,84	48,51
Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	15,28	7,64	10,74
		100	94,97	18,86	17,73
		200	114,31	89,46	40,30
	Dengan (<i>With</i>)	0	22,40	14,10	16,24
		100	68,11	60,52	48,03
		200	161,94	44,92	44,67

Peningkatan dosis P dari fosfat alam umumnya meningkatkan pH tanah. Hasil ini menunjukkan bahwa dengan dosis P (fosfat alam) yang lebih tinggi, banyak Ca dilepaskan dalam bentuk Ca bebas yang menyebabkan pH tanah lebih tinggi. Fosfat alam mengandung 129 mg Ca/kg bahan kering.

Ketersediaan P

Data perubahan P tersedia dalam tanah Ultisols selama 14 sampai 42 hari pertanaman, disajikan pada Tabel 7.

P tersedia meningkat sejalan dengan waktu. Peningkatan P tersedia dari 14 sampai 28 hari atau 28 sampai 42 hari, tampaknya erat kaitannya dengan karakteristik tanaman (mentimun). Seperti yang dikemukakan Hinsinger dan Gilkes (1995), spesies tanaman mengeluarkan asam organik dari akarnya untuk melarutkan fosfat alam, dan kemampuannya berbeda secara kuantitatif antara spesies tanaman. Kelarutan fosfat alam pada banyak tanah-tanah masam menyediakan ion hidrogen yang cukup untuk menghasilkan P yang dilarutkan cukup untuk

meningkatkan ketersediaan P tanah dan untuk memenuhi kebutuhan tanaman (Khasawneh dan Doll 1978). Jadi dengan adanya fosfat alam, banyak P yang larut atau tersedia untuk tanaman pada tanah masam.

Ketersediaan P tanah Ultisols pada semua fase perkembangan tanaman, meningkat dengan meningkatnya dosis P, baik dengan atau tanpa inokulasi mikoriza atau tanpa dan dengan pemberian bahan organik. Pada inokulasi mikoriza yang dikombinasikan dengan bahan organik, peningkatan P tersedia hanya terjadi pada 100 kg P₂O₅/ha dan peningkatan dosis pupuk fosfat alam di atas 100 kg P₂O₅/ha cenderung mengurangi P tersedia. Fenomena ini menunjukkan bahwa kehadiran bahan organik, peningkatan dosis P baik pada tanpa maupun dengan inokulasi mikoriza, berpengaruh sangat besar terhadap ketersediaan P. Penggunaan bahan organik dimaksudkan untuk menciptakan kondisi tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan mensuplai Ca yang mungkin menyebabkan Ca dalam bentuk Ca-P. Oleh karena itu, penggunaan fosfat alam pada dosis yang lebih tinggi dengan pemberian bahan organik, mampu mengurangi ketersediaan P melalui peningkatan erapan P oleh tanah (kompleks Ca-P).

Fraksi Fosfat pada Tanah Ultisols

Di Indonesia, tanah-tanah masam biasanya didominasi oleh tingginya kadar besi (Fe) dan

aluminium (Al). P inorganik tanah sebagian besar berada dalam ikatan Al-, Fe-, dan Ca-Fosfat. Perbandingan Al-, Fe-, dan Ca-P pada fase awal pertumbuhan (14 hari) dan fase pematangan (42 hari), umumnya dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza, bahan organik dan fosfat alam yang diaplikasikan, di mana fosfat alam yang digunakan tampak meningkatkan Al-, Fe-, dan Ca-P (Tabel 8). Semakin tinggi dosis P yang digunakan, semakin tinggi kandungan fraksi P yang dibutuhkan. Kecenderungan serupa juga tampak dalam hal inokulasi mikoriza dan pemberian bahan organik.

Pada fase awal pertumbuhan, bagian yang relatif besar dari residu fosfat sebagai Fe-P, kecuali pada tanah yang diinokulasi mikoriza dengan aplikasi fosfat alam pada dosis 100 dan 200 kg P₂O₅/ha. Akan tetapi, pada fase pematangan (42 hari) (Tabel 9) perbandingan Al-P dan Fe-P menjadi lebih rendah dibandingkan dengan fase pertumbuhan awal (14 hari). Sebaliknya, aplikasi fosfat alam meningkatkan jumlah Ca-P secara nyata. Hal ini menunjukkan bahwa aplikasi fosfat alam mengakibatkan peningkatan konsentrasi P dan Ca pada tanah Ultisols. Namun demikian, bagian Ca-P secara relatif masih terlihat lebih rendah dari Al-P dan Fe-P. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh lamanya pengamatan atau umur mentimun yang pendek (<2 bulan). Di Malaysia, tanah-tanah masam di mana aplikasi fosfat alam diberikan selama 8 tahun (percobaan jangka

Tabel 8. Fraksi fosfat pada tanah Ultisol yang ditanami mentimun pada umur 14 hari (*Phosphate fraction in Ultisol soil type grown with cucumber at 14 days old*)

Perlakuan (Treatment)			Fraksi fosfat (<i>Phosphate fraction</i>) mg/perlakuan (treatment)			
Inokulasi mikoriza (<i>Mycorrhizae inoculation</i>)	Pemberian bahan organik (<i>Organic matter amendment</i>)	Dosis P (<i>P rate</i>) kg P ₂ O ₅ /ha	Al-P	Fe-P	Ca-P	Total
Tanpa (<i>Without</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	12,74	65,11	5,16	83,01
		100	167,87	203,48	8,87	380,22
		200	223,37	258,12	10,55	492,04
	Dengan (<i>With</i>)	0	46,18	122,96	5,27	174,41
		100	278,39	288,83	6,81	574,03
		200	369,58	414,15	15,56	799,29
Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	16,13	84,12	5,20	105,45
		100	281,09	264,29	12,11	557,49
		200	318,09	316,84	18,74	653,67
	Dengan (<i>With</i>)	0	59,43	138,69	5,76	203,88
		100	295,36	167,09	6,88	469,33
		200	592,35	200,95	13,47	806,77

Tabel 9. Fraksi fosfat pada tanah Ultisol yang ditanami mentimun pada umur 42 hari (*Phosphate fraction in Ultisol soil type grown with cucumber at 42 days old*)

Perlakuan (Treatment)			Fraksi fosfat (Phosphate fraction) mg/perlakuan (treatment)				
Inokulasi mikoriza (<i>Mycorrhizae inoculation</i>)	Pemberian bahan organik (Organic matter amendment)	Dosis P (P rate) kg P ₂ O ₅ /ha	Al-P	Fe-P	Ca-P	Total	
Tanpa (<i>Without</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	22,41	62,57	8,75	93,73	
		100	98,28	113,04	50,81	262,13	
		200	251,94	169,11	70,43	491,48	
	Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	47,50	93,90	8,27	149,67
			100	265,38	144,92	35,84	446,14
			200	267,50	241,81	53,89	563,2
Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	13,63	62,64	5,85	82,12	
		100	63,38	117,08	17,36	197,82	
		200	298,69	310,06	47,91	656,66	
	Dengan (<i>With</i>)	Tanpa (<i>Without</i>)	0	25,63	215,42	17,74	258,79
			100	179,27	242,59	29,69	451,55
			200	186,62	433,12	35,05	654,79

panjang) setelah pohon karet mencapai dewasa, Ca-P yang ditemukan secara nyata pada P daun karet masih tersisa pada tingkat sedang (Hanafi dan Syers 1994). Selain itu juga telah diamati bahwa aplikasi fosfat alam pada minyak palem menyebabkan banyak P di dalam tanah sebagai Ca-, Al-, dan Fe-P, fraksi terbesar berada dalam bentuk Ca-P.

KESIMPULAN

1. Pemberian bahan organik meningkatkan efisiensi penggunaan fosfat alam, bobot buah, dan serapan hara.
2. Interaksi antara mikoriza dengan pupuk P dan bahan organik dengan pupuk P berpengaruh nyata terhadap serapan P.
3. Tanpa bahan organik maupun tanpa mikoriza, dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun adalah 200 kg P₂O₅/ha, sedangkan dengan bahan organik maupun dengan mikoriza dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun hanya 100 kg P₂O₅/ha dan kombinasi perlakuan tersebut meningkatkan ketersediaan P.
4. Inokulasi mikoriza tanpa bahan organik menurunkan pH tanah, sedangkan peningkatan dosis P dari fosfat alam meningkatkan pH tanah.

5. Penggunaan fosfat alam pada dosis tinggi dengan adanya bahan organik meningkatkan senyawa Ca-P pada tanah Ultisols.

PUSTAKA

1. Anuar, A. R., H. A. H. Sharifuddin, M. F. Shahbudin and A. R. Zaharah. 1993. Effectiveness of Effective Microorganisms (EM) on Maize Grown on Sandy tin Tailings. *Proceeding the Second Int'l Conference on effective Microorganisms (EM) Held at Kyusei Nature Farming enter Saraburi*, Thailand:42-54 p.
2. Bolan, N. S., A. D. Robson, N. J. Barrow, and L. A. G. Aylmore. 1984. Specific Activity of Phosphorus in Mycorrhizal and Non-mycorrhizal Plants in Relation to the Availability of Phosphorus to Plants. *Soil Biol. Biochem.* 16:229-304.
3. _____. 1987. Effect of Vascular Arbuscular Mycorrhiza on the Availability of Iron Phosphate to Plants. *Plant and Soil.* 99:401-410.
4. _____. 1991. A Critical Review on the Role of Mycorrhizal Fungi in the Uptake of Phosphorus by Plants. *Plant and Soil.* 134:189-207.
5. Dias, L. E., J. Q. P. Fernandez, Nairam F. de Barros, Roberto F. de Novais, Erico J. de Moraes, and W. L. Daniels. 2000. Availability of Phosphorus in a Brazilian Oxisols Cultivated with Eucalyptus After Nine Years as Influenced by Phosphorus Fertilizer Source, Rate and Placement. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 31(7&8): 837-847.
6. FAO. 1976. Soil Conservation for Developing Continues. *FAO Soil Bull.* No. 4. 21 p.

7. Gianinazzi-Pearson, V., J. Fardeau, S. Asimi, and S. Gianinazzi. 1981. Source of Additional Phosphorus Absorber from Soil by Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Soybeans. *Physiol. Veg.* 19:33-43.
8. Hanafi, M. M. and J. K. Syers. 1994. Plant Availability of Two Phosphate Rock Materials In Acid Malaysian Soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25(19&20):3171-3189.
9. Hinsinger, P. and R. J. Gilkes. 1997. Dissolution of Phosphate Rock in the Rhizosphere of Five Plant Species Grown in an Acid, P-fixing Mineral Substrate. *Geoderma* 75:231-249.
10. Hirata, H., M. Toshihisa, and H. Koiwa. 1988. Response of Chickpea Grown on Ando-soil to Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Infection in Relation to the Level of Phosphorus Application. *Soil Sci. Plant. Nutr.* 34:441-449.
11. Kanabo, I. A. K. and R. J. Gilkes. 1987. A Comparison Between Plant Response and Chemical Measurements of the Dissolution of Reactive Phosphate Rock in Soils of Different pH and Phosphorus Retention. *Aust. J. Soil Res.* 25:451-460.
12. Khasawneh, F. E. and E. C. Doll. 1978. The Use of Phosphate Rock for Direct Application to Soil. *Adv. Agron.* 30:159-206.
13. Mulyadi, D. 1997. Sifat Khusus Pupuk P Alam untuk Aplikasi Langsung pada Tanah Masam di Daerah Tropika (*Special Characteristics of Phosphate Rock Fertilizer for Direct Application in Tropical Acid Soils*). Paper Presented in a Conference on the Use of High Quality of Phosphate Rocks in Strengthening Food and Plantation Crop Production in Acid Soils. Banjarmasin Indonesia. 17 p.
14. Simarmata, T. 1995. Strategi Pemanfaatan Mikroba Tanah (Pupuk Biologi) dalam Era Bioteknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan-lahan Marginal di Indonesia Menuju Pertanian yang Berwawasan Lingkungan (*Strategy of Soil Microorganisms Utilization in Biotechnology Era to Increase Productivity of Marginal Soils in Indonesia Through Environmentally Friendly Technology*). *Proceeding Biotechnology Symposium. Faculty of Agric. The Univ. Padjadjaran Bandung.* 21 Hlm.