

Pemupukan Fosfat Alam, Pupuk Kandang Domba, dan Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Mentimun pada Tanah Masam

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

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391
Naskah diterima tanggal 11 November 2004 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 6 September 2005

ABSTRAK. Percobaan dilaksanakan di lahan petani Kabupaten Lebak, Banten, mulai bulan Juli sampai Oktober 2001. Jenis tanah masam adalah ultisols yang mempunyai ketersediaan P rendah dan sifat fisik jelek. Tujuan percobaan adalah mempelajari pengaruh inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, penyediaan bahan organik dari pupuk kandang domba dan dosis fosfat alam (P) terhadap pertumbuhan, serapan P, dan hasil mentimun. 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, pertumbuhan, bobot buah, dan infeksi akar. Pengaruh mikoriza tampak jelas jika disertai penggunaan pupuk kandang domba. 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. Tanpa pupuk kandang, mikoriza, dan pupuk P (kontrol), tanaman tidak menghasilkan buah mentimun. Teknologi yang diperoleh dari penelitian ini sangat berguna untuk pengembangan tanaman sayuran pada tanah-tanah masam atau lahan marginal seperti ultisols.

Kata kunci: *Cucumis sativus*.; Pemupukan; Fosfat alam; Bahan organik; Cendawan mikoriza arbuskula; Tanah masam.

ABSTRACT. Rosliani, R., Y. Hilman, and N. Sumarni. 2006. Application of rock phosphate, sheep manure, and inoculation arbuscular mycorrhiza fungi on the growth and yield of cucumber in acid soil. The experiment was conducted at the farmer field in Lebak Distric of Banten Province, from July until October 2001. The soil type was ultisols with low P availability and poor physical property. The objectives of this experiment was to study the effect of application of rock phosphate, sheep manure, and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on the growth, P uptake, and yield of cucumber in acid soil. The treatments consisted of three rates of rock phosphate, 2 rates of sheep manure and 2 rates of mycorrhiza inoculation. All treatment combinations were arranged in a factorial randomized block design with 3 replications. The results showed that sheep manure application increased the efficiency of rock phosphate application, growth, yield of cucumber, and root infection. The effect of mycorrhiza inoculation was distinct when accompanied with sheep manure supply. Without sheep manure supply and without mycorrhiza inoculation, 200 kg P_2O_5 /ha of rock phosphate was needed to produce cucumber, while sheep manure supply and mycorrhiza inoculation, only 100 kg P_2O_5 /ha of rock phosphate was needed to produce equivalence cucumber fruit. Without rock phosphate application, sheep manure supply, and mycorrhiza inoculation (control), the plant did not produce any cucumber fruit. The results of the experiment can be usefull for developing vegetables cultivation on acid soils or marginal land such as ultisols.

Keywords: *Cucumis sativus*; Application manure; Rock phosphate; Organic matter; Arbuscular mycorrhiza fungi; Acid soil

Tindakan pemupukan pada tanaman sayuran, termasuk sayuran buah (mentimun), selama ini masih digeneralisasikan untuk semua jenis tanah. Padahal kebutuhan hara untuk suatu jenis sayuran tertentu

belum tentu sama antara jenis tanah yang satu dengan jenis tanah yang lain. Hal ini disebabkan karena tingkat kesuburan tanah setiap jenis tanah berbeda. Tanah masam di Indonesia merupakan lahan marginal yang cukup luas baik luasannya maupun penyebarannya. Tingkat kesuburan tanah tersebut tergolong rendah terutama tingkat

ketersediaan P tanah yang sangat rendah.

Pemupukan fosfat pada tanah masam seperti ultisols, oxisols, dan inceptisols merupakan salah satu cara pengelolaan tanah yang sangat penting dalam upaya memperbaiki kesuburan tanah pada tanah tersebut. Selain aspek ekonomi, aplikasi

pupuk fosfat secara efisien berhubungan erat dengan hal-hal penting seperti macam dan dosis pupuk yang digunakan.

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 pada daerah curah hujan tinggi), menunjukkan >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 ketidaksetimbangan dengan P dalam larutan dan tidak dapat diserap oleh tanaman (Novais dan Smyth 1999 dalam Dias *et al.* 2000).

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

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 tanah, meningkatkan kejenuhan basa dalam tanah, dan menyediakan hara untuk tanaman. Reaksi masam adalah prasyarat proses pelarutan P dari fosfat alam (Kanabo dan Gilkes 1987).

Cendawan mikoriza arbuskula mempunyai pengaruh positif terhadap pertumbuhan dan proses fisiologi pada tanaman (Gianinazzi-Pearson *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 (P). 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 fosfatase. 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. Hasil penelitian 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 pertumbuhan dan hasil serta serapan P tanaman mentimun pada tanah masam (ultisols). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh inokulasi cendawan mikoriza arbuskula, pemberian pupuk kandang domba dan dosis fosfat alam (P) terhadap pertumbuhan, serapan P dan hasil mentimun pada tanah masam (ultisols).

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di lahan petani Dusun Kentrong, Kecamatan Cipanas, Kabupaten Lebak, Propinsi Banten. Percobaan ini dilakukan pada tanah masam ultisols 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 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 4 x 3 m dan benih mentimun ditanam dengan jarak tanam 70 cm x 30 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 pembawa-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 dilaksanakan sesuai keadaan di lapangan.

Pengamatan meliputi pengambilan contoh tanaman (dua tanaman) sebanyak tiga kali, yaitu pada fase awal pertumbuhan, fase pembungaan, dan fase pematangan untuk mengukur luas daun dan bobot kering tanaman (akar, daun, dan batang) serta bobot buah mentimun, derajat infeksi akar oleh mikoriza pada akar mentimun, dan populasi mikroorganisme berguna (*Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma* sp., dan *Bacillus* sp). Metode pengamatan derajat infeksi akar dilakukan dengan teknik pewarnaan akar menggunakan reagen Melzer's. Metode pengamatan populasi mikroorganisme berguna dilakukan menggunakan metode media selektif.

Data dianalisis dengan uji ANOVA dan uji lanjut dengan 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 (tekstur) liat yang sangat tinggi (>75%), sehingga secara fisik tanah ini mempunyai struktur yang sangat jelek (keras, tidak gembur, dan drainase jelek) untuk pertumbuhan tanaman 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 basanya

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 nisbah C/N = 7, kandungan C organik (15,9%) dan N organik (2,17%).

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

Luas daun dan bobot kering tanaman

Rerata bobot kering tanaman dan luas daun disajikan pada Tabel 2 sampai Tabel 6. Data menunjukkan bahwa perlakuan inokulasi mikoriza, pemberian pupuk kandang domba dan pupuk fosfat alam berpengaruh nyata terhadap

Ciri kimia (Chemical characteristics)	Tanah (Soil)	Pupuk kandang domba (Sheep manure)
Tekstur (Texture)		
Pasir (Sand), %	15	
Debu (Dust), %	7	
Liat (Clay), %	78	
pH H ₂ O	4,8	
pH KCl	4,1	
C-Organik (Organic-C), %	1,9	15,9
N-Total, %	0,22	2,17
C/N	8,6	7,0
P-Bray, mg/kg	2,5	
KTK (CEC), cmol/kg	16,91	
Kejenuhan basa (Basic saturation), %	14,02	
Kejenuhan (Al saturation), %	74,89	

peningkatan bobot kering tanaman dan luas daun mentimun.

Tabel 2 menunjukkan bahwa interaksi perlakuan pupuk kandang domba dengan dosis P adalah nyata terhadap bobot kering tanaman dan luas daun pada awal pertumbuhan (14 hari setelah tanam/HST), sedangkan interaksi antara perlakuan mikoriza dengan dosis P berpengaruh nyata terhadap bobot kering tanaman mulai umur 28 HST (Tabel 3) dan 42 HST (Tabel 5). Pada tahap pembungaan 28 HST sampai pematangan (42 HST), terjadi interaksi antara ketiga faktor tersebut terhadap luas daun tanaman (Tabel 6).

Tabel 2. Pengaruh interaksi pupuk kandang domba dan dosis P terhadap bobot kering tanaman dan luas daun tanaman mentimun pada umur 14 hari setelah tanam (HST) (Interaction effect of sheep manure and P rate on plant dry matter yield and leaf area of cucumber at 14 days after planting)

(DAP)).

Tidak ada pengaruh interaksi 3 faktor (mikoriza, pupuk kandang domba, dan dosis fosfat alam) terhadap bobot kering tanaman dan luas daun umur 14 HST. Tabel 2 menunjukkan bahwa pada perlakuan tanpa pupuk kandang domba, tidak ada perbedaan yang sangat nyata di antara dosis P.

Pupuk kandang domba (Faktor A)		Dosis fosfat (Faktor B) kg P ₂ O ₅ /ha	Bobot kering tanaman per tanaman, 14 HST (Faktor C) per plot, 14 DAP, g	Luas daun tanaman per tanaman, 14 HST (Faktor D) per plot, 14 DAP cm ²
Tanpa (Faktor A)	Dengan (Faktor A)			
	0	0	0,13 a	1774 a
	100	100	0,24 bc	34,44 a
	200	200	0,34 bc	5881 bc
	0	0	0,70 b	13990 b
	100	100	1,10 a	23141 a
	200	200	1,24 a	24484 a
RK (CV)%			18,13	15,31

Bobot kering tanaman dan luas daun mentimun meningkat secara nyata dengan aplikasi fosfat alam dan pemberian pupuk kandang domba. Akan tetapi, peningkatan bobot kering tanaman dan luas daun berkurang dengan dosis fosfat alam di atas 100 kg P₂O₅/ha jika diberikan pupuk kandang domba ke dalam tanah. Hasil percobaan ini menerangkan secara jelas bahwa perlakuan pemberian bahan organik yang matang, seperti kotoran domba (C/N < 20) tidak hanya meningkatkan kelarutan fosfat alam tetapi juga meningkatkan P dalam larutan kesetimbangan dengan P tanah yang dapat diserap pada tahap awal pertumbuhan (Hilman *et al.* 2001). Alasannya karena ketersediaan P tanah menjadi lebih mudah. Dengan demikian, perlakuan pemberian pupuk kandang domba dapat mengurangi jumlah pupuk P untuk proses pertumbuhan tanaman cepat. Dalam hal ini, dosis pupuk P 100 kg/ha sudah cukup karena kenaikan menjadi 200 kg/ha tidak meningkatkan secara nyata bobot kering tanaman dan luas daun. Beberapa peneliti melaporkan hubungan yang positif antara bahan organik dengan adsorpsi P (Chien *et al.* 1980; Dias *et al.* 2000). Hubungan ini kemungkinan menggambarkan antara bahan organik dengan kation-kation, seperti AL³⁺ dan Fe²⁺. Ion ini mampu menjerap P selagi masih bergabung dengan bahan organik, dan karenanya hubungan yang positif akan dapat diharapkan (Bangar *et al.* 1985). Hasil ini sejalan

dengan hasil-hasil yang dilaporkan oleh Anuar *et al.* (1993) dan Iyamuremye *et al.* (1996).

Interaksi antara perlakuan mikoriza dan pupuk kandang tidak nyata pada percobaan ini. Demikian pula interaksi antara perlakuan mikoriza dan dosis P. Pengaruh yang tidak nyata dari mikoriza dan interaksinya dengan bahan organik dan fosfat alam kemungkinan karena derajat infeksi akar yang rendah pada mentimun (Tabel 7). Azcon *et al.* (1976) melaporkan bahwa tanaman lavender sangat responsif terhadap fosfat alam hanya setelah terjadi infeksi mikoriza, tetapi beberapa penelitian terhadap pengaruh fosfat alam pada tanaman legum dengan dan tanpa mikoriza, menegaskan bahwa mikoriza vaskular arbuskular dapat memperbaiki kemampuan penggunaan fosfat alam secara efisien (Tinker 1980).

Selama proses pertumbuhan berlangsung, perbedaan di antara perlakuan menjadi lebih besar. Pada umur 28 HST di mana mikoriza telah menginfeksi akar secara sempurna, bahan organik terdekomposisi dengan baik dan tingkat kelarutan fosfat alam tinggi, maka terjadi pengaruh interaksi yang nyata antara mikoriza dengan aplikasi P pada bobot kering tanaman mentimun dan antara ketiga faktor (mikoriza, bahan organik, dan aplikasi fosfat alam) terhadap luas daun mentimun (Tabel 3 dan 6). Hal ini secara tidak langsung menyatakan bahwa perbandingan antara peubah bobot kering tanaman atau luas daun bergantung tidak hanya pada inokulasi mikoriza tetapi juga pada pemberian bahan organik dan aplikasi fosfat alam. Hasil percobaan menunjukkan bahwa tanpa inokulasi mikoriza, aplikasi fosfat alam pada dosis 200 kg P₂O₅/ha memberikan bobot kering tanaman terberat, diikuti oleh perlakuan fosfat alam pada dosis 100 kg P₂O₅/ha. Dengan inokulasi mikoriza bobot kering tanaman tertinggi adalah 100 kg P₂O₅/ha menunjukkan bahwa efisiensi penggunaan fosfat alam dapat ditingkatkan. Aplikasi fosfat alam pada dosis yang lebih tinggi (>100 kg P₂O₅/ha) dapat mengurangi bobot kering tanaman.

Tabel 3. Interaksi antara inokulasi mikoriza dan dosis P pada bobot kering tanaman pada umur 28 dan 42 HST (*Interaction between mycorrhiza inoculation and P rate on plant dry weight at 28 and 42 DAP*)

Hal ini tampaknya erat hubungannya dengan peningkatan kelarutan P pada tanah ultisols. Menurut Baltruschat (1990) permeabilitas membran akar diketahui menjadi lebih besar dengan P sukar larut daripada P yang mudah larut. Pada

Perlakuan (Treatments)		Bobot kering tanaman (Plant dry weight), g	
Inokulasi mikoriza (Mycorrhiza inoculation)	Dosis fosfat (Phosphate rate) kg P ₂ O ₅ /ha	28 HST (DAP)	42 HST (DAP)
Tanpa (Without)	0	4,9 c	15,06 b
	100	7,79 b	24,93 ab
	200	10,99 a	36,94 a
Dengan (With)	0	7,00 b	17,43 b
	100	12,00 a	36,45 a
	200	9,73 b	34,59 a
KK(CV), %		12,51	14,15

P yang sukar larut, akar akan memproduksi lebih banyak eksudat (gula dan asam amino) untuk merangsang perkembangan cendawan mikoriza untuk menginfeksi akar tanaman, sedangkan pada P yang mudah larut, infeksi akar terhambat. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Bolan (1991).

Interaksi yang nyata antara perlakuan inokulasi mikoriza dan dosis P pada bobot kering tanaman mentimun terjadi pula pada umur 42 HST (Tabel 4).

Penggunaan bahan organik sendiri pada tanah ultisols meningkatkan bobot kering tanaman pada umur 28 HST (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian bahan organik (C/N = 7) dengan adanya mikoriza dan aplikasi fosfat alam, meningkatkan secara nyata hasil bahan kering tanaman. Interaksinya dengan dosis P menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang domba tanpa dosis P nyata meningkatkan bobot kering tanaman umur 42 HST (Tabel 6).

Interaksi yang nyata terdapat antara inokulasi mikoriza, bahan organik, dan aplikasi fosfat alam pada luas daun mentimun (Tabel 6). Dari Tabel 6 tanpa inokulasi mikoriza, penggunaan fosfat alam sampai 200 kg P₂O₅/ha baik dengan atau tanpa pemberian bahan organik meningkatkan luas daun. Dengan inokulasi mikoriza, respons tanaman terhadap perlakuan bahan organik berbeda. Tanpa pemberian bahan organik, luas daun tertinggi terjadi pada perlakuan fosfat alam dosis 200 kg P₂O₅/ha, diikuti oleh dosis 100 kg P₂O₅/ha. Aplikasi fosfat alam dosis 200 kg P₂O₅/ha menurunkan luas daun. Interaksi serupa

Tabel 4. Pengaruh interaksi pupuk kandang domba dan dosis P terhadap bobot kering tanaman pada umur 42 HST (Interaction effect of sheep manure and P rate on plant dry weight at 42 DAP)

Perlakuan (Treatments)	Bobot kering tanaman per tanaman (Plant dry weight per plant), g	
	0	100
Tanpa (Without)	0	1,06 b
	100	11,94 a
	200	17,07 a
Dengan (With)	0	19,77 a
	100	18,80 a
	200	17,86 a
KK(CV), %		11,11

Tabel 5. Pengaruh pemberian pupuk kandang domba terhadap bobot kering tanaman pada umur 28 HST (Effect of sheep manure amendment on plant dry weight at 28 DAP)

Perlakuan (Treatments)	Bobot kering tanaman per tanaman (Plant dry weight per plant), g
Tanpa pupuk kandang (Without sheep manure)	3,80 b
Dengan pupuk kandang 10 t/ha (With manure at 10 t/ha)	13,82 a
KK(CV), %	16,43

Tabel 6. Interaksi antara mikoriza, pemberian pupuk kandang domba dan penggunaan P terhadap luas daun pada umur 28 dan 42 HST (Interaction between mycorrhizae, sheep manure amendment and P application on leaf area at 28 and 42 DAP)

Perlakuan (Treatments)			Luas daun per tanaman (Leaf area per plant) cm ²	
Inokulasi mikoriza (Mycorrhiza inoculation)	Pupuk kandang domba (Sheep manure)	Dosis fosfat (Phosphate rate) kg P ₂ O ₅ /ha	28 HST (DAP)	42 HST (DAP)
Tanpa (Without)	Tanpa (Without)	0	13,58 d	18,96 c
		100	416,92 c	876,47 b
		200	582,81 c	2360,55 a
	Dengan (With)	0	1912,43 b	2097,45 a
		100	2230,57 ab	2437,72 a
		200	2853,39 a	2174,86 a
Dengan (With)	Tanpa (Without)	0	16,17 d	28,95 c
		100	540,22 c	1264,59 ab
		200	1025,27 bc	1358,05 ab
	Dengan (With)	0	2698,71 ab	1458,56 ab
		100	3333,42 a	2012,61 a
		200	2567,92 ab	2025,34 a
KK(CV), %			18,91	19,03

diperoleh luas daun (antara inokulasi mikoriza x pemberian bahan organik x dosis P) pada 42 HST (Tabel 6).

Hasil mentimun

Data hasil dalam hal ini bobot buah mentimun per sampel dan per petak (12 m²) disajikan pada Gambar 1 dan 2, menunjukkan bahwa terjadi interaksi yang nyata antara perlakuan inokulasi mikoriza dengan pemberian pupuk kandang domba dan antara perlakuan pemberian pupuk kandang domba dengan dosis P.

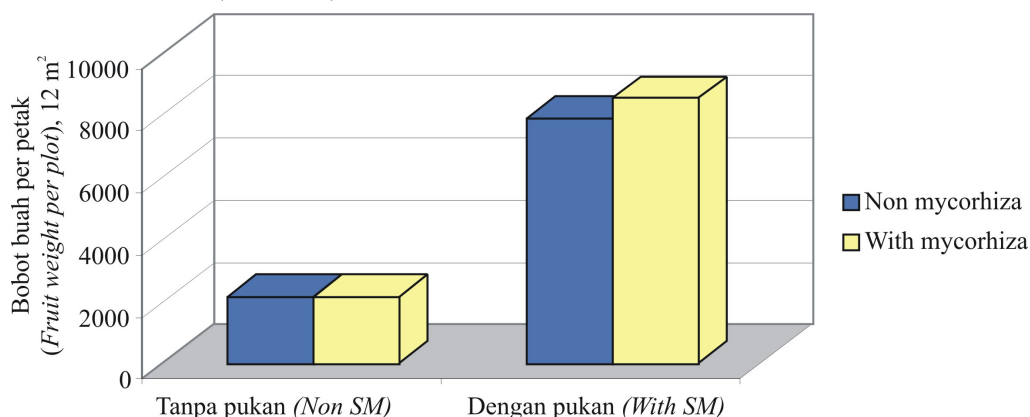
Gambar 1 menggambarkan bahwa tanpa pupuk kandang domba, inokulasi mikoriza tidak dapat meningkatkan buah mentimun sedangkan dengan pupuk kandang domba keuntungan inokulasi mikoriza dalam meningkatkan produksi tanaman adalah jelas. Hasil ini menyarankan bahwa inokulasi mikoriza harus diimbangi dengan jumlah yang cukup dari pemberian pupuk kandang domba. Hal ini karena keberadaan secara alami dari kotoran domba pada tanah ultisols adalah tidak mencukupi (C-organik kotoran domba <20%) untuk memberi manfaat bagi tingkat infeksi akar pada tanaman mentimun. Berdasarkan percobaan sebelumnya, mikoriza arbuskula terutama yang mempunyai sifat heterotropik membutuhkan bahan organik untuk mengembangkan populasinya (Simarmata 1995).

Interaksi terjadi antara perlakuan pupuk kandang domba dan aplikasi P terhadap bobot buah mentimun (Gambar 2). Data tersebut

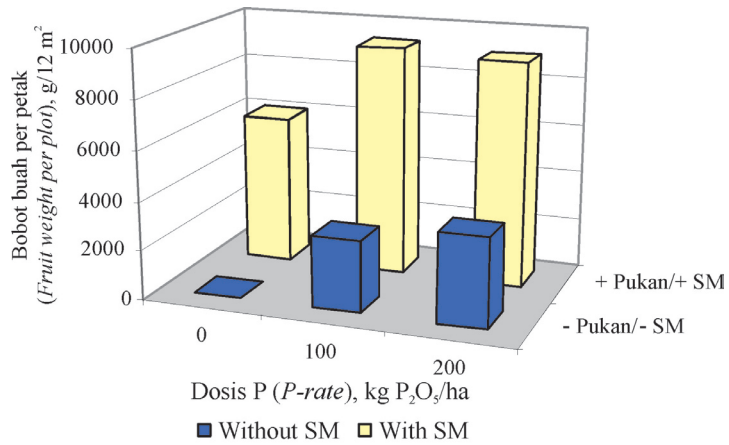
menunjukkan bahwa tanpa pemberian pupuk kandang domba, aplikasi fosfat alam tidak efisien. Tidak ada buah yang dihasilkan tanpa pemberian pupuk kandang domba dan perlakuan tanpa aplikasi P (kontrol). Untuk mendapatkan bobot buah tertinggi, tanaman membutuhkan dosis P yang lebih tinggi (paling sedikit 200 kg P₂O₅ / ha). Pemberian pupuk kandang domba tidak hanya meningkatkan bobot buah tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan fosfat alam (peningkatan buah mentimun tertinggi dicapai dengan penambahan dosis 100 kg P₂O₅/ha). Hal ini berhubungan dengan peranan bahan organik (kotoran domba) dalam pelarutan hara terutama hara fosfor (P). Dengan asumsi dari interaksi antara ketiga faktor (mikoriza x bahan organik x dosis P) keterangan serupa dapat dijelaskan dari Gambar 3. Pemberian pupuk kandang domba baik dengan inokulasi mikoriza maupun tanpa inokulasi mikoriza pada berbagai dosis P terbukti mampu meningkatkan bobot buah mentimun.

Derajat infeksi akar mentimun

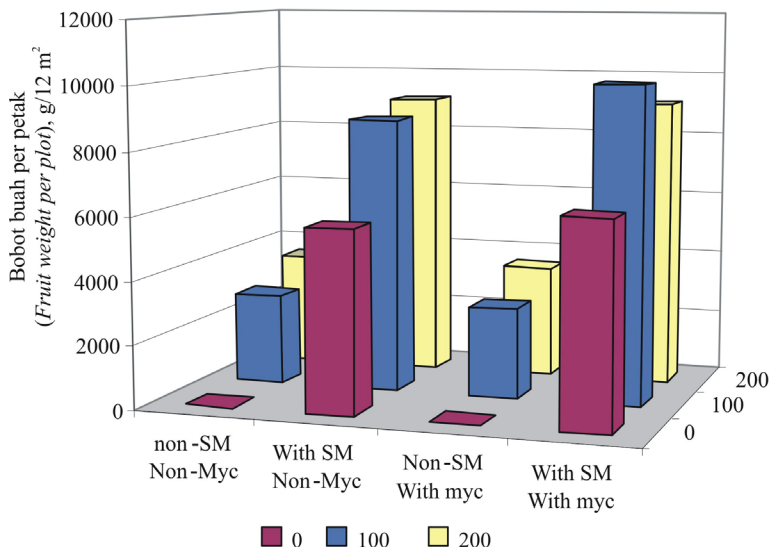
Pengaruh inokulasi mikoriza, pupuk kandang domba dan dosis fosfat alam terhadap derajat infeksi akar mentimun disajikan pada Tabel 7. Tampak jelas bahwa akar tanaman yang diinokulasi mikoriza telah terinfeksi oleh cendawan endomikoriza, sedangkan perlakuan kontrol (yang tidak diinokulasi mikoriza) tidak terinfeksi. Adanya infeksi akar pada akar tanaman menunjukkan terjadi sinergi antara tanaman mentimun



Gambar 1. Interaksi antara inokulasi mikoriza dengan pemberian pupuk kandang domba terhadap bobot buah mentimun (*Interaction effect between mycorrhizal inoculation and sheep manure (SM) amendment on fruit weight of cucumber*)



Gambar 2. Interaksi antara pupuk kandang domba dengan dosis P terhadap bobot buah mentimun (*Interaction effect of sheep manure (SM) and P rate on fruit weight of cucumber*)



Gambar 3. Bobot buah mentimun yang dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza, pemberian pupuk kandang domba, dan aplikasi fosfat alam (*Fruit weight of cucumber as a affected by mycorrhiza inoculation, sheep manure (SM) supply and rock phosphate (RP) application*)

dengan cendawan mikoriza. Keadaan ini terlihat pada umur 28 HST, dan persentase infeksi akar meningkat pada umur 42 HST. Sampai umur 42 HST, tidak terjadi infeksi akar yang dapat ditemukan pada akar tanaman tanpa inokulasi mikoriza.

Tanaman mentimun yang diberi pupuk kandang domba (pada tanaman yang diinokulasi mikoriza) mengalami infeksi akar tertinggi. Hasil ini mengungkapkan bahwa pemberian bahan organik (kotoran domba) menciptakan kondisi yang menguntungkan untuk perkembangan dan

daya infeksi mikoriza. Bahan organik menyediakan karbon untuk perkembangan mikoriza dan organisme lainnya. Subba Rao (1982) menyatakan bahwa metabolisme dari asimilasi karbon di dalam biomasa mikroba pada kondisi aerob disertai oleh pelepasan CO₂. Bahan organik tanah mempunyai hubungan dengan pertumbuhan cendawan mikoriza arbuskula di tanah dan di dalam jaringan akar tanaman.

Perlakuan fosfat alam dengan pupuk kandang domba menurunkan derajat infeksi akar. Ahli mikoriza Menge *et al.* (1978) melaporkan bahwa

meningkatnya kesuburan tanah, terutama suplai P menyebabkan daya infeksi yang lebih rendah. Namun, sebaliknya jika P rendah dan bahan organik tersedia maka daya infeksi akar akan tinggi. Pada tanah ultisols tanpa pemberian pupuk kandang, pertumbuhan akar lebih jelek karena kesuburan tanah sangat rendah, bahkan banyak tanaman mati jika P tidak tersedia sehingga tidak ada pengamatan derajat infeksi akar pada tanaman mentimun tersebut.

Populasi mikroorganisme berguna

Populasi mikroorganisme berguna dipengaruhi oleh inokulasi mikoriza, pupuk kandang domba, dan fosfat alam (Tabel 8). Pada setiap perlakuan dosis fosfat alam yang dikombinasikan dengan pupuk kandang domba populasi bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas flourescens* dan *Bacillus* sp. meningkat dengan inokulasi mikoriza. Hasil ini menunjukkan bahwa inokulasi mikoriza dapat mempengaruhi bakteri berguna pada rhizosfera tanaman. Azcon *et al.* (1976) menemukan bahwa bakteri pelarut fosfat ber-

tahan lebih lama di sekitar akar yang bermikoriza daripada akar yang tidak bermikoriza pada tanaman jagung dan lavender serta seringkali bersinergi dengan mikoriza untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama jika fosfat alam diberikan ke dalam tanah.

Pada umumnya, pemberian pupuk kandang domba meningkatkan populasi *P. flourescens*, *Trichoderma* sp., dan *Bacillus* sp. Bahan organik menyediakan nutrisi untuk mikroorganisme berkembangbiak. Hasil yang sama terdapat pada aplikasi fosfat alam. Pada petak percobaan yang diberi pupuk kandang domba dan pupuk fosfat alam, aktivitas mikroba meningkat dalam tanah, yang menghasilkan kelarutan yang lebih besar dan juga mobilitas P tanah (Abbott dan Tucker 1973).

KESIMPULAN

Tabel 7. Pengaruh inokulasi mikoriza, pupuk kandang domba, dan aplikasi fosfat alam terhadap derajat infeksi akar mentimun (*Effect of mycorrhiza inoculation, sheep manure, and rock phosphate application on the degree of infection of cucumber root*)

Perlakuan (Treatments)			Derajat infeksi akar (Degree of root infection %)		
Inokulasi mikoriza (Mycorrhiza inoculation)	Pupuk kandang domba (Sheep manure)	Dosis Fosfat (P ₂ O ₅ concentration) kg P ₂ O ₅ /ha	16 BST (D.A.P)	47 BST (D.A.P)	
Tanpa (None)	Tanpa (None)	0	0	0	
		100	0	0	
		100	0	0	
	Dengan (With)	Tanpa (None)	0	0	0
			100	0	0
			100	0	0
Dengan (With)	Tanpa (None)	0	0	0	
		100	12,0	11,1	
		100	14,0	15,7	
	Dengan (With)	Tanpa (None)	0	10,0	15,1
			100	14,7	17,0
			100	16,7	18,7

Keterangan (Notes): Tidak dianalisis statistik (*not statistically analyzed*)

Tabel 8. Pengaruh inokulasi mikoriza, pupuk kandang domba dan aplikasi fosfat alam terhadap populasi mikroorganisme berguna dalam tanah (*Effect of mycorrhiza inoculation, sheep manure, and rock phosphate application on the population of beneficial of microorganisms in the soil*)

Inokulasi mikoriza (Mycorrhiza inoculation)	Pembelakan (Fertilization)		Populasi mikroorganisme berguna dalam tanah (Abundance of beneficial microorganisms in soil)			
	Pupuk kandang domba (Sheep manure)	Dosis Fosfat (Phosphorus dose kg P ₂ O ₅ /ha)	<i>P. fluorescens</i> $\mu \times 10^6$	<i>Trichoderma</i> sp. $\mu \times 10^6$	<i>Bacillus</i> sp. $\mu \times 10^6$	
Tanpa (Without)	Tanpa (Without)	0	0	0	0	
		100	50	11.1	100	
		200	60	100	191	
	Dengan (With)	Tanpa (Without)	0	10	160	100
			100	90	171	111
			200	10	100	100
	Dengan (With)	Tanpa (Without)	0	10	100	110
			100	90	110	176
			200	100	100	100
Dengan (With)	Dengan (With)	0	70	100	91	
		100	50	176	100	
		200	100	110	100	
Sebelum panen (Before harvest)			50	11	60	

Keterangan (Notes): Tidak dianalisis statistik (*not statistically analyzed*)

1. Pemberian pupuk kandang domba meningkatkan efisiensi penggunaan fosfat alam, pertumbuhan, bobot buah, dan infeksi akar mentimun oleh mikoriza.
2. Pengaruh mikoriza tampak jelas jika disertai penggunaan pupuk kandang domba.
3. Tanpa pupuk kandang domba maupun tanpa mikoriza, dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun adalah 200 kg P₂O₅/ha, sedangkan dengan pupuk kandang domba maupun dengan mikoriza dosis P yang dibutuhkan untuk menghasilkan buah mentimun hanya 100 kg P₂O₅/ha.
4. Inokulasi mikoriza dan pemberian pupuk kandang domba meningkatkan derajat infeksi akar mentimun, tetapi dengan pemberian fosfat alam yang tinggi infeksi akar menjadi berkurang.
5. Inokulasi mikoriza, pemberian pupuk kandang dan aplikasi fosfat alam meningkatkan mikroorganisme berguna dalam tanah (*P. fluorescens*, *Trichoderma* sp. dan *Bacillus* sp.).

PUSTAKA

1. Abbot, J. L. and T. C. Tucker. 1973. Persistence of manure phosphorus availability in calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 37:60-63
2. 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. *Proc. The Second Int'l Conference on effective microorganisms (EM) held at Kyusei Nature Farming enter Saraburi, Thailand:* 42-54.
3. Azcon, R., J. M. Barea, and D. S. Hayman. 1976. Utilization of rock phosphate in alkaline soils by plants inoculated with mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing bacteria. *Soil Biol. Biochem.* 8:135-138.
4. Baltruschat, H. 1990. der Einfluss mineralischer din-

- gung auf die VA. Mykorrhiza. *Kali Briefe (Buntenhof)* 20(1):77-91.
5. Bangar, K. C., K. S. Yadaf and M. M. Mishra. 1985. Transformation of rock phosphate during composting and the effect of humic acid. *Plant and Soil* 85:259-266.
 6. 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.
 7. _____. 1987. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza on the availability of iron phosphate to plants. *Plant and Soil* 99:401-410.
 8. _____. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. *Plant and Soil* 134:189-207.
 9. Chien, S. H., W. R. Clayton, and G. H. MacClellan. 1980. Kinetics of dissolution of phosphate release and sorption in soils. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 44:265-268.
 10. 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.
 11. 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.
 12. Hilman, Y., R. Rosliani, and N. Sumarni. 2001. Peningkatan ketersediaan Fosfor pada tanah ultisols dengan inokulasi mikoriza, penyediaan bahan organik dan pemupukan fosfat alam. Laporan Penelitian APBN TA. 2001 Balitsa-Lembang.
 13. 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.
 14. Iyamuremye, F., R. P. Dick, and J. Baham. 1996. Organic amendments and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 161:426-435.
 15. 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.
 16. Menge J. A., D. Steirle, D. J. Bagyaraj, E. L. V. Johnson and R. T. Leonard. 1978. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhiza infection. *New Phytologist* 80:575-578
 17. 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 pp.
 18. Simarmata, T. 1995. Strategy 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). *Proc. Biotechnology Symposium.* Faculty of Agric. The Univ. Padjadjaran Bandung: 21 p.
 19. Subba Rao. 1982. *Advance in agricultural microbiology.* Butterworth and Co. (Pub.) Ltd. And Mohan Primlam, Oxford and IBH Pub. Co. New Delhi. 740 p
 20. Tinker, P. B. 1980. Role of rhizosphere micro organisms in phosphorus uptake by plants. In *The role of phosphorus in agriculture.* ASSA-CSAA-SSSA, Madison USA:617-654.