

**PERTUMBUHAN
BIBIT KOPI (*Coffea arabica* L.) YANG INOKULASI FMA
DAN APLIKASI FOSFAT ALAM AYAMARU**

*Growth of Coffea Seedling (Coffea arabica L.) that AMF inoculation and
Papuan Ayamaru Phosphate Rock Application*

Oleh

Antonius Suparno²⁾, H. Jemmy Namserna²⁾, Margo Yuwono²⁾, Samen Baan³⁾

¹⁾ Bagian dari penelitian AUPT Dikti 2012

²⁾ Staf Dosen Jurusan Budidaya Pertanian Fapertek Unipa

³⁾ Staf Dosen Jurusan Ilmu Tanah Fapertek Unipa

Korespondensi : anton.sprn@gmail.com

Abstract

The research was conducted at Unipa's Screen House that aim to study on effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation to increase of coffee seedling P uptake that Ayamaru Phosphate Rock (APR) application.

The study was carried out for 16 weeks after planting under 60 % of shading net. The treatment of APR consisted of 0, 2, 4, 6, 8 g P₂O₅/plant and 2 g P₂O₅ SP-18 as a comparison treatment. Acid soil which was collected from Tanah Merah-Manokwari was used as planting media, while the coffee seeds were obtained from the Coffee and Cacao Research Center, Jember-East Java. AMF inoculum Mycofer was collected from Biotechnology Laboratory PAU IPB Bogor and Indigenous AMF was collected from coffee rhizosphere at Manokwari. AMP inoculation and APR application were done at planting.

All fertilization treatments which were inoculated with AMF produced better seedling growth results compared to the seedling growth without AMF. Mycofer inoculum more effective than indigenous AMF and control on all APR dosages. The coffee seedling which were inoculated Mycofer was positively correlate to increase the dosage levels of APR. i.e. $r > 0.45$, FMA indigenous $r > 0.65$ and without FMA $r > 0.46$ respectively. Compared with indigenous AMF, Mycofer inoculation were improve dry shoot weight was 35.44%, P content 77.32%, and P uptake 44.14%, while compared with control was 112.21%, 167.76%, and 146.47% respectively.

Inoculum Mycofer consisted of specieses i.e. *Gigaspora margarita* (INVAM-105), *Glomus etunicatum* (NPI-126), *Acaulospora tuberculata* (INDO-2), *Glomus manihotis* (INDO-1) on the other hand AMF indigenous from Manokwari consisted of *A. tuberculata* Janos & Trappe, *A. scrobiculata* Trappe, dan *G. aggregatum* Schenck & Smith.

[Key words : coffee arabica, effectiveness, mycorrhiza, phosphate rock, seedling]

PENDAHULUAN

Peningkatan potensi fosfat alam melalui agent biologi merupakan teknologi masukan rendah yang dapat dilakukan baik melalui inokulasi bakteri pelarut fosfat maupun melalui inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA). Bakteri pelarut fosfat berperan penting dalam proses percepatan pelarutan fosfat alam sehingga tersedia bagi tanaman, sedangkan FMA di samping melarutkan fosfat alam juga membantu akar tanaman dalam menyerap P. Peran FMA dalam penyerapan P akan berlangsung jika terjadi asosiasi antara akar tanaman

dengan FMA. Akar tanaman yang berkolonisasi dengan FMA akan menghasilkan eksudat asam fosfatase yang berfungsi memutuskan ikatan P dengan Al maupun Fe sehingga menjadi mudah tersedia dan dapat diserap oleh akar tanaman.

Fosfor (P) dalam tanah berada dalam bentuk P organik dan P anorganik. Richardson (1994 diacu dalam Schachtman *et al.* 1998) mengemukakan bahwa 20% - 80% P dalam tanah terdapat dalam bentuk organik, yaitu asam phytic (*inositol heksafosfat*) yang biasanya merupakan komponen utama. Walaupun mobil dalam tanaman, P tidak mobil dalam tanah (McWilliams 2003). Rendahnya ketersediaan P pada sebagian besar tanah membatasi penyerapan oleh tanaman, hal ini karena laju difusi P lambat (10^{-12} - 10^{-15} .cm².s⁻¹). Akibat laju penyerapan tanaman yang tinggi membuat zona deplesi/pengurasan P di sekitar akar (Schachtman *et al.* 1998; Smith 2002).

Infeksi sistem perakaran pada sebagian besar tanaman oleh FMA terjadi pada 83% dikotil dan 79% monokotil dengan membentuk asosiasi simbiotik antara tanaman dengan mikoriza (Swift 2004), dengan keuntungan tanaman dapat mengambil P lebih besar dari larutan tanah (Smith 2002; Smith *et al.* 2003). Dalam simbiosisnya dengan tanaman, mikoriza menerima karbohidrat dan faktor-faktor pertumbuhan dari tanaman inang sebagai sumber energi untuk pertumbuhan dan perkembangannya sedangkan tanaman dapat meningkatkan serapan hara P dan unsur hara lainnya oleh adanya koloni akar dengan mikoriza (Muchovej 2002). Tanaman mensuplai fotoasimilat ke sistem perakaran bermikoriza 4% – 20% (Douds *et al.* 2000). Sel-sel kortek akar melepaskan karbohidrat ke permukaan simbiosis tanaman-mikoriza oleh aliran pasif yang distimulasi oleh adanya mikoriza (Bago *et al.* 2000).

Potensi mikoriza dalam membantu tanaman menyerap P bergantung pada kondisi P tanah. Swift (2004) menyatakan bahwa keuntungan yang tinggi dari simbiosis mikoriza dengan tanaman diperoleh pada tanah yang defisien P dan rendah pada tanah yang ketersediaan P-nya tinggi. Lebih lanjut dijelaskan bahwa apabila level P tanah lebih dari 140 mg/kg (140 ppm), maka infeksi mikoriza akan menurun, sedangkan apabila level P tanah 50 mg/kg (50 ppm) maka diperoleh perkembangan mikoriza yang tinggi. Rahim (2002) menyatakan bahwa keefektifan mikoriza berbeda untuk setiap tanaman dan kondisi lingkungannya.

Keefektifan inokulum bergantung pada jenis tanaman dan kondisi tanah. Namun demikian pH tanah merupakan faktor pembatas utama sedangkan struktur tanah dan bahan organik mungkin juga mempengaruhi kesesuaian tanah untuk mikoriza. *Glomus intraradices* spesies yang banyak dijumpai, sesuai pada pH tanah 6 – 9, sedangkan *G. etunicatum* banyak dijumpai dan sesuai pada pH masam (John 2000). Inokulasi lebih dari satu jenis mikoriza meningkatkan penyerapan P lebih tinggi dibandingkan dengan inokulasi tunggal (John 2000; Jansa *et al.* 2004). Di samping itu kolonisasi mikoriza juga dipengaruhi oleh level CO₂, intensitas cahaya, lamanya cahaya, dan kualitas cahaya (Singh 2005).

METODOLOGI

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama Penyakit Tumbuhan dan ScreenHouse Fakultas Pertanian dan Teknologi Pertanian Unipa Manokwari. Penelitian akan berlangsung selama 8 bulan mulai bulan Februari hingga Oktober 2012.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih kopi *Coffea arabica* L., inokulum FMA, fosfat alam Ayamaru, KOH 10%, HCl 2%, Glukosa 60%, Tryphan Blue,

Asam Laktat, Glycerol, PVLG, dan Melzer's. Peralatan yang digunakan meliputi mikroskop compound, mikroskop stereo, pinset spora, saringan spora bertingkat (425 μm , 250 μm , 125 μm , 75 μm , 45 μm), Petri disk, Centrifuse, kaca preparat, cover glass, kutek bening, dan polibag hitam.

Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan dalam metode Rancangan Acak Lengkap berfaktor, yaitu aplikasi tingkat dosis fosfat alam Ayamaru pada pembibitan kopi. Dosis yang diaplikasikan adalah P_0 : 0 gr/tan, P_1 : 2 gr/tan, P_2 : 4 gr/tan, P_3 : 6 gr/tan, dan P_4 : 8 gr/tan. Faktor kedua adalah inokulasi FMA yaitu M_0 : tanpa inokulasi, M_1 : inokulum lokal Manokwari, dan M_3 : Mycofer. Kombinasi perlakuan adalah 15 dengan ulangan 3 kali sehingga diperoleh 45 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan menggunakan 3 tanaman uji, sehingga secara keseluruhan menggunakan 135 polibag. Bibit kopi ditanam dalam polibag hitam dengan media 3 kg tanah Ultisol berasal dari Kampung Tanah Merah Manokwari.

Pelaksanaan Penelitian

Tanah dari lapangan dibersihkan dari kotoran dan diayak dengan ukuran 0.5 cm. Tanah yang telah dibersihkan dikering anginkan selanjutnya diisikan pada setiap polibag sebanyak 3 kg.

Fosfat alam Ayamaru yang akan digunakan sebagai pupuk, dihaluskan dan diayak dengan saringan 100 mesh. Aplikasi fosfat alam dilakukan sesuai dengan tingkat dosis 1 (satu) minggu sebelum penanaman bibit kopi. Setiap hari pada setiap polibag yang telah diaplikasi FA dilakukan penyiraman hingga kapasitas lapang.

Benih kopi yang digunakan dalam percobaan disemai pada tanah+pasir yang telah disterilkan. Setelah benih berkecambah atau pada stadia 'serdadu' dipindahkan pada setiap polibag.

Inokulum FMA di perbanyak dengan media tanah yang dicampur dengan pasir (1:1) dan telah disterilkan. Perbanyakkan menggunakan gelas plastik pada rak-rak perbanyakkan dengan tanaman inang sorgum.

Pemeliharaan bibit kopi dalam penelitian ini dilakukan hingga umur 16 minggu setelah tanam.

Variabel Pengamatan

Peubah penelitian yang diamati meliputi tinggi bibit (cm), diameter batang (mm), jumlah daun, bobot kering tajuk (gr) pada umur 4 bulan, bobot kering akar (gr), nisbah tajuk – akar, kolonisasi FMA pada akar bibit (%), kadar P tajuk (%), serapan P.

Analisis Data

Data hasil pengamatan pada semua percobaan dianalisis secara statistik sesuai dengan rancangan yang digunakan. Apabila perlakuan menunjukkan pengaruh yang nyata maka dilanjutkan dengan uji BNT dan Orthogonal kontras pada taraf kepercayaan 95%. Analisis aplikasi tingkat dosis fosfat alam dilakukan dengan uji Orthogonal polynomial menggunakan SAS v 9.0 FW.

HASIL

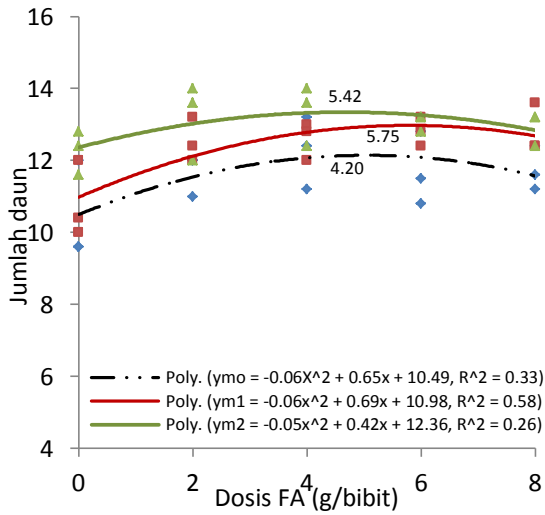
Tingkat dosis FA dan inokulasi FMA memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap pertumbuhan bibit kopi. Pertumbuhan jumlah daun, tinggi bibit, diameter batang, dan bobot kering tajuk pada bibit yang diberi FA berbeda nyata dengan bibit tanpa pemberian FA, tetapi tidak berbeda nyata dengan pertumbuhan bibit yang diberi SP-18, kecuali pada nisbah tajuk-akar. Hal sama juga ditunjukkan bahwa bibit yang diinokulasi FMA Mycofer (M_2) dan FMA Indegenous (M_1) juga memberikan pertumbuhan yang lebih baik berbeda nyata dengan bibit tanpa FMA, kecuali pada nisbah tajuk-akar (Tabel 1).

Tabel 1. Tanggap jumlah daun, tinggi, diameter batang, bobot kering tajuk, bobot kering akar terhadap dosis FA dan inokulasi FMA yang berbeda

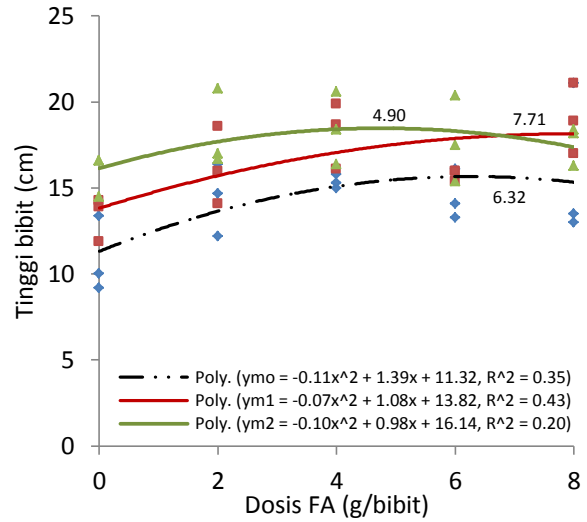
Perlakuan	Jumlah Daun	Tinggi Bibit (cm)	Diameter Batang (mm)	Bobot Kering Tajuk (g)	Bobot Kering Akar (g)	Nisbah Tajuk-Akar
Dosis FA (g/bibit):						
Kontrol : 0	11.16 b	13.38 b	2.41 b	3.74 b	1.52 b	344.79 a
2	12.47 a	16.28 a	3.19 a	5.36 a	1.96 ab	317.94 a
4	12.73 a	17.36 a	3.07 a	6.07 a	2.86 a	242.69 a
6	12.52 a	16.03 a	3.09 a	5.28 a	2.28 ab	278.80 a
8	12.48 a	17.50 a	3.13 a	5.98 a	2.56 ab	276.45 a
SP-18 (2 g/bibit)	12.22 a	15.80 a	3.08 a	5.84 a	2.80 a	229.83 a
<i>BNT 95%</i>	<i>0.86</i>	<i>1.93</i>	<i>0.51</i>	<i>1.29</i>	<i>1.12</i>	<i>120.33</i>
Inokulum FMA : <i>Ortogonal Kontras</i>						
Mo	11.52 C	14.00 C	2.58 B	3.44 C	1.41 C	304.70 A
M_1	12.32 B	16.34 B	3.05 A	5.39 B	2.24 B	293.85 A
M_2	12.96 A	17.82 A	3.36 A	7.30 A	3.34 A	246.69 A
..... <i>Keefektifan (%)</i>						
Mo vs M_1	6.94	16.71	18.22	56.69	58.88	3.56
Mo vs M_2	12.50	27.29	30.23	112.21	136.88	19.04
M_1 vs M_2	5.19	10.57	10.16	35.44	49.11	16.05

Keterangan : Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji LSD 95%. Mo = tanpa mikoriza; M_1 = inokulasi FMA indigenous; M_2 = inokulasi FMA Mycofer.

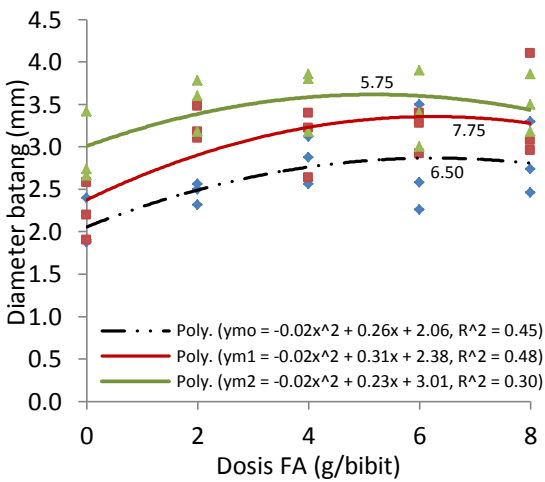
Inokulum FMA Mycofer (M_2) lebih efektif dan berbeda nyata meningkatkan pertumbuhan bibit daripada inokulum lainnya (M_1) maupun kontrol (Mo). Dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1), Mycofer lebih efektif meningkatkan jumlah daun (12.50%), tinggi bibit (27.29 %), diameter batang (30.23 %), bobot kering tajuk (112.21 %), bobot kering akar (136.88 %), dan nisbah tajuk-akar (19.04%).



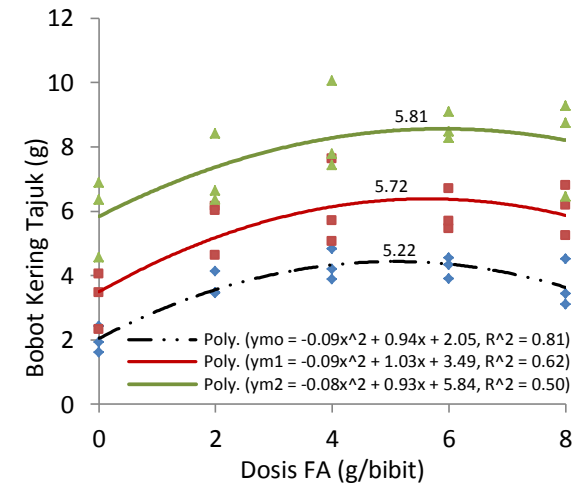
(a)



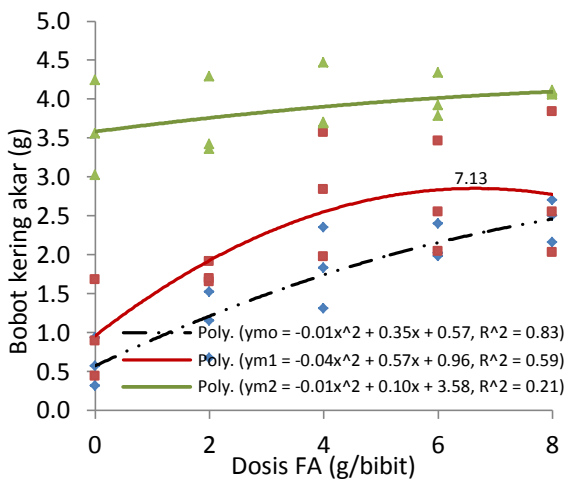
(b)



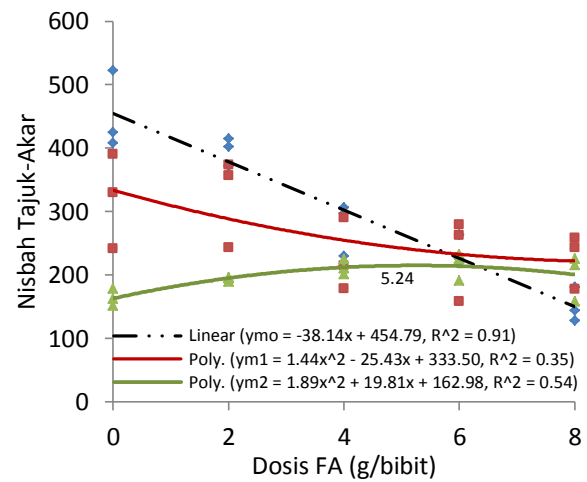
(b)



(d)



(e)



(f)

Gambar 1. Tanggap bibit kopi yang dinokulasi FMA pada tingkat dosis FA; jumlah daun (a), tinggi (b), diameter batang (c), bobot kering tajuk (d), bobot kering akar (e) dan nisbah tajuk-akar (f).

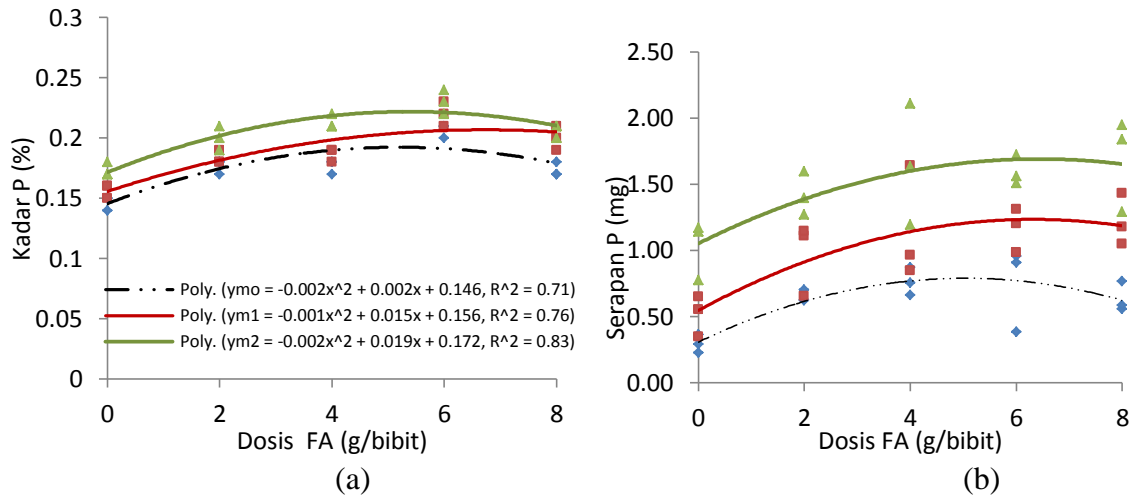
Semakin tinggi tingkat dosis FA pertumbuhan bibit kopi yang meliputi jumlah daun, tinggi bibit, diameter batang, bobot kering tajuk, dan bobot kering akar semakin meningkat dengan mengikuti pola kuadratik (Gambar 1). Pertumbuhan akar pada bibit yang diinokulasi FMA lebih intensif sehingga nisbah tajuk akar lebih kecil daripada bibit tanpa FMA. Inokulum Mycofer memberikan respon tertinggi dan berbeda nyata dengan inokulum lainnya dan kontrol sedangkan terhadap nisbah tajuk akar bibit kopi di antara bibit bermikroiza dan kontrol tidak berbeda nyata. Di samping itu hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada semua tingkat dosis FA, bibit kopi yang diinokulasi dengan FMA Mycofer memberikan pertumbuhan lebih baik dari dari FMA indigenous, dan pertumbuhan paling rendah terdapat pada bibit tanpa FMA (kontrol).

Inokulasi FMA pada bibit kopi yang diaplikasi fosfat alam Ayamaru (FA) berpengaruh dan berbeda sangat nyata terhadap kadar P tajuk dan serapan P (Tabel 2).

Tabel 2. Tanggapan bobot kering tajuk, bobot kering akar, kolonisasi FMA pada akar terhadap dosis FA dan inokulum FMA yang berbeda

Perlakuan	Kadar P Tajuk (%)	Serapan P (mg)
Dosis FA (g/bibit):		
Kontrol : 0	0.159 c	0.614 c
2	0.187 b	1.013 b
4	0.192 b	1.187 ab
6	0.219 a	1.170 ab
8	0.193 b	1.182 ab
SP-18 (2 g/bibit)	0.216 a	1.292 a
<i>BNT 95%</i>	<i>0.007</i>	<i>0.269</i>
Inokulum FMA		
..... <i>Ortogonal Kontras</i>		
Mo	0.179 C	0.624 C
M ₁	0.194 B	1.067 B
M ₂	0.209 A	1.538 C
..... <i>Keefektifan</i>		
Mo vs M ₁	83.80	70.99
Mo vs M ₂	167.76	146.47
M ₁ vs M ₂	77.32	44.14

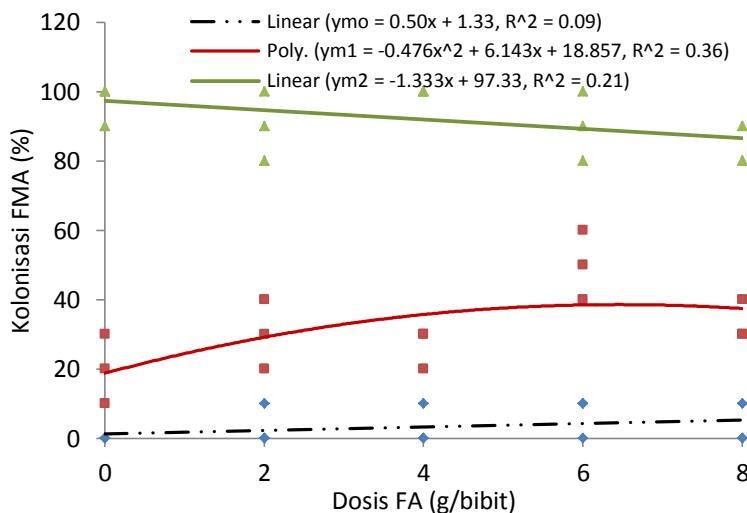
Keterangan : Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut Uji LSD 95%. Mo = tanpa mikoriza; M₁ = inokulasi FMA indigenous; M₂ = inokulasi FMA Mycofer.



Gambar 2. Respons tanaman akibat tingkat dosis FA dan inokulasi FMA terhadap kadar P (a) dan serapan P (b).

Pada semua tingkat dosis FA menunjukkan bahwa kadar P dan serapan P pada bibit kopi yang diinokulasi Mycofer memberikan respon terbaik apabila dibandingkan dengan inokulum FMA indigenous dan bibit tanpa FMA (Tabel 2, Gambar 2).

Kolonisasi akar oleh FMA dan tingkat dosis FA menunjukkan adanya interaksi yang nyata. Tanggapan kolonisasi akar oleh FMA pada tingkat dosis FA ditunjukkan oleh kurva respon linier baik pada bibit tanpa FMA maupun yang diinokulasi FMA (Gambar 3).



Gambar 3. Tanggapan kolonisasi bibit kopi yang diinokulasi FMA pada tingkat dosis FA

PEMBAHASAN

Respons bibit kopi menunjukkan bahwa pada semua tingkat dosis fosfat alam, bibit yang diinokulasi FMA memberikan pertumbuhan bobot kering tajuk lebih tinggi daripada bibit tanpa FMA. Pada bibit kopi yang diinokulasi FMA maupun tidak, meningkatnya dosis

FA diikuti oleh meningkatnya bobot kering tajuk ($r = 0.71 - 0.90$) yang ditunjukkan oleh kurva respons kuadratik. Dosis FA optimal pada bibit yang diinokulasi FMA Mycofer, FMA indigenous, dan tanpa FMA masing-masing adalah 5.81 g, 5.72 g, dan 5.22 g per bibit. Inokulasi dengan FMA Mycofer memberikan bobot kering tajuk tertinggi pada semua tingkat dosis FA. Tanaman bermikoriza menghasilkan bobot kering tajuk yang lebih tinggi dan menyerap P lebih banyak daripada tanaman tanpa-mikoriza baik pada bibit yang di pupuk dengan FA maupun SP-18 (Tabel 1,2 Gambar 1e, 2b). Duponnois *et al.* (2005) menyatakan bahwa inokulasi tanaman dengan FMA meningkatkan aktivitas pelarutan fosfat karena FMA mampu memobilisasi P dari fosfat alam. Oleh karena itu tanaman yang diinokulasi FMA lebih banyak memanfaatkan P terlarut dari fosfat alam dibandingkan tanaman tanpa FMA (Antunes & Cardoso 1991. Bago *et al.* (2000) menyatakan simbiosis FMA dan tanaman akan meningkatkan fotosintesis dan biomasa tanaman, juga membantu transport dan penyerapan P di samping membantu pertumbuhan tanaman dan terlebih meningkatkan biomasa dan hasil (Prasad 2005). Rahim (2002) menyatakan bahwa inokulasi FMA bersamaan dengan pemupukan dapat memberikan hasil yang lebih baik. Menurut Ezawa *et al.* (2002) jika FMA dapat mengambil P lebih dari yang diperlukan, maka P akan disimpan dalam vakuola. Selanjutnya mekanisme transport P dari hifa ke tanaman dilakukan melalui (i) pembentukan arbuskula, (ii) pengaliran P dari stok P vakuola, dan (iii) aliran melalui tonoplas dan membran plasma pertukaran apoplas.

Kadar P dan serapan P tajuk oleh bibit meningkat dengan meningkatnya dosis pemupukan FA dan peningkatannya lebih besar apabila bibit diinokulasi FMA (Gambar 2 a,b). Pada semua tingkat dosis FA, inokulasi FMA Mycofer memberikan kadar dan serapan P tertinggi. Bibit yang diinokulasi FMA menunjukkan kadar dan serapan P yang lebih tinggi daripada bibit tanpa FMA dan berhubungan dengan derajat infeksi akar. Hal ini menegaskan peranan FMA dalam membantu tanaman menyerap P dari tanah. Laju translokasi P dalam akar bermikoriza dapat mencapai 10^{-10} /mol/m/detik, 3-5 kali lebih tinggi daripada akar non-mikoriza (Smith & Read 1997; Smith *et al.* 2001). Marchel (2004) menyatakan bahwa transport P terjadi pada struktur simbiotik tidak hanya pada arbuskula tetapi juga pada hifa koil. Pada tanah yang dipupuk FA pengaruh inokulasi FMA lebih tampak meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kadar P tajuk (Guissou *et al.* 2001 *dikutip dalam* Duponnois *et al.* 2005). Rambut akar merupakan struktur akar umum, dan peningkatan panjang serta jumlah rambut akar merupakan adaptasi tanaman dalam meningkatkan pengambilan P dan kompetisi tanaman ketika P tanaman terbatas untuk pertumbuhan (Bates & Lynch 2001). Peningkatan penyerapan P pada tanaman diperoleh dari adanya asosiasi dengan FMA (Brundrett 2002). Perkembangan hifa ekstraradikal FMA meningkatkan penyerapan P oleh akar (Bolan 1991). Linderman & Davis (2000) menyatakan bahwa FMA meningkatkan pengambilan P melalui hifa ekstraradikal, sehingga meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi. Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa inokulasi FMA telah berhasil dengan nyata meningkatkan keefektifan fosfat alam.

Bibit kopi yang diinokulasi FMA Mycofer memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan FMA indigenous Manokwari pada semua peubah yang diamati. Hal ini diduga disebabkan terjadi kolonisasi akar tanaman yang tinggi oleh inokulum campuran dengan keragaman spesies FMA yang lebih banyak (Gambar 3). Kolonisasi FMA juga akan meningkatkan kadar P tajuk ($r = 0.55$) dan serapan P ($r = 0.75$) Di samping itu keefektifan dari tiap spesies FMA dalam inokulum campuran, diduga turut menentukan keefektifannya. Secara umum kolonisasi akar oleh mikoriza sebesar 40%, maka mobilitas P pada level tertinggi, keragaman mikroba tertinggi, penggunaan dan efisiensi sumber P tertinggi (Mader *et al.* 2003).

Pada saat status P tanaman rendah cenderung meningkatkan eksudat akar dan selanjutnya akan meningkatkan ketersediaan P di rhizosfer (Richardson *et al.* 2001).

Aktivitas fosfatase asam terjadi pada hifa intraradikal FMA terutama terdapat di vakuola dan arbuskula, tetapi juga didapatkan pada hifa ekstraradikal (Saito 1995; van Aarle *et al.* 2001; Ezawa *et al.* 2002), dan lokasi fosfatase asam merefleksikan tempat penukaran P (Ezawa *et al.* 1995). Mekanisme lain juga ditunjukkan oleh ekskresi fosfatase asam untuk pelepasan ikatan P organik (López-Bucio *et al.* 2000). Pelepasan fosfatase asam oleh akar tanaman dalam merespons defisiensi P akan memperbaiki hara tanaman (Chen *et al.* 2002). Meningkatnya aktivitas fosfatase asam dalam intraradikal miselium akan meningkatkan transfer P dari fungi ke tanaman (Ingrid *et al.* 2002). George *et al.* (2006) menyatakan ekskresi fosfatase asam merupakan suatu mekanisme untuk meningkatkan serapan P pada tanaman. Menurut Suh (2005) pelarutan mineral P terjadi oleh adanya asam organik yang dihasilkan oleh akar tanaman dan mikroba, sedangkan fosfatase asam terutama berperan dalam pelarutan P organik dalam tanah.

Semakin tinggi dosis FA maka pertumbuhan dan serapan P tanaman semakin tinggi. Tingginya pertumbuhan dan serapan P lebih ditingkatkan dengan adanya inokulasi FMA. Inokulasi FMA Mycofer pada bibit kopi nyata lebih baik daripada inokulum FMA indigenous Manokwari. Inokulum FMA Mycofer lebih efektif meningkatkan ketersediaan P pada bibit kopi yang diberi fosfat alam, meningkatkan pertumbuhan bobot kering, meningkatkan kadar dan serapan P tajuk daripada inokulum FMA indigenous Manokwari. Inokulum Mycofer terdiri atas *Gigaspora margarita* (INVAM-105), *Glomus etunicatum* (NPI-126), *Acaulospora tuberculata* (INDO-2), *Glomus manihotis* (INDO-1) sedangkan FMA indigenous Manokwari terdiri atas *A. tuberculata* Janos & Trappe, *A. scrobiculata* Trappe, dan *G. aggregatum* Schenck & Smith

KESIMPULAN

Fosfat alam Ayamaru dapat dijadikan pupuk sumber P alternatif dan telah nyata dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi. Hingga dosis 8 g per bibit, semakin tinggi dosis fosfat alam pertumbuhan dan serapan P semakin meningkat mengikuti kurva respons kuadratik. Dosis FA optimum pada bibit kopi yang diinokulasi Mycofer adalah 5.81 g, FMA Indigenous 5.72 g, dan kontrol 5.22 g per bibit. Pada semua tingkat dosis FA, bibit kopi yang diinokulasi Mycofer selalu memberikan respons lebih baik dari pada FMA Indigenous maupun kontrol.

Mycofer nyata lebih efektif meningkatkan pertumbuhan bobot kering tajuk (35.44 %), kadar P (77.32 %), dan serapan P (44.14 %) dibandingkan dengan FAM indigenous Manokwari, sedangkan dibandingkan dengan kontrol lebih efektif meningkatkan bobot kering tajuk (112.21 %), kadar P (167.76 %), dan serapan P (146.47 %).

Inokulum Mycofer terdiri atas *Gigaspora margarita* (INVAM-105), *Glomus etunicatum* (NPI-126), *Acaulospora tuberculata* (INDO-2), *Glomus manihotis* (INDO-1) sedangkan FMA indigenous Manokwari terdiri atas *A. tuberculata* Janos & Trappe, *A. scrobiculata* Trappe, dan *G. aggregatum* Schenck & Smith

SARAN

Inokulum FMA Mycofer merupakan campuran dari empat spesies mikoriza. Hingga saat ini belum diketahui apakah keefektifannya terjadi secara sinergi atau ditentukan oleh salah satu spesies. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mempelajari keefektifan dari setiap spesies penyusun Mycofer.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Direktur P2M Dirjen Dikti yang telah memberikan dana penelitian AUPT melalui DIPA Universitas Negeri Papua, Dana Desentralisasi Tahun 2012 (No Kontrak : 81.b /UN42/KU/2012), Laboratorium Agroklimat Faperterk Unipa, Laboratorium Biotek Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Sumber Daya Hayati dan Bioteknologi IPB, Bogor, Lemlit Unipa Manokwari, dan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Antunes V, Cardoso EJBE. 1991. Growth and nutrient status of citrus plants as influenced by mycorrhiza and phosphorus application. *Plant Soil* 131:11-19.
- Bago B, Pfeffer PE, Shachar-Hill Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiol* 124:949-957.
- Bates TR, Lynch JP. 2000. Root hairs confer a competitive advantage under low phosphorus availability. *Plant Soil* 236: 243–250.
- Bolan NS. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plant. *Plant Soil* 134:189-207.
- Brundrett MC. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol* 154: 275–304.
- Chen CR, Condon LM, Davis MR, Sherlock RR. 2002. Phosphorus dynamics in the rhizosphere of perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and radiata pine (*Pinus radiata* D. Don.). *Soil Biol Biochem* 34:487–499.
- Douds DD, Pfeffer PE, Shachar-Hill Y. 2000. Carbon partitioning, cost and metabolism of arbuscular mycorrhizae in arbuscular mycorrhizas: Physiology and function. Di dalam: Bago B, Pfeffer PE, Shachar-Hill Y. 2000. Carbon Metabolism and Transport in Arbuscular Mycorrhizas. *Plant Physiol* 124:949-957.
- Duponnois R, Colombet A, Hien V, Thioulouse J. 2005. The mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and rock phosphate amendment influence plant growth and microbial activity in the rhizosphere of *Acacia holosericea*. *Soil Biol Biochem.* 37:1460-1468.
- Ezawa T, Saito M, Yoshida T. 1995. Comparison of phosphatase localization in the intraradical hypha or arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus* spp. and *Gigaspora* spp. *Plant Soil* 176:57-63.

- Ezawa T, Smith SE, Smith FA. 2002. University Farm, Nagoya University, Togo-cho, Aichi 470-0151 Japan.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2005. Analysis of the FAO-BioDeC data on non-GM Biotechnologies. Di dalam: *Status of Research and Application of Crop Biotechnologies in Developing Countries*. Preliminary assessment. Rome: Food and Agriculture Organization of The United Nations. hlm 5-18.
- George TS, Turner BL, Gregory PJ, Cade-menun BJ, Richardson AE. 2006. Depletion of organic phosphorus from oxisols in relation to phosphatase activities in the rhizosphere. *European Journal of Soil Science*, February 2006, 57:47–57.
- George E, Marschner H, Jakobsen I. 1995. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. *Critical Rev Biotech* 15:257-270.
- Ingrid M, van Aarle, Rouhier H, Saito M. 2002. Phosphatase activities of arbuscular mycorrhizal intraradical and extraradical mycelium, and their relation to phosphorus availability. *Mycol Res* 106:1224-1229.
- Jansa J, Frossard E, Smith S. 2004. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Does it matter for plant P uptake?. Historical Perspective. *Rhizosphere*, September 2004, 12-17.
- John TSt. 2000. The instant expert guide to mycorrhiza. The connection for functional ecosystems. 44 p. <http://www.google.com> [23 April 2005].
- Linderman RG, Davis EA. 2000. Vesicular-arbuscular mycorrhiza and plant growth response to soil amendment with composed grape pomace or its water extract. *Phyton-Annales Botanicae* 11:446-450.
- Lopez-Bucio J, de la Vega OM, Guevara-García A, Herrera-Estrella L. 2000. Enhanced phosphorus uptake in transgenic tobacco plants that overproduce citrate. *Nature Biotechnology* 18:450–453.
- Mader P, Fliebach A, Dubois D, Gunst L, Fried P, Niggli U. 2003. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296:1694-1697.
- Marchel B. 2004. Molecular biology of phosphate transport across the fungus-plant interface in mycorrhizal symbioses. Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich, Institute of Plant Sciences, Experimental Station Eschikon 33, CH-8315 Lindau.
- McWilliams D. 2003. Identifying nutrient deficiencies for efficient plant growth and water use. New Mexico University and U.S Department of Agriculture. <http://www.google.com>. [19 Des 2004].
- Morgan JAW, Bending GD, White PJ. 2005. Biological costs and benefits to plant-microbe interactions in the rhizosphere. *J Exp Bot* 56:1729-1739.
- Muchovej RM. 2002. Importance of mycorrhiza for agricultural crops. University of Florida. Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sci. http://edis.ifas.ufl.edu/BODY_AG116 [15 Nov 2007].
- Rahim KA. 2002. Biofertilizer in Malaysian Agriculture: perception, demand and promotion. FNCA Joint Workshop on Mutation Breeding and Biofertilizer, August 20-23. Beijing, China.

- Richardson AE, Hadobas PA, Hayes JE, O'Hare CPO, Simpson RJ. 2001. Utilization of phosphorus by pasture plants supplied with myo-inositol hexaphosphates is enhanced by the presence of soil micro-organisms. *Plant Soil* 229:47–56.
- Saito M. 1995. Enzyme activities of the internal hypha and germinated spores of an arbuscular mycorrhizal fungus *Gigaspora margarita* Becker & Hall. *New Phytol* 129:425-431.
- Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiol* 116:447-453.
- Singh S. 2005. Effect of elevated levels of carbon dioxide and light on mycorrhiza. India:TERI, Darbari Seth Block, IHC Complex, Lodhi Road, New Delhi. *Mycorrhiza News* 16:1-11.
- Smith FW, Mudge SR, Rae AL, Glassop D. 2003. Phosphate transport in plant. *Plant Soil J* 248:71-83.
- Smith FW. 2002. The phosphate uptake mechanism. *Plant Soil* 245:105-114.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. London: Academic Press Hacourt Brace & Company Publisher.
- Smith SE, Sandy D, Smith FW. 2001. Nutrient transfer in arbuscular mycorrhizas: How are fungal and plant processes integrated?. *Aust J Plant Physiol* 28:683-694.
- Suh JS. 2005. Application of VA mycorrhizae and phosphate solubilizers as biofertilizers in Korea. National Institute of Agricultural Science and Technology, RDA. Republic of Korea.
- Swift CE. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Colorado State University, Cooperation Extension. 1-4.
<http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/PLANTS/mycorrhiza.html?>
 [19 Des 2005]
- van Aarle IM, Olsson PA, B Söderström. 2001. Microscopic detection of phosphatase activity of saprophytic and arbuscular mycorrhizal fungi using a fluorogenic substrate. *Mycologia* 93:17-24.