

PENGARUH MIKORIZA DAN AMELIORAN TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH KOPI

EFFECTS OF MYCORRHIZAS FUNGI AND AMELIORANTS ON THE GROWTH OF COFFEE SEEDLINGS

*Usman Daras¹⁾, Octivia Trisilawati²⁾, dan Ing Sobari¹⁾

¹⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ **Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat**

Jalan Tentara Pelajar No 1, Bogor 16111 Indonesia

*usman_daras@yahoo.com

(Tanggal diterima: 24 Maret 2013, direvisi: 14 April 2013, disetujui terbit: 30 Juni 2013)

ABSTRAK

Tanah yang telah ditanami tanaman kopi seringkali tidak mampu menyediakan nutrisi yang dibutuhkan secara memadai untuk kelangsungan hidup tanaman itu sendiri. Oleh karena itu, penggunaan pupuk anorganik dan organik sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Selain pupuk organik dan anorganik, beberapa pupuk hayati yang diformulasikan dari mikroba tanah non patogen seperti jamur mikoriza juga telah digunakan untuk tujuan pengembangan pertanian. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi pada bulan Februari-Desember 2012. Rancangan penelitian adalah acak kelompok faktorial dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor-faktor yang diuji adalah penggunaan mikoriza (tanpa mikoriza, mikoriza dari rizosfer kopi, dan mikoriza dari rizosfer jambu mete) dan amelioran (tanpa amelioran, kompos, kapur, dan kapur dicampur kompos). Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan bobot kering daun, batang, dan akar, serta tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inokulum mikoriza, baik yang berasal dari rizosfer tanaman kopi maupun jambu mete mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Mikoriza yang berasal dari rizosfer kopi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan yang berasal dari rizosfer jambu mete, sedangkan penggunaan amelioran maupun kombinasinya tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan benih kopi.

Kata Kunci: Mikoriza, benih kopi, amelioran, pertumbuhan

ABSTRACT

It is often the soil on which coffee is grown is not able to supply all nutrients needed by plant adequately for its life cycle. Hence, both inorganic and organic fertilizers are used to meet nutrient requirement. In addition to organic and inorganic fertilizers, some biofertilizers formulated from nonpathogenic soil microbes such as mycorrhizas fungi has been developed for agricultural purposes. The objective of this study was to analyze the effects of mycorrhizas fungi and ameliorants on the growth of Robusta coffee seedlings. The study was carried out at a green house of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from April to December 2012. Two factors examined were: (1) the use of mycorrhizal fungus (without mycorrhizas, added mycorrhizas fungi isolated from coffee plant rhizosphere, and those from cashew trees rhizosphere), and (2) ameliorant application (without ameliorant, compost, lime, and mixed lime with compost). The factors were arranged in a randomized complete block design with 3 replicates and plot size of 16 plants. Variables observed are plant height, diameter of girth, number of leaves, dry weight of leaves, stem, roots, and infection level of mycorrhizas in coffee roots. The result showed that the mycorrhizas fungus (arised from coffee or cashew rhizosphere) significantly affect on the growth of coffee seedlings. The coffee seedlings treated with mycorrhizas fungi isolated from coffee rhizosphere was better than those of cashew rhizosphere. Whereas, the ameliorant and their combinations not significantly affect on the growth of coffee seedling.

Keywords: *Mycorrhizas fungi, coffee seedlings, ameliorant, growth*

PENDAHULUAN

Produktivitas kopi Indonesia, terutama kopi rakyat tergolong masih rendah. Banyak faktor yang diperkirakan menjadi penyebabnya, termasuk kurangnya pemeliharaan tanaman. Penggunaan pupuk, khususnya pupuk kimia, jarang dilakukan petani. Kalaupun dipupuk, jumlah pupuk yang diberikan jauh di bawah kebutuhan tanaman sehingga tidak memberikan dampak terhadap kenaikan hasil. Jumlah pupuk yang diberikan mungkin sebagian besar tidak dapat dimanfaatkan tanaman. Di Lampung misalnya, tanaman kopi sebagian besar diusahakan pada tanah podsolik merah kuning (ultisol), yang secara alami memiliki tingkat kesuburan rendah. Tanah mineral demikian membutuhkan pengelolaan spesifik apabila hendak dijadikan media tumbuh tanaman yang produktif.

Tanah-tanah mineral masam seperti podsolik, status unsur P sering menjadi kendala produksi tanaman. Kelarutan Al dan/ Fe yang tinggi menyebabkan P tanah sebagian besar dalam bentuk ikatan Al-P dan atau Fe-P sulit diserap tanaman (Haynes dan Mokolobate, 2001). Oleh sebab itu, penggunaan amelioran seperti kapur dan bahan organik antara lain ditujukan untuk mengurangi kelarutan Al dan Fe yang tinggi, dan menaikkan pH tanah ke kisaran ideal untuk tanaman kopi. Kondisi pH tanah ideal untuk tanaman kopi berkisar 5,8–6,2, tetapi di Brasil pada kisaran pH tanah 6,0-6,5 (<http://www.coffeeresearch.org/agriculture/soil.htm>). Apabila pH tanah lebih rendah dari 5,5 dianjurkan dilakukan pengapuran untuk mengurangi potensi keracunan unsur Mn dan Al (Nunez *et al.*, 2011). Manfaat pengapuran tidak hanya untuk menetralkan Mn, Al, dan Fe terlarut yang tinggi, tetapi juga penyediaan Ca (Hasanudin *et al.*, 2007; Nunez *et al.*, 2011).

Pendekatan lain adalah melalui pemanfaatan atau optimalisasi mikoriza, yaitu mikroba tanah yang banyak dijumpai di daerah perakaran (rizosfer). Menurut Verbruggen *et al.* (2013) mikroba tanah mempunyai potensi sangat besar dalam usaha meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman input rendah. Peran mikoriza telah banyak menjadi kajian ahli pertanian, hortikultura bahkan kehutanan (Atkinson *et al.*, 2002; Jeffries *et al.*, 2003; Bonfante dan Genre, 2010). Peran utamanya antara

lain adalah meningkatkan ketersediaan unsur hara P (Andrade *et al.*, 2009; Brundrett, 2009; Bücking *et al.*, 2012;), N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn dan Cu (Clark dan Zeto, 2000; Leake *et al.*, 2004; Simard dan Durall, 2004; Hart dan Trevors, 2005). Beberapa hasil studi melaporkan bahwa mikoriza berkontribusi hingga 90% dari kebutuhan hara P tanaman (Van der Heijden *et al.*, 2006). Selain itu, asosiasi mikoriza mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik (penyakit) dan abiotik (kekeringan) (Auge, 2001).

Hifa mikoriza yang masif memungkinkan dapat mengeksplorasi tanah dalam volume besar dan permukaan *absorptive* akar yang diperluas 100 sampai 1000 kali (www.mycorrhizae.com). Oleh sebab itu, tanaman bermikoriza mempunyai potensi besar mampu menyerap unsur hara dan air dari tanah lebih banyak. Mikoriza juga dilaporkan mampu memperbaiki struktur dan agregasi tanah melalui pengaruh hifa atau eksudat glikoprotein. Hifa jamur memiliki kemampuan istimewa, yakni pada saat akar tanaman kesulitan menyerap air, hifa jamur mampu menyerap air dari pori-pori tanah. Selain itu, jamur tersebut mampu menghasilkan antibiotik untuk melawan penyakit, dan membentuk hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman.

Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi serapan hara yang tinggi, tanaman kopi memerlukan peran mikoriza (Rillig dan Mummey, 2006). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa jamur tersebut secara alami banyak ditemukan pada tanah-tanah perkebunan kopi, termasuk pada perakarannya (Muleta *et al.*, 2007). Bahkan, kopi sering dianggap sebagai tanaman yang sangat tergantung pada keberadaan mikoriza (Sieverding dan Toro, 1986; Siqueira *et al.*, 1998; Habte dan Bittenbender, 1999). Lopes *et al.* (1983) melaporkan sebanyak 22 spesies mikoriza ditemukan pada perakaran tanaman kopi di sentra-sentra produksi kopi di Brasil.

Peran bahan organik sebagai pembenah tanah adalah memperbaiki sifat fisik tanah. Di samping itu, secara langsung atau tidak membantu mengubah unsur hara yang kurang tersedia menjadi tersedia. Walaupun jumlahnya sedikit, dekomposisi bahan organik juga melepaskan unsur hara lain (Baon *et al.*, 2003). Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk menganalisis pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dua tahap, yaitu (1) eksplorasi sumber isolat mikoriza dari beberapa perkebunan kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara dan (2) uji keefektifan mikoriza pada tanaman kopi.

Eksplorasi Isolat Mikoriza Tanaman Kopi

Eksplorasi isolat arbuskular mikoriza (FMA) kopi dilakukan pada bulan Maret 2012 melalui survey di beberapa perkebunan kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara, pada ketinggian 140-1100 m dari permukaan laut (Tabel 1). Contoh tanah diambil dari lapisan 0-30 cm di daerah sekitar perakaran (rizosfer) dan contoh akar tanaman kopi diambil secara acak di beberapa bagian akar.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel mikoriza di beberapa daerah pertanaman kopi Kabupaten Lampung Utara
Table 1. Mycorrhizal sampling sites in several coffee planting areas in North Lampung

No. Contoh	Lokasi pengambilan sampel	Ketinggian tempat (m)	Pohon penayang kopi
A	Ds. Pulo Panggung, Kec. Abung Tinggi	140	Glirisidia, petai, nangka
B	Ds. Simpang Sari, Kec. Sumber Jaya	800	Glirisidia, lamtoro, nangka
C	Ds. Talang Sawah, Kec. Way Tenong	900	Glirisidia, alpukat
D	DS. Sanyir, Kec. Way Tenong	1.100	Glirisidia, lamtoro, legume
E	Ds. Tanjung Agung, Kec. Batu Brak	800	Glirisidia, lamtoro
F	Kebun AEKI Liwa	800	Lamtoro

Mikoriza hasil eksplorasi diperbanyak dengan cara *trapping* sampel tanah dari rizosfer kopi menggunakan media zeolit dan tanaman inang (sorgum) di Laboratorium Balitro, Bogor selama 3 bulan. Hasil perbanyakan ini digunakan untuk penelitian di rumah kaca.

Uji Keefektifan Mikoriza dan Amelioran pada Tanaman Kopi

Uji keefektifan mikoriza dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan

Penyegar Sukabumi dari bulan Mei sampai dengan Desember 2012. Isolat mikoriza yang berasal dari dua sumber, yaitu (1) mikoriza asal tanaman kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara dan (2) mikoriza asal tanaman jambu mete Lombok (NTB). Tanaman percobaan yang digunakan adalah benih kopi Robusta berumur 1,5 bulan, berasal dari Lampung dan media tumbuhnya adalah tanah podsolik merah kuning (PMK) atau ultisol Jasinga. Tanah PMK diambil dari lapisan tanah dengan kedalaman 20–40 cm dari permukaan tanah.

Perlakuan yang diuji terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah penggunaan mikoriza, terdiri dari 3 macam, yaitu M0 = tanpa mikoriza; M1 = mikoriza kopi (300 spora/pot) dan M2 = mikoriza jambu mete, yaitu campuran mikoriza *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, *Glomus* sp4, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora* sp. dan *Entrophora* sp. (300 spora/pot). Faktor kedua adalah penggunaan amelioran (L), terdiri dari 4 macam, yaitu L0 = Tanpa amelioran; L1 = pupuk organik (3% C-organik), L2 = kapur (2 ton/ha), dan L3 = pupuk organik + kapur (L1+L2).

Pupuk organik yang digunakan berupa kompos, sedangkan kapur dalam bentuk CaCO_3 . Amelioran tersebut dicampur dengan tanah yang telah disterilisasi dan diaduk rata, kemudian dimasukkan ke dalam pot-pot percobaan sebanyak 3 kg/pot. Media tanam dalam pot tersebut disiram dengan air sampai kapasitas lapang selama 2 minggu sebelum benih kopi ditanam.

Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial 3 ulangan, dengan jumlah tanaman/plot sebanyak 6 tanaman. Dua bulan setelah benih kopi ditanam, inokulum mikoriza dengan karier campuran zeolit dan tanah diberikan di daerah perakaran. Selanjutnya, tanaman kopi dalam pot percobaan disiram secara berkala, dengan frekuensi 2-3 hari sekali sampai kapasitas lapang.

Parameter yang diamati secara periodik meliputi tinggi tanaman, diameter batang pada ketinggian 1,0 cm di atas tanah, jumlah daun, bobot kering, luas daun, dan tingkat infeksi mikoriza pada akar. Luas daun diukur dengan menggunakan *leaf area meter*, sedangkan tingkat infeksi akar diukur berdasarkan metode pewarnaan *tryphan blue* dari Phillips dan Hayman (1970) dan McGonigle *et al.* (1990). Untuk mengetahui

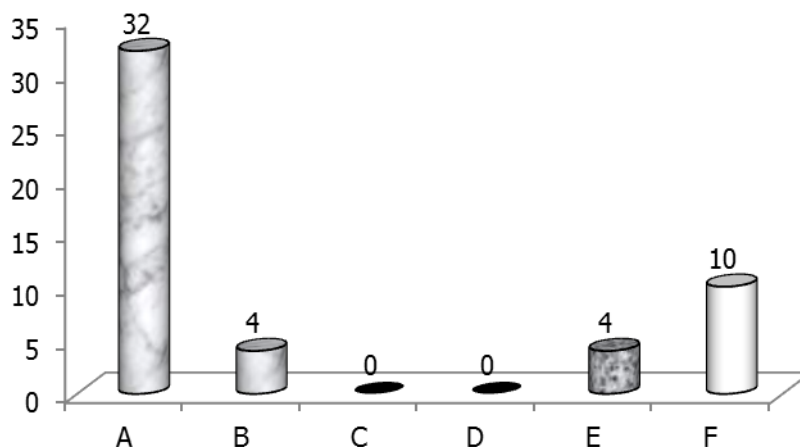
pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati digunakan uji BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Isolat Mikoriza Tanaman Kopi

Tingkat infeksi FMA tertinggi di lokasi A dan terendah di lokasi C dan D (Gambar 1). Populasi mikoriza yang lebih banyak pada tanah-

tanah dengan pH < 6,15 dan kandungan C-organik < 5%. Di kebun kopi milik AEKI (lokasi F) dengan pH tanah 6,15 dan kandungan C-organik 6,48%, populasi mikoriza hanya 10 spora/50 g tanah. Sementara itu, di lokasi lain dengan pH tanah dan C-organik, masing-masing pada kisaran 4,69-6,01 dan 1,47-4,28%, populasi mikoriza bervariasi dari 18-40 spora/50 g tanah. Populasi mikoriza terendah (10 spora/50g tanah) di kebun kopi AEKI Liwa (lokasi F) (Tabel 2).



Gambar 1. Persentase infeksi *Fungi Mycorrhiza Arbuscular* (FMA) dari rizosfer tanaman kopi (A= Desa Pulo Panggung, Abung Tinggi; B= Desa Simpang Sari, Sumber Jaya; C= Desa Talang Sawah, Way Tenong; D= Desa Sanyir, Way Tenong; E= Desa Tanjung Agung, Batu Brak; F= Kebun AEKI Liwa)

Figure 1. Percentages of Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF) root infection from coffee rhizosphere (A= Pulo Panggung, Abung Tinggi; B= Simpang Sari, Sumber Jaya; C= Talang Sawah, Way Tenong; D= Sanyir, Way Tenong; E= Tanjung Agung, Batu Brak; F= AEKI Research Station, Liwa)

Tabel 2. Hasil analisis beberapa sifat-sifat fisiko-kimia tanah dan kandungan spora mikoriza
 Table 2. Some physico-chemical properties of soil samples and its content of mycorrhiza spores

Jenis analisis/Kandungan mikoriza	Lokasi					
	A	B	C	D	E	F
pH	4,69	5,09	5,23	5,20	6,01	6,15
C-org (%)	1,47	2,08	2,77	3,47	4,28	6,48
N-Total (%)	0,22	0,28	0,40	0,54	0,56	0,84
P (Bray-1), P ₂ O ₅ , ppm	2,58	2,14	6,80	3,28	8,01	5,00
Basa_dd (cmol/kg)						
K	0,07	0,37	0,13	0,17	1,52	0,59
Ca	1,68	2,42	5,55	3,05	7,76	13,66
Mg	0,52	0,94	0,81	0,73	1,61	2,36
Al_dd (cmol/kg)	3,70	0,67	1,44	0,14	0,04	0,00
KTK (cmol/kg)	13,63	20,46	29,59	34,45	36,27	44,68
KB (%)	17,39	18,87	22,54	12,13	30,69	37,69
Tekstur (%)						
Pasir	60,45	54,78	84,10	79,07	72,50	69,66
Debu	15,07	22,25	6,49	11,24	15,65	22,87
Liat	24,48	22,97	9,41	9,69	11,85	7,47
Kandungan mikoriza (spora/50 g tanah)	21	21	18	40	24	10

Keterangan/Notes : A = Ds. Pulo Panggung, Kec. Abung Tinggi, B = Ds. Simpang Sari, Kec. Sumber Jaya, C = Ds. Talang Sawah, Kec. Way Tenong, D = DS. Sanyir, Kec. Way Tenong, E =Ds. Tanjung Agung, Kec. Batu Brak, F = Kebun AEKI

Pengaruh Mikoriza dan Amelioran

1. Tinggi tanaman

Hasil analisis menunjukkan pemberian inokulum mikoriza dan amelioran tidak memperlihatkan pengaruh interaksi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kopi. Faktor tunggal perlakuan mikoriza memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan perlakuan amelioran tidak berpengaruh nyata (Tabel 3).

Pada saat tanaman berumur 3 bulan setelah tanam (BST), perlakuan mikoriza belum memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman kopi, pengaruhnya mulai terlihat ketika tanaman berumur 4 sampai 6 BST. Pada 4 BST, penggunaan mikoriza berasal dari rizosfer kopi dan jambu mete menghasilkan tinggi tanaman yang nyata lebih besar dibanding tanpa mikoriza (kontrol), tetapi tidak berbeda nyata antar perlakuan mikoriza dari rizosfer kopi dan jambu mete. Penggunaan mikoriza kopi dan mikoriza jambu mete mampu menaikkan rataan tinggi tanaman, masing-masing 53% dan 31% lebih tinggi daripada kontrol. Selanjutnya, pada saat tanaman berumur 5 dan 6 BST, perlakuan mikoriza asal rizosfer kopi memberikan efek nyata lebih baik dibandingkan mikoriza asal rizosfer jambu mete.

Mikoriza, baik berasal dari kelompok ekto- ataupun endo-mikoriza bersimbiosis dengan tanaman inang (Bonfante dan Genre, 2010). Mikoriza memperoleh C organik (sumber energi) dalam bentuk karbohidrat (sukrosa, glukosa, dan fruktosa) dari tanaman inang (Smith dan Read, 2008), sedangkan tanaman inang memperoleh suplai unsur hara seperti P (Kisinyo dan Othieno, 2003; Andrade *et al.*, 2009; Bücking *et al.*, 2012), N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu (Clark dan Zeto, 2000) dari tanah melalui peran miselium mikoriza. Peran yang paling menonjol dari mikoriza bagi tanaman inang adalah daya afinitas yang tinggi terhadap *transporter* fosfat inorganik (Pi). Melalui peran hifa dan Pi tersebut, polifosfat yang terakumulasi pada permukaan hifa diubah menjadi bentuk protein, yang kemudian ditranslokasi ke sepanjang miselium dan masuk ke jaringan tanaman inang (Hijikata *et al.*, 2010). Jaringan hifa yang terbentuk sangat masif pada perakaran tanaman inang dan tanah sekitar akar (rizosfer) merupakan karakter penting yang memungkinkan jamur tersebut mampu mengeksplorasi tanah dalam volume besar sehingga memiliki potensi besar untuk menyerap unsur hara dan air.

Tabel 3. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap tinggi tanaman kopi (bulan setelah tanam, BST)
Table 3. Effects of mycorrhiza and ameliorant on plant height of coffee seedlings (months after planting, MAP)

Perlakuan	Tinggi tanaman kopi (cm)					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
M0, tanpa mikoriza	7,2 a	7,6 a	8,3 a	9,6 a	11,1 a	13,3 a
M1, mikoriza rizosfer kopi	6,7 a	7,5 a	9,0 a	12,9 b	16,5 c	22,7 c
M2, mikoriza rizosfer jambu mete	7,4 a	7,9 a	9,0 a	11,8 b	14,3 b	18,4 b
Penggunaan amelioran						
L0, tanpa amelioran						
L1, pupuk organik	7,6 a	8,1 a	9,3 a	12,1 a	14,8 a	19,6 a
L2, kapur	6,5 a	7,2 a	8,4 a	10,9 a	13,5 a	17,5 a
L3, pupuk organik + kapur	7,0 a	7,5 a	8,6 a	11,4 a	14,1 a	17,0 a
	7,3 a	7,9 a	8,8 a	11,2 a	13,7 a	18,3 a
KK (%)	13,8	11,3	10,7	16,9	19,7	25,1

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test at 5 % level

Tabel 4. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap diameter batang kopi menurut umur tanaman (bulan setelah tanam, BST)
 Table 4. Effects of mycorrhiza and ameliorant on girth diameter of coffee seedlings (months after planting, MAP)

Perlakuan	Diameter batang (mm)					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
Tanpa mikoriza (M0)	1,7 a	2,1 a	2,3 a	2,4 a	2,7 a	3,3 a
Mikoriza kopi (M1)	1,8 a	2,1 a	2,5 a	2,9 b	3,7 c	4,9 c
Mikoriza Jambu mete (M2)	1,8 a	2,1 a	2,3 a	2,7 b	3,3 b	4,2 b
Penggunaan amelioran						
Tanpa ameliorant (L0)	1,8 a	2,1 a	2,4 a	2,8 a	3,3 a	4,2 a
Pupuk organik (L1)	1,7 a	2,1 a	2,4 a	2,7 a	3,3 a	4,2 a
Kapur (L2)	1,7 a	2,1 a	2,4 a	2,8 a	3,3 a	4,1 a
Pupuk organik + kapur (L3)	1,8 a	2,1 a	2,3 a	2,6 a	3,1 a	4,0 a
KK (%)	10,7	7,2	8,6	11,9	14,7	19,4

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test of 5 % level

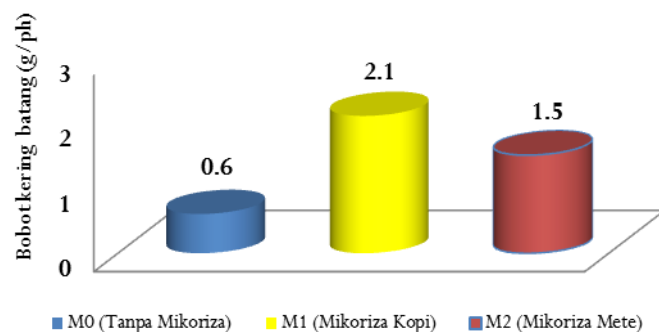
2. Diameter dan bobot kering batang

Pengaruh mikoriza terhadap diameter batang mulai terlihat nyata sejak tanaman berumur 4 BST (Tabel 4). Pada umur 4 BST, diameter batang terbesar dijumpai pada tanaman kopi yang diinokulasi dengan mikoriza kopi berbeda nyata dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan mikoriza jambu mete. Pada umur 5 dan 6 BST, penggunaan mikoriza kopi menghasilkan diameter batang yang nyata lebih besar dibandingkan kontrol maupun mikoriza jambu mete.

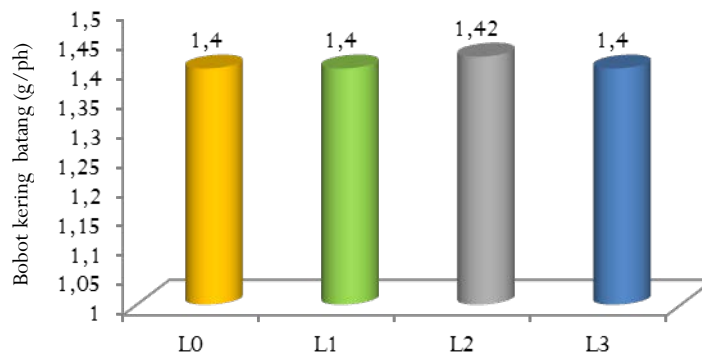
Terjadinya peningkatan diameter batang oleh perlakuan mikoriza diperkirakan berhubungan erat dengan sistem perakaran kopi yang terbentuk dan tingkat infeksi akar oleh mikoriza. Infeksi

mikoriza akan membentuk sistem perakaran yang baik sehingga tanaman mampu mengeksplorasi unsur hara dan air dari tanah secara optimal sehingga tanaman kopi mampu tumbuh dan berkembang secara baik.

Tidak terdapat pengaruh interaksi antara mikoriza dan amelioran terhadap bobot kering batang. Selanjutnya, bobot kering batang terbesar diperoleh pada perlakuan dengan mikoriza kopi (M1), diikuti perlakuan mikoriza jambu mete (M2) dan terendah pada kontrol (M0) (Gambar 2). Sedangkan pemberian amelioran (pupuk organik, kapur, dan kombinasinya) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot kering batang (Gambar 3).



Gambar 2. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering batang
 Figure 2. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee stem



Gambar 3. Pengaruh amelioran terhadap bobot kering batang (L0=Tanpa ameliorant, L1=Pupuk organik, L2=Kapur, L3=Pupuk organik+kapur)

Figure 3. Effect of added ameliorants on dry weight of coffee trunk (L0=without ameliorant, L1=Organic fertilizer, L2=Lime, L3=Organic fertilizer+lime)

3. Jumlah, luas, dan bobot kering daun

Pengaruh mikoriza terhadap jumlah daun kopi mulai terlihat lebih awal, yaitu sejak tanaman kopi berumur 2 BST sampai umur 6 BST (Tabel 5). Mikoriza yang berasal dari tanaman kopi (M1) memiliki keunggulan dibandingkan mikoriza berasal dari jambu mete, bahkan mikoriza yang

berasal dari jambu mete tidak berbeda pengaruhnya dengan kontrol. Tanaman kopi yang diberi perlakuan mikoriza yang berasal dari rizosfer tanaman kopi (M1) memperlihatkan pertumbuhan yang lebih jagur dengan warna daun hijau gelap bila dibandingkan tanpa mikoriza (Gambar 4).

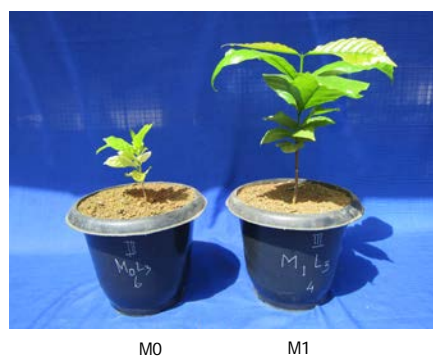
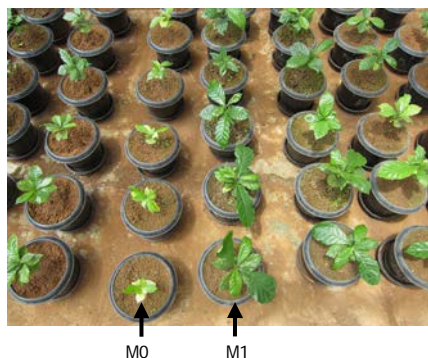
Tabel 5. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap jumlah daun kopi menurut umur tanaman (bulan setelah tanam, BST)

Table 5. Effects of mycorrhizal fungi and ameliorant on the average of coffee leave according to plant age (months after planting, MAP)

Perlakuan	Jumlah daun/pohon					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
Tanpa mikoriza (M0)	2,2 a	3,7 a	5,8 a	8,5 a	10,8 a	13,3 a
Mikoriza kopi (M1)	2,2 a	4,2 b	7,2 b	10,5 b	12,5 b	15,2 b
Mikoriza jambu mete (M2)	2,2 a	4,1 ab	6,4 a	9,2 a	10,9 a	13,7 a
Penggunaan amelioran						
Tanpa amelioran (L0)	2,1 a	4,1 a	6,7 ab	9,8 a	11,9 a	14,6 a
Pupuk organik (L1)	2,2 a	4,1 a	6,4 ab	9,3 a	11,6 a	14,2 a
Kapur (L2)	2,3 a	3,9 a	6,9 b	9,8 a	11,4 a	13,9 a
Pupuk organik + kapur (L3)	2,2 a	3,8 a	5,9 a	8,7 a	10,8 a	13,5 a
KK (%)	20,1	15,5	14,5	13,3	11,8	12,7

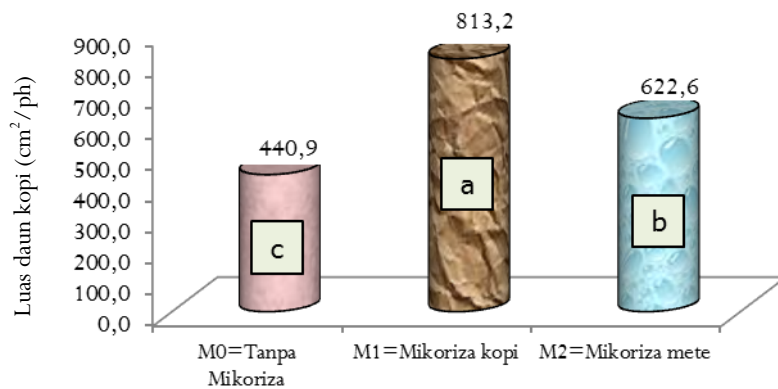
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test at 5 % level

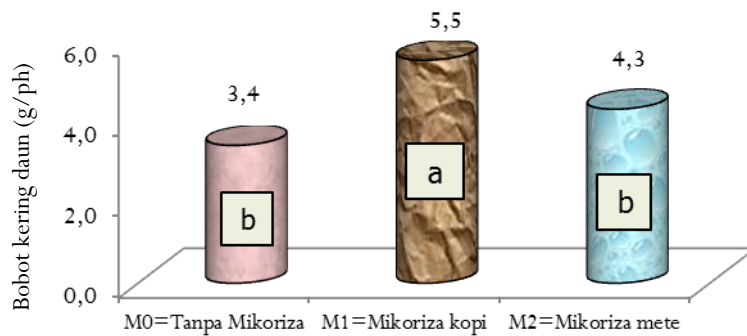


Gambar 4. Pertumbuhan tanaman kopi: Tanpa mikoriza (M0); dan menggunakan mikoriza kopi (M1)

Figure 4. The growth of coffee seedlings: Untreated (M0) and treated from coffee mycorrhiza rhizosphere (M1)



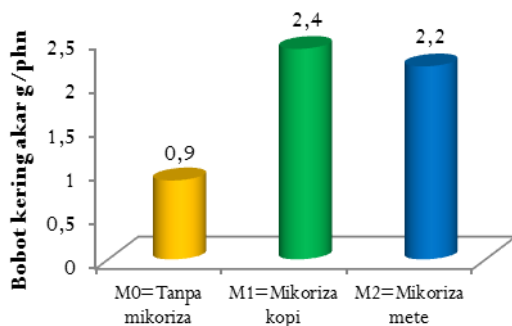
Gambar 5. Pengaruh mikoriza terhadap luas daun kopi
 Figure 5. Effect of mycorrhiza on leaf area of coffee



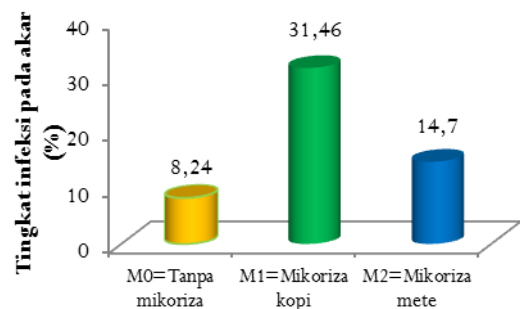
Gambar 6. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering daun kopi
 Figure 6. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee leaves

Secara kuantitatif, kejaguran tanaman juga tercermin pada komponen luas daun yang dihasilkan. Penggunaan mikoriza kopi menghasilkan luas daun nyata lebih besar dibanding tanpa mikoriza maupun mikoriza jambu mete (Gambar 5). Hal yang sama dijumpai pada

komponen bobot kering daun. Perlakuan mikoriza asal rizosfer kopi menghasilkan bobot kering daun yang jauh lebih besar dibandingkan perlakuan mikoriza asal rizosfer jambu mete maupun kontrol (Gambar 6).



Gambar 7. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering akar kopi
 Figure 7. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee root



Gambar 8. Pengaruh mikoriza terhadap tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi
 Figure 8. Effect of mycorrhiza on infection level of mycorrhizal in coffee roots

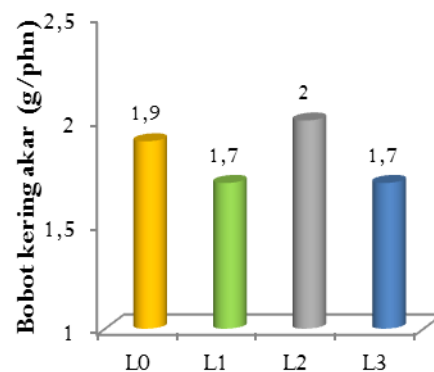
4. Bobot kering akar dan tingkat infeksi mikoriza pada akar

Pengaruh mikoriza kopi (M1) juga menghasilkan bobot kering akar kopi yang lebih besar daripada perlakuan mikoriza jambu mete (M2) maupun kontrol (M0) (Gambar 7). Hal ini sejalan dengan tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman kopi (Gambar 8). Bertambahnya persentase tingkat infeksi akar oleh mikoriza diikuti oleh peningkatan bobot kering akar yang dihasilkan. Miller *et al.* (1995) menyatakan bahwa panjang akar merupakan indikator yang baik untuk mengukur efektifitas mikoriza karena berhubungan erat dengan kontak akar dengan tanah. Zhu dan Miller (2003) melaporkan bahwa biomassa mikoriza dapat mencapai 54 -900 kg/ha, bahkan dapat mencapai 3000 kg/ha (Lovelock *et al.*, 2004). Miselium eksternalnya dapat mencapai 3% dari bobot akar (Jakobsen dan Rosendahl, 1990), dan setiap cm akar dapat mempunyai panjang miselium 10-100 m (McGonigle dan Miller, 1999). Selanjutnya Verbruggen *et al.* (2012) melaporkan bahwa inokulasi mikoriza dapat menaikkan kolonisasi sekitar 29%, dan meningkatkan bobot biomassa tanaman sebesar 23 %.

Respon positif penggunaan mikoriza terhadap peningkatan bobot kering akar kopi dan tingkat infeksi mikoriza yang relatif cukup besar (31,46%) diikuti oleh perbaikan komponen pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, diameter batang, dan bobot kering daun. Hal ini dapat terjadi karena asosiasi mikoriza diduga mampu memperbaiki proses penyerapan unsur hara dari tanah.

Terdapat banyak faktor yang diduga berkontribusi terhadap hasil inokulasi mikoriza pada suatu tanaman inang. Hubungan tanaman inang dengan genotipe mikoriza telah terbukti melalui hasil penelitian ini, yaitu penggunaan isolat mikoriza asal rizosfer kopi lebih sesuai dibandingkan isolat mikoriza dari jambu mete. Adanya hubungan fungsional yang spesifik antara tanaman inang dengan mikoriza telah dilaporkan oleh Klironomos (2003) dan Leake *et al.* (2004). Namun demikian, secara ekologis keberhasilan simbiosis mikoriza tidak hanya bergantung pada hubungan tanaman inang dengan genotipe mikoriza saja, tetapi tergantung juga dengan kondisi lingkungannya (Ricardo *et al.*, 2011).

Kondisi lingkungan seperti faktor tanah sangat menentukan jenis-jenis mikoriza yang mampu berkembang (Hamel, 2007; Helgason dan Fitter, 2009), meskipun hubungan tersebut belum sepenuhnya dipahami (Feddermann *et al.*, 2010). Faktor tanah mempunyai peran kunci dalam menilai efektifitas penggunaan mikoriza pada tanaman (Johnson *et al.*, 2005; Mechri *et al.*, 2008; Gryndler *et al.*, 2009). Oleh sebab itu, maka faktor-faktor yang diperkirakan sangat mempengaruhi efektifitas mikoriza perlu dipahami secara baik sebelum inovasi teknologi mikoriza diterapkan pada tanaman di lapangan (Ricardo *et al.*, 2011).



Gambar 9. Pengaruh amelioran terhadap bobot kering akar (L0=tanpa amelioran, L1=pupuk organik, L2=kapur, L3=pupuk organik+kapur)

Figure 9. Effect of ameliorant on dry weight of roots (L0=without ameliorant, L1=organic fertilizer, L2=lime, L3=organic fertilizer+lime)

Adanya respon positif dari tanaman kopi terhadap penggunaan mikoriza karena dua kondisi yang mendukung. *Pertama*, kompatibilitas mikoriza dengan tanaman inang (kopi Robusta). Namun, hasil lain yang juga menarik bahwa penggunaan mikoriza dari rizosfer jambu mete (M2) ternyata memberikan respon cukup baik meskipun tidak sebaik dari rizosfer kopi. Artinya, penggunaan mikoriza jambu mete juga cukup kompatibel dengan tanaman kopi. *Kedua*, pemilihan jenis tanah Ultisol Jasinga sebagai objek studi. Karakter umum jenis tanah tersebut memiliki kesuburan yang rendah, termasuk status unsur hara P, yaitu 1,57 ppm (Lampiran 1). Oleh sebab itu, pemberian mikoriza memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman. Namun respon positif ini

tidak disebabkan oleh faktor tunggal status P yang rendah saja, tetapi pengaruh yang sangat kompleks yang diinisiasi oleh kolonisasi mikoriza dan infeksi akar kopi. Hifa yang masif memperluas permukaan absorptif akar sehingga mampu menyerap unsur-unsur hara yang lain (Clark dan Zeto, 2000; Schweiger dan Jakobsen., 2000; Andrade *et al.*, 2009).

Perlakuan penggunaan amelioran tidak berpengaruh signifikan terhadap bobot kering akar. Tanaman kopi yang tidak diberi amelioran (L0) menghasilkan akar sebesar 1,9 g per pohon, sedangkan perlakuan kapur (L1), pupuk organik (L2), dan kombinasinya (L3) masing-masing menghasilkan bobot kering akar 1,7, 2,0, dan 1,7 g per pohon (Gambar 9).

KESIMPULAN

Penggunaan inokulum mikoriza, baik yang berasal dari rizosfer tanaman kopi maupun jambu mete mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Respon positif diperlihatkan oleh pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, dan diameter batang, serta bobot kering batang, daun, dan akar tanaman kopi. Mikoriza yang berasal dari rizosfer kopi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan yang berasal dari rizosfer jambu mete. Sedangkan penggunaan amelioran kapur, bahan organik, dan kombinasinya tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, S. A. L., P. Mazzafera, M. A. Schiavinato, and A. P. D. Silveira. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science* 147: 105–115.
- Auge, R. M. 2001. Water relations, drought, and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3–42.
- Atkinson, D, J. Baddeley, N. Goicoechea, J. Green, M. Sanchez-Diz, and C. A. Watson. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi in low input agriculture. In S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea, and K. Haselwanter (Eds). *Mycorrhiza Technology in Agriculture: From genes to bioproducts*. Switzerland.
- Baon, J. B, S. Abdoellah, A. Pujiyanto, R. Wibawa, N. Erwiyono, A. M Zaenudin, E. Mardiono, dan S. Wiryadiputra. 2003. Pengelolaan kesuburan tanah perkebunan kopi untuk mewujudkan usahatani yang ramah lingkungan. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 19 (2): 107-123.
- Bonfante, P. and A. Genre. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature Communications*. Macmillan Publishers Limited. p. 1–11. www.nature.com/naturecommunications
- Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil* 320: 1–41.
- Bücking, H., E. Liepold, and P. Ambilwade. 2012. The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. In *Plant Science*. Biology and Microbiology Department, South Dakota State University. USA. p. 107-138.
- Clark, R. B. and S. K. Zeto. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition* 23: 867–902.
- Feddermann, N., R. Finlay, T. Boller, and M. Elfstrand. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhizae: the role of gene expression, phosphorus nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal Ecol.* 3: 1–8.
- Gryndler, M, H. Hrselová, T. Cajtham, M. Havránková, V. Rezáčová, H. Gryndlerová, and J. Larsen. 2009. Influence of soil organic matter decomposition on arbuscular mycorrhizal fungi in terms of symbiotic hyphal growth and root colonization. *Mycorrhiza* 19: 255–266.
- Habte, M. and H. C. Bittenbender 1999. Reactions of coffee to soil solution P concentration and arbuscular mycorrhizal colonization. *Journal of South Pacific Agriculture* 6: 29–34.
- Hamel, C. 2007. Extraradical arbuscular mycorrhizal mycelia: Shadowy figures in the soil. In Hamel, C. and C. Plenchette (Eds) *Mycorrhizae in Crop production: Applying knowledge*. Haworth, Binghampton. p. 1–36.
- Hart, M. M. and J. T. Trevors. 2005. Microbe management: Application of mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. *Front Ecol. Environ.* 3 (10): 533–539.
- Hasanudin, Mitriani, dan F. Barchia. 2007. Pengaruh pengapuran dan pupuk kandang terhadap ketersediaan hara P pada timbunan tanah pasca tambang batubara. *Jurnal Akta Agrosia* 1: 1-4.

- Haynes, R. J. and M. S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59: 47–63.
- Helgason, T. and A. H. Fitter. 2009. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). *J. Exp. Bot.* 60: 2465–2480.
- Hijikata, N., M. Murase, C. Tani, R. Ohtomo, M. Osaki, and T. Ezawa. 2010. Polyphosphate has a central role in the rapid and massive accumulation of phosphorus in extraradical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytol.* 186: 285–289.
- Jakobsen, I. and L. Rosendahl. 1990. Carbon inflow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytologist* 115: 77–83.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau, and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol Fertil Soils* 37: 1–16.
- Johnson, D., J. R. Leake, and D. J. Read. 2005. Liming and nitrogen fertilization affects phosphatase activities, microbial biomass and mycorrhizal colonisation in upland grassland. *Plant Soil* 271: 157–164.
- Kisinyo, P. O. and C. O. Othieno. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in phosphorus acquisition in tropical agriculture – A review. *African Crop Science Conference Proceedings* 6: 416–423.
- Klironomos, J. N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84: 2292–2301.
- Leake, J. R., D. Johnson, D. P. Donnelly, G. E. Muckle, L. Boddy, and D. J. Read. 2004. Networks of power and influence: The role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Can. J. Bot.* 82: 1016–1045.
- Lopes, E. S., E. Oliveira, R. Dias, and N. C. Schenck. 1983. Occurrence and distribution of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central Sao Paulo State, Brazil. *Turrialba* 33: 417–422.
- Lovelock, C. E., S. F. Wright, D. A. Clark, and R. W. Ruess. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest. *Journal of Ecology* 92 (2): 278–287.
- McGonigle, T. P., and M. H. Miller. 1999. Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. *Appl. Soil Ecol.* 12: 41–50.
- McGonigle, T. P., M. H. Miller, D. G. Evans, G. L. Fairchild, and J. A. Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495–501.
- Mechri, B., F. B. Mariem, M. Baham, S. B. Elhadj, and M. Hammami. 2008. Change in soil properties and the soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol Biochem* 40: 152–161.
- Miller, R. M., D. R. Reinhardt, and J. D. Jastrow. 1995. External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie community. *Oecologia* 103: 17–23.
- Muleta, D., F. Assefa, S. Nemomissa, and U. Granhall. 2007. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 241: 145–154.
- Nunez, P. A., A. Pimentel, I. Almonte, D. Sotomayor-Ramirez, N. Martinez, A. Pérez, and C. M. Céspedes. 2011. Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona province, Dominican Republic. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 11 (1): 127–140.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact Brit Mycol Soc* 55: 158–161.
- Ricardo, A., H. Peraza, C. Hamel, F. Fernández, R. L. Ferrer, and E. Furrzola. 2011. Soil–strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza* 21: 183–193.
- Rillig, M. C. and D. L. Mummey. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171: 41–53.
- Schweiger, P. and J. Jakobsen. 2000. Laboratory and field methods for measurement of hyphal uptake of nutrients in soil. *Plant and Soil* 226: 237–244.
- Sieverding, E. and S. T. Toro. 1986. The genus *Entrophospora* in Colombia. In *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae* (Eds) V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi. Paris, France. p. 621–626.
- Simard, S. W. and D. M. Durall. 2004. Mycorrhizal networks: A review of their extent, function, and importance. *Can J Bot* 82: 1140–65.
- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Eds. Academic Press. Cambridge, UK.

- Siqueira, J. O., O. J. Saggin-Junior, W. W. Flores-Aylas, and P. T. G. Guimaraes. 1998. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza* 7: 293–300.
- Van der Heijden, M. G. A., R. Streitwolf-Engel, R. Riedl, S. Siegrist, A. Neudecker, K. Ineichen, T. Boller, A. Wiemken, and I. R. Sanders. 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition, and soil structure in experimental grassland. *New Phytol.* 172: 739-752.
- Verbruggen, E. G. A. Marcel, van der Heijden, M. C. Rillig, and E. T. Kiers. 2013. Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: Factors determining inoculation success. *New Phytologist* 197: 1104–1109.
- Zhu, Y. G. and R. M. Miller. 2003. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil—plant systems. *Trends Plant Sci.* 8: 407–409.

Lampiran 1. Beberapa sifat-sifat fisik dan kimia tanah Podsolik Merah Kuning (PMK, Ultisol) Jasinga Bogor
 Appendix 1. Some physical and chemical properties of red yellow Podsollic (Ultisol) soil, Jasinga Bogor

Sifat tanah	:	Nilai
pH H ₂ O	:	4,8
KCl	:	3,8
C-organik (%)	:	1,5
N-Total (%)	:	0,16
C/N ratio	:	9,4
P _{tsd} (P ₂ O ₅) – Bray I (ppm)	:	1,57
Basa _{dd} (cmol/kg), NH ₄ Ac 1M		
Ca	:	1,24
Mg	:	0,46
K	:	0,15
Na	:	0,62
Al _{dd} (cmol/kg)	:	2,5
KTK (cmol/kg)	:	37,8
Tekstur (%)		
Pasir	:	37,9
Debu	:	47,1
Liat	:	15,0