

PENGARUH MIKORIZA DAN PUPUK NPKMg TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KOPI ARABIKA

EFFECT OF MYCORRHIZA AND NPKMg FERTILIZERS ON GROWTH AND PRODUCTION OF ARABICA COFFEE

* Usman Daras¹⁾, Iing Sobari²⁾, Octivia Trisilawati¹⁾, dan Juniaty Towaha²⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

Jalan Tentara Pelajar No. 3, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16111 Indonesia

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* usman_daras@yahoo.com

(Tanggal diterima: 9 Maret 2015, direvisi: 14 April 2015, disetujui terbit: 10 Juli 2015)

ABSTRAK

Mikoriza merupakan agens hayati yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk kimia (anorganik) karena dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara tanah. Penelitian bertujuan mengevaluasi efektivitas mikoriza dan pupuk NPKMg terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kopi muda di lapangan. Penelitian dilaksanakan di KP. Pakuwon, Sukabumi, Jawa Barat, mulai Januari 2013 sampai November 2014. Perlakuan yang diuji adalah penggunaan mikoriza 3 taraf: tanpa mikoriza, 200 spora/pohon, dan 400 spora/pohon; dan pemberian pupuk NPKMg, 4 dosis (dosis rekomendasi, $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, dan $\frac{1}{4}$ dosis rekomendasi). Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok, 3 ulangan dengan ukuran petak 4 pohon. Dosis rekomendasi adalah pemberian pupuk NPKMg sebanyak 140 g/pohon/tahun (40 g urea, 50 g SP-36, 30 g KCl, dan 20 g kieserit). Pupuk NPKMg diberikan dalam 2 tahap, sedangkan mikoriza diaplikasikan dua bulan setelah pemberian pupuk NPKMg yang pertama. Parameter yang diamati meliputi karakter vegetatif (tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah cabang) dan generatif (hasil kopi) serta tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi. Hasil penelitian menunjukkan pemberian kombinasi mikoriza 400 spora dan 105 g NPKMg per pohon/tahun menghasilkan pertumbuhan tanaman kopi terbaik sampai umur 15 bulan setelah tanam, tetapi belum berpengaruh terhadap produksi kopi. Pemberian inokulum mikoriza sebanyak 200 dan 400 spora/pohon memperlihatkan tingkat infeksi mikoriza yang sama pada akar kopi pada semua pemberian dosis pupuk.

Kata kunci: Kopi Arabika, mikoriza, pupuk

ABSTRACT

Mycorrhiza is a biological agent that could improve the efficiency of chemical fertilizers (inorganic) due to it can increase the availability of soil nutrients. The study aimed to evaluate the effectiveness of mycorrhiza and NPKMg fertilizers on growth and yield of coffee plants in the field. The research was carried out at KP. Pakuwon, Sukabumi, West Java, from January 2013 to November 2014. The treatments that examined in this study were 3 levels of mycorrhiza application (M0, without mycorrhizal fungi; M1, application of 200 spore/tree; and M2, application of 400 spore/tree), and 4 dosage of NPKMg fertilizers (F1, recommended dose, RD; F2, $\frac{3}{4}$ RD; F3, $\frac{1}{2}$ RD, and F4, $\frac{1}{4}$ RD). The treatments were arranged in a randomized block design with 3 replications, and the plot size consisted of 4 coffee plants. The recommended dose of fertilizer is 140 g NPKMg/tree/years (40 g urea, 50 g SP-36, 30 g KCl, and 20 g kieserit). NPKMg fertilizers were applied two times, whereas mycorrhiza was given two months after the first application of NPKMg fertilizers. The observed parameters were vegetative characters (plant height, stem diameter, number of branch) and generative character (coffee yield) as well as the infection rates of mycorrhiza on roots. The results showed that application of 400 spores of mycorrhizal fungi and 105 g NPKMg/tree/year exhibited the best growth of coffee plants until 15 months after planting (MAP). However, that combination was not significantly affected coffee production. Moreover, application of 200 and 400 spores of mycorrhizal fungi/tree combined with all dosage of NPKMg fertilizers revealed the same infection rates of mycorrhiza on roots.

Keywords: Arabica coffee, mycorrhiza, fertilizer

PENDAHULUAN

Asosiasi saling menguntungkan antara fungi mikoriza dengan tanaman inang disebut simbiotik mutualistik. Beberapa manfaat dari asosiasi tersebut bagi tanaman inang adalah memperbaiki pertumbuhan, meningkatkan produksi, perlindungan terhadap penyakit, dan peningkatan kualitas tanah (Strack, Fester, Hause, Schliemann & Walter, 2003; Baon *et al.*, 2003; Parniske, 2008). Penggunaan mikoriza untuk memperbaiki pertumbuhan dan hasil tanaman telah banyak dilaporkan, di antaranya Clark & Zeto (2000), Sanchez, Montilla, Rivera & Cupull (2005), Brundrett (2009), dan Bücking *et al.* (2012), bahwa inokulasi mikoriza dapat meningkatkan serapan hara P dan unsur hara lain seperti N, K, Ca, Mg, Zn, dan Cu. Selanjutnya Junaedi, Wachjar, & Rahman (1999) dan Goenadi, Siswanto, & Sugiarto (2000) melaporkan inokulasi mikoriza dapat mengurangi dosis pemberian pupuk buatan. Sementara itu, Auge (2004) dan Van der Heijden, Bardgett & Van Straalen (2008) menjelaskan inokulasi mikoriza dapat meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan serta melindungi tanaman dari keracunan logam-logam berat.

Penggunaan mikoriza pada tanaman kopi telah dilaporkan oleh Tristao, Andrade, & Silveira (2006), inokulasi mikoriza dapat memperbaiki pertumbuhan vegetatif bibit kopi dan meningkatkan kandungan P daun serta jumlah gelondong kopi per pohon (Baon & Wibawa, 2000). Selanjutnya Daras, Trisilawati, & Sobari (2013) melaporkan inokulasi mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kopi Robusta yang ditanam pada tanah podsolik di rumah kaca. Hasil serupa juga dilaporkan Ibiremo, Daniel, Oloyede & Iremiren (2011), pemberian mikoriza dapat meningkatkan serapan P tanaman kopi pada tanah dengan kandungan P rendah.

Mikoriza bersimbiosis baik dengan tanaman kopi, terutama pada tanah-tanah dengan kesuburan rendah (Andrade, Mazzafera, Schiavinato, & Silveira, 2009; Lebron, Lodge, & Bayman, 2012). Hal ini disebabkan oleh *extra-radical* hifa yang terbentuk dan berfungsi sebagai penyedia hara. Hifa ini bersifat masif mampu menyerap hara dari wilayah non rizosfir, yang biasanya tidak terjangkau oleh akar tanaman (Jehne & Lee, 2014) sehingga unsur-unsur hara yang dibutuhkan tanaman menjadi tersedia, seperti unsur N, Ca, dan Mg (Vaast & Zasoski, 1998).

Tanaman kopi membutuhkan hara makro seperti N, K, Ca, dan Mg dalam jumlah besar (Prastowo, 2013), ketersediaan unsur-unsur tersebut sangat menentukan produksi yang dapat dicapai. Jumlah unsur hara yang dibutuhkan tanaman kopi bervariasi, tergantung beberapa faktor seperti spesies/tipe tanaman

dan jumlah tanaman lain yang berasosiasi dengan kopi, jumlah dan distribusi hujan, topografi dan jenis tanah, serta teknik budidaya yang diterapkan (Melke & Itana, 2015).

Pada kopi Arabika, kandungan normal K dan Mg daun masing-masing adalah 2,1%–2,6%, dan 0,26%–0,40%, sedangkan pada kopi Robusta 1,81%–2,20% dan 0,31%–0,36%. Menurut Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [Puslitkoka] (2006) *cited in* Prastowo *et al.* (2010) kebutuhan pupuk untuk tanaman kopi pada umur 1–2 tahun per pohon adalah 40 g urea, 50 g SP36, 30 g KCl, dan 20 g kieserit yang diberikan pada awal musim dan akhir musim hujan. Pemberian pupuk anorganik pada tanaman sangat diperlukan tetapi bila diberikan terus menerus dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Oleh sebab itu, penggunaan mikoriza berpotensi untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik karena dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara.

Penelitian bertujuan mengevaluasi efektivitas mikoriza dan pupuk NPKMg terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kopi muda di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, dengan ketinggian tempat 450 m dpl, jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt dan Fergusson), mulai Januari 2013 sampai November 2014. Isolat mikoriza yang digunakan berasal dari rizosfir tanaman kopi dari daerah Lampung yang merupakan isolat terbaik hasil eksplorasi tahun 2012 (Daras *et al.*, 2013). Mikoriza diperbanyak pada tanaman inang (*host*) sorgum, yang ditanam dan dipelihara dalam pot percobaan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor, mulai Januari sampai Maret 2013.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 12 perlakuan. Perlakuan yang diuji adalah pemberian mikoriza (M), 3 taraf: M0 (tanpa inokulum, M1 (mikoriza 200 spora/pohon), dan M2 (mikoriza 400 spora/pohon), dan 4 taraf pupuk NPKMg: F1 (dosis rekomendasi), F2 ($\frac{3}{4}$ dosis rekomendasi), F3 ($\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi), dan F4 ($\frac{1}{4}$ dosis rekomendasi). Masing-masing perlakuan menggunakan 4 tanaman kopi berumur satu tahun dan diulang 3 kali. Dosis penuh/dosis rekomendasi (DR) pupuk NPKMg adalah 140 g/pohon/tahun, untuk tanaman kopi berumur 1–2 tahun di lapangan (Puslitkoka, 2006). Komposisi dari dosis penuh (140 g/pohon/tahun) disusun dari pupuk tunggal 40 g urea, 50 g SP-36, 30 g KCl, dan 20 g kieserit. Pupuk diberikan dalam 2 tahap (split dosis) yang disebarkan

pada alur dangkal 5–7,5 cm di sekeliling tanaman, kemudian ditutup tanah. Pemberian pupuk pertama (50%) diberikan pada bulan Maret 2013, ketika tanaman kopi berumur 3 bulan setelah tanam, dan tahap kedua (50%) pada bulan Desember 2013.

Dua bulan setelah pemberian pupuk tahap pertama (Mei 2013), inokulum mikoriza diaplikasikan ke tanaman kopi. Sebelum mikoriza diaplikasikan, dilakukan pembersihan gulma (bobokor) untuk memudahkan aplikasi perlakuan. Penempatan inokulum mikoriza diawali dengan pembuatan dua lubang secara bersebelahan di sekitar perakaran kopi, kemudian inokulum dimasukkan ke dalam lubang, lalu ditutup dengan tanah.

Parameter yang diamati, yaitu pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman, jumlah cabang, dan diameter batang) dan hasil panen kopi beras pada 15 bulan setelah tanam (BST) serta tingkat infeksi mikoriza pada akar berdasarkan metode pewarnaan “tryphan blue” dari Phillips & Hayman (1970). Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati dilakukan analisis varians dan bila terdapat perbedaan yang nyata dilanjutkan dengan uji Duncan dengan tingkat kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Vegetatif

Hasil pengamatan pertumbuhan vegetatif tanaman kopi menunjukkan perlakuan M2F3, yakni kombinasi penggunaan mikoriza (400 spora/pohon) dan pemupukan NPKMg ($\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi) menghasilkan pertambahan tinggi tanaman terbesar, berbeda nyata dengan perlakuan M0F2 (tanpa mikoriza + $\frac{3}{4}$ dosis rekomendasi) dan M0F3 (tanpa mikoriza +

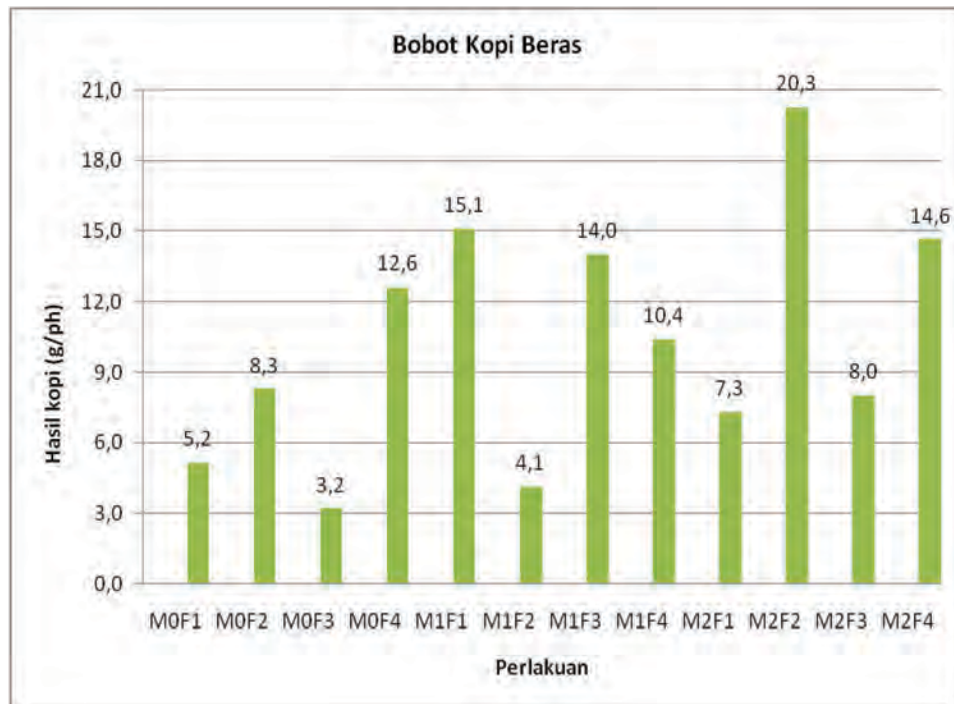
$\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi), tetapi tidak nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 1). Hal ini berarti penggunaan mikoriza sebanyak 400 spora/pohon dapat mengurangi penggunaan pupuk sampai 50% dari dosis rekomendasi. Hasil serupa dilaporkan oleh Junaedi *et al.* (1999), Goenadi *et al.* (2000) dan Daras *et al.* (2013), penggunaan mikoriza dapat mengurangi dosis pupuk buatan sampai mencapai 50%. Peningkatan efisiensi pemupukan diduga berhubungan dengan hifa mikoriza yang masif. Kisinyo & Othieno (2003) melaporkan hifa mikoriza yang masif mampu menjangkau atau menyerap P diluar zone rizosfir yang biasanya sulit dijangkau oleh akar tanaman dan juga mampu mengeksplotasi sumber P tanah yang tidak tersedia, baik dalam bentuk ikatan organik maupun anorganik (Harley & Smith, 1983; Aguin, Mansilla, Vilarino & Sainz, 2004; Rungkat, 2009). Selain itu mikoriza juga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara lainnya seperti N, Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, dan K (Swift *et al.*, 1984; Clark, Zobel, & Zeto, 1999).

Data (Tabel 1) memperlihatkan penggunaan mikoriza dan pupuk NPKMg berpengaruh terhadap pertambahan jumlah cabang terutama pada perlakuan M2F3 (400 spora mikoriza + $\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi) dengan jumlah 14,67 berbeda sangat nyata dengan perlakuan M0F2 dan M0F3 masing-masing 9,2 dan 7,14 cabang, tetapi tidak berbeda nyata dengan M2F4 (400 spora mikoriza + $\frac{1}{4}$ dosis rekomendasi) dan M1F2 (200 spora mikoriza + $\frac{3}{4}$ dosis rekomendasi), yaitu 13,61 dan 12,92 cabang. Demikian juga dengan komponen diameter batang perlakuan M2F3 konsisten lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini berarti bahwa aplikasi mikoriza 400 spora/pohon dengan pupuk $\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi telah memberikan efek positif bagi pertumbuhan tanaman kopi.

Tabel 1. Pengaruh mikoriza dan pupuk terhadap pertambahan tinggi tanaman, jumlah cabang, dan diameter batang kopi 15 bulan setelah aplikasi
Table 1. Effect of mycorrhiza and fertilizer on plant height, branch number, and stem diameter of coffee plants (15 months after application)

Perlakuan	Pertambahan tinggi tanaman (cm)	Pertambahan jumlah cabang	Diameter batang (mm)
M0F1 (tanpa mikoriza + dosis rekomendasi/DR)	44,67 ab	11,33 ab	9,77 a
M0F2 (tanpa mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR)	34,08 a	9,20 a	7,89 a
M0F3 (tanpa mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR)	29,55 a	7,14 a	6,90 a
M0F4 (tanpa mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR)	40,22 ab	10,17 ab	7,36 a
M1F1 (200 spora mikoriza + DR)	36,64 ab	10,53 ab	9,11 a
M1F2 (200 spora mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR)	44,08 ab	12,92 b	9,42 a
M1F3 (200 spora mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR)	37,33 ab	10,56 ab	9,82 a
M1F4 (200 spora mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR)	37,92 ab	10,00 ab	8,32 a
M2F1 (400 spora mikoriza + DR)	38,03 ab	10,19 ab	8,15 a
M2F2 (400 spora mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR)	37,67 ab	11,33 ab	5,85 a
M2F3 (400 spora mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR)	56,06 b	14,67 b	10,88 a
M2F4 (400 spora mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR)	43,00 ab	13,61 b	7,61 a
KK (%)	27,92	26,00	31,00

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji BNT taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters at same column are not significantly different according to LSD at 5%



Keterangan : MOF1 = tanpa mikoriza + dosis rekomendasi (DR), MOF2 = tanpa mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR, MOF3 = tanpa mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR, MOF4 = tanpa mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR, M1F1 = 200 spora mikoriza + DR, M1F2 = 200 spora mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR, M1F3 = 200 spora mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR, M1F4 = 200 spora mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR, M2F1 = 400 spora mikoriza + DR, M2F2 = 400 spora mikoriza + $\frac{3}{4}$ DR, M2F3 = 400 spora mikoriza + $\frac{1}{2}$ DR, M2F4 = 400 spora mikoriza + $\frac{1}{4}$ DR

Notes : MOF1 = without mycorrhiza + recommended dosage (RD), MOF2 = without mycorrhiza + $\frac{3}{4}$ RD, MOF3 = without mycorrhiza + $\frac{1}{2}$ RD, MOF4 = without mycorrhiza + $\frac{1}{4}$ RD, M1F1 = 200 mycorrhizal spore + RD, M1F2 = 200 mycorrhizal spore + $\frac{3}{4}$ RD, M1F3 = 200 mycorrhizal spore + $\frac{1}{2}$ RD, M1F4 = 200 mycorrhizal spore + $\frac{1}{4}$ RD, M2F1 = 400 mycorrhizal spore + RD, M2F2 = 400 mycorrhizal spore + $\frac{3}{4}$ RD, M2F3 = 400 mycorrhizal spore + $\frac{1}{2}$ RD, M2F4 = 400 mycorrhizal spore + $\frac{1}{4}$ RD

Gambar 1. Rata-rata hasil biji kopi pada berbagai perlakuan yang diperoleh dari hasil panen tahap pertama
Figure 1. Average yield of coffee beans on various treatments obtained from the first harvest

Aplikasi mikoriza memberikan efek positif terhadap pertumbuhan komponen vegetatif kopi, hal ini terlihat pada dosis pemupukan NPKMg ($\frac{1}{2}$ dari dosis rekomendasi). Pada pemberian dosis pupuk lebih tinggi (M2F1 dan M2F2) atau lebih rendah (M2F4), pemberian mikoriza menjadi kurang efektif, yang diperlihatkan oleh nilai pertambahan pertumbuhan yang lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan M2F3. Hal ini mungkin disebabkan oleh kandungan unsur P yang rendah pada lokasi penelitian. Sesuai dengan laporan Eviati & Sulaeman (2009), bahwa hasil analisis tanah di tempat penelitian (KP. Pakuwon) merupakan tanah Latosol dengan kandungan P rendah (2,72 ppm).

Vaast *et al.* (1996) dan Verbruggen, van der Heijden, Rillig, & Kiers (2013) melaporkan tingkat efektivitas mikoriza akan terlihat jelas pada tanah-tanah dengan kandungan P rendah, terutama pada tanah mineral masam. Pada tanah mineral asam sebagian besar P tanah tidak terlarut, yakni dalam bentuk ikatan Fe-P dan Al-P, yang tidak tersedia atau sulit diserap tanaman (Bhattacharya & Dey, 1983; Haynes & Mokolobate,

2001). Hasil penelitian ini memperlihatkan pemberian mikoriza dapat mengurangi penggunaan pupuk P sehingga biaya penyediaan pupuk P dapat ditekan.

Hasil Panen Kopi Beras

Pengaruh mikoriza dan pupuk terhadap hasil kopi panen pertama menunjukkan perlakuan M2F2, yaitu kombinasi pemberian inokulum mikoriza 400 spora/pohon dan pupuk $\frac{3}{4}$ DR (105 g/pohon) menghasilkan berat kopi tertinggi (20,3 g/pohon), sedangkan yang terendah (3,2 g/pohon) pada perlakuan MOF3, yakni pada pemberian dosis pupuk $\frac{1}{2}$ DR (70 g/pohon) tanpa mikoriza. Hasil kopi dari perlakuan lainnya bervariasi 4,1–15,1 g/pohon. Hal ini mungkin disebabkan oleh belum optimumnya produksi kopi yang diamati karena pada saat pengamatan umur tanaman kopi baru berumur 1,5 tahun, sedangkan produksi optimum tanaman kopi pada saat kopi berumur 5 tahun. Di samping itu, mungkin juga efek dari mikoriza terhadap tanaman belum maksimal.

Pengaruh penggunaan mikoriza yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk menunjukkan perlakuan M2F2, yaitu pemberian inokulum mikoriza 400 spora/pohon dan dosis pupuk $\frac{3}{4}$ DR (105 g/pohon) menghasilkan kopi terbanyak (20,3 g/pohon), disusul perlakuan M1F1, yakni pemberian mikoriza 200 spora/pohon dan 1 DR (140 g/pohon) dengan hasil kopi 15,1 g/pohon. Pada dosis pupuk yang sama (F2), usaha meningkatkan konsentrasi inokulum mikoriza dari 200 (M1F2) dengan hasil kopi 4,1 g/pohon, menjadi 400 spora/pohon (M2F2) dengan hasil 20,3 g/pohon. Berarti diperoleh kenaikan hasil kopi sebesar 16,2 g/pohon atau naik hampir 5 kali lipat. Pada penggunaan dosis pupuk tertinggi (F1), pemberian maksimum mikoriza adalah 200 spora/pohon (M1), yaitu perlakuan M1F1 dengan hasil kopi sebesar 15,1 g/pohon. Pada dosis pupuk tersebut usaha meningkatkan konsentrasi mikoriza menjadi 400 spora/pohon (M2) ternyata diikuti oleh penurunan hasil kopi 7,3 g/pohon. Dengan kata lain, penggunaan pupuk yang lebih banyak dapat menurunkan efektivitas mikoriza dalam memperbaiki hasil kopi. Adanya respon negatif dari penggunaan mikoriza tersebut umumnya berkaitan erat dengan sistem pertanian intensif (Verbruggen *et al.*, 2013). Pengolahan tanah dan pemupukan, terutama pupuk P, dapat menurunkan jumlah propagul mikoriza seperti spora dan miselium efektif (Smith & Read, 2008; Schnoor *et al.*, 2011).

Apabila hasil kopi tersebut dihubungkan dengan komponen pertumbuhan vegetatif maka diperoleh tren respon yang konsisten, yakni pengurangan dosis pemupukan diikuti oleh perbaikan pertumbuhan secara nyata, dan hasil kopi lebih tinggi pada tanaman kopi bermikoriza dibandingkan tanpa bermikoriza. Artinya, penggunaan dosis pupuk anjuran (sesuai rekomendasi) dianggap terlalu banyak untuk umur tanaman kopi yang sama pada kondisi agroklimat Pakuwon Sukabumi. Berdasarkan tren respon tersebut maka dapat disimpulkan, pemberian dosis pupuk $\frac{1}{2}$ – $\frac{3}{4}$ DR atau 70–105 g/pohon, yang dikombinasikan dengan pemberian inokulum mikoriza 400 spora/pohon dinilai sebagai jumlah pupuk yang cukup memadai untuk kondisi tanaman dan lingkungan Pakuwon. Hasil tersebut sejalan dengan hasil penelitian yang dilaporkan Junaedi *et al.* (1999), Goenadi *et al.* (2000), dan Daras *et al.* (2013), bahwa penggunaan mikoriza dapat mengurangi dosis pupuk buatan sampai mencapai 50%.

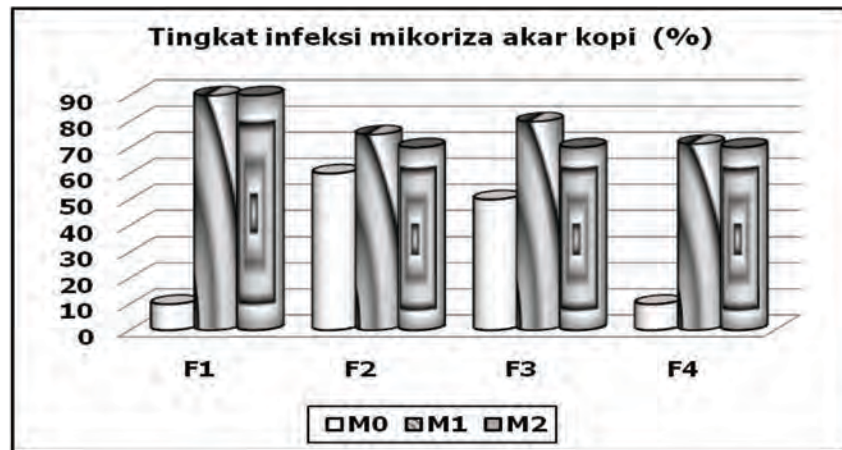
Tingkat Infeksi Mikoriza Akar Kopi

Tingkat infeksi mikoriza menunjukkan banyaknya mikoriza yang dapat bersimbiosis dengan tanaman inangnya. Hasil analisis mikoriza pada akar menunjukkan mikoriza yang digunakan dapat menginfeksi akar kopi dengan tingkat infeksi 10% sampai 90% (Gambar 2), berarti inokulum potensial untuk digunakan. Tingkat infeksi tersebut masih dalam kisaran yang pernah dilaporkan Covacevich & Echeverría (2008), yaitu 0%–91%.

Pada Gambar 2 menunjukkan akar tanaman kopi yang tidak diberi perlakuan mikoriza (M0) juga terjadi infeksi mikoriza walaupun lebih sedikit bila dibandingkan dengan yang diberi perlakuan mikoriza (M1 dan M2). Hal ini berarti pada lokasi penelitian telah ada mikoriza yang berasosiasi pada tanah tersebut. Muleta *et al.* (2007) melaporkan secara alami pada pertanaman kopi terdapat mikoriza indigenous tertentu, dan Lopes *et al.* (1983), Siqueira *et al.*, (1998), dan Habte & Bittenbender (1999) telah menemukan 22 spesies mikoriza pada perakaran kopi dari sentra-sentra produksi kopi di Brasil.

Mikoriza indigenous sering tidak memberikan pengaruh optimal (efektif) pada tanaman yang dibudidayakan karena populasinya tidak cukup, kualitas propagul rendah atau faktor ekologi yang kompleks antara tanaman dan mikoriza (Verbruggen *et al.*, 2013). Selain itu, data memperlihatkan perakaran kopi yang tidak diinokulasi mikoriza (M0) pada semua taraf (dosis) pemupukan (F4–F1) mempunyai rata-rata tingkat infeksi mikoriza lebih kecil, yaitu 32,5%.

Tanaman kopi yang diinokulasi mikoriza 200 dan 400 spora/pohon pada semua taraf pemupukan mempunyai tingkat infeksi akar >70%. Tingkat infeksi mikoriza pada perakaran kopi tersebut dinilai sangat baik, tetapi belum memberikan pengaruh yang tinggi terhadap pertumbuhan dan produksi kopi, sebab hasil yang terbaik terhadap pertumbuhan diperoleh pada perlakuan M2F3 (Tabel 1). Demikian juga dengan produksi kopi, hasil terbaik adalah pada perlakuan M1F3 (Gambar 1). Hal ini mungkin disebabkan oleh kompetisi antara mikoriza dan tanaman inang dalam memperoleh energi (karbohidrat) (Setiadi, 1989). Wachjar, Setiadi, & Hastuti (1998) menyatakan tingkat infeksi mikoriza yang tinggi dapat mengganggu pertumbuhan tanaman inang karena persaingan mendapatkan karbohidrat.



Keterangan : M0 = tanpa inokulum, M1= mikoriza 200 spora/pohon, M2 = mikoriza 400 spora/pohon, F1 = dosis rekomendasi, F2 = $\frac{3}{4}$ dosis rekomendasi, F3 = $\frac{1}{2}$ dosis rekomendasi, F4 = $\frac{1}{4}$ dosis rekomendasi

Notes : M0 = without inoculum, M1= 200 mycorrhizal spore/tree, M2 = 400 mycorrhizal spore/tree, F1 = recommended dosage, F2 = $\frac{3}{4}$ of recommended dosage, F3 = $\frac{1}{2}$ of recommended dosage, F4 = $\frac{1}{4}$ of recommended dosage

Gambar 2. Tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman kopi
Figure 2. The infection rates of mycorrhiza on the roots of coffee plants

KESIMPULAN

Kombinasi pemberian mikoriza 400 spora dan pupuk 105 g NPKMg per pohon menunjukkan pengaruh paling baik terhadap pertumbuhan tanaman kopi, khususnya jumlah cabang dan diameter batang pada 15 bulan setelah tanam (BST). Pemberian kombinasi mikoriza dan pupuk NPKMg belum memperlihatkan pengaruh secara nyata terhadap produksi kopi. Pemberian 200 dan 400 spora mikoriza/pohon memperlihatkan tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi lebih besar dibandingkan tanpa mikoriza pada semua pemberian dosis pupuk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Samsudin, MSi (Kepala KP. Pakuwon) dan Ahan Firmansyah (Teknisi Litkayasa) yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aguin, O., Mansilla, J.P., Vilarino, A. & Sainz, M.J. (2004). Effects of mycorrhizal inoculation on root morphology and nursery production of three grapevine root stocks. *American Journal of Enology and Viticulture*, 55, 108–111.

Andrade, S.A.L, Mazzafera, P., Schiavinato, M.A., & Silveira A.P.D. (2009). Review of arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science*, 147, 105–115.

Auge, R.M. (2004). Review of arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science*, 147, 105–115.

Baon, J. B., & Wibawa, A. (2000). Pertumbuhan tanaman kopi muda yang diinokulasi jamur mikoriza arbuskular dan produksi awalnya. *Pelita Perkebunan*, 16, 132–141.

Baon, J. B., Abdoelah, S., Pujiyanto, Wibawa, A., Erwiyono, R., Zaenudin, Nur, A.M., Mardiono, E., & Wiryadiputra, S. (2003). Pengelolaan kesuburan tanah perkebunan kopi untuk mewujudkan usaha tani yang ramah lingkungan. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 19(2), 107–123.

Bhattacharya, N.G., & Dey, S. K., (1983). The role of pH and aluminum on phosphate availability on tea soils. *Two and a Bud*, 30(1/2), 61–64.

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., Liepold, E., & Ambilwade, P. (2012). The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. *In Plant science* (pp. 107-138). USA: Biology and Microbiology Department, South Dakota State University.

Clark, R.B., & Zeto, S. K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 867–902.

Clark, R.B., Zobel, R.W., & Zeto, S.K. (1999). The effects of mycorrhizal fungus isolates on mineral acquisition by *Penicium virgatum* in acid soils. *Mycorrhiza*, 9(3), 167–176.

Covacevich, F., & Echeverría, H.E. (2008). Receptivity of an Argentinean Pampas Soil to Arbuscular Mycorrhizal *Glomus* and *Acaulospora* Strains. *World Journal of Agricultural Sciences*, 4(6), 688–698.

- Daras, U., Trisilawati, O., & Sobari, I. (2013). Pengaruh mikoriza dan ameliorasi terhadap pertumbuhan benih kopi. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(2), 145–156.
- Eviati, & Sulaeman. (2009). *Analisis kimia tanah, tanaman, air dan pupuk*. Petunjuk Teknis Edisi ke 2. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Fakuara, Y.M. (1988). *Mikoriza, teori dan kegunaan dalam praktek* (p. 123). Bogor: Pusat Antar Universitas IPB-Lembaga Sumber Daya dan Informasi IPB.
- Goenadi, D.H., Siswanto, & Sugiarto, Y. (2000). Bioactivation of poorly soluble phosphate rocks with a phosphorus solubilizing fungus. *Soil Sci. Am. J.*, 64, 927–932.
- Habte, M., & Bittenbender, H. C. (1999). Reactions of coffee to soil solution P concentration and arbuscular mycorrhizal colonization. *Journal of South Pacific Agriculture*, 6, 29–34.
- Harley, J. L., & Smith, S. E. (1983). *Mycorrhiza symbiosis*. London: Academic Press.
- Haynes, R. J., & Mokolobate, M. S. (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.
- Ibiremo, O.S., Daniel, M.A., Oloyede, A.A., & Iremiren, G.O. (2011). Growth of coffee seedlings as influenced by Arbuscular mycorrhizal inoculation and phosphate fertilizers in two soils in Nigeria. *International Research Journal of Plant Science*, 2(6), 160–166.
- Jehne, W., & Lee, P. (2014). *The role of mycorrhizal fungi in regenerating healthy soils and agricultural productivity*. Dalkeith Australia: Future Directions International Pty Ltd. Retrieved from www.futuredirections.org.au.
- Junaedi, A., Wachjar, A., & Rahman, A. (1999). Pengaruh penggunaan pupuk hayati terhadap pertumbuhan tanaman belum menghasilkan (TBM) kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner). *Bul. Agron.*, 27(2), 12–17.
- Kisinyo, P. O., & Othieno, C. O. (2003). The role of arbuscular mycorrhiza in phosphorus acquisition in tropical agriculture-A review. *African Crop Science Conference Proceedings*, 6, 416–423.
- Lebron, L., Lodge, D.J., & Bayman, P. (2012). Differences in arbuscular mycorrhizal fungi among three coffee cultivars in Puerto Rico. *International Scholarly Research Network*, 2, 148–155.
- Lopes, E. S., Oliveira, E., Dias, R., & Schenck, N. C. (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.
- Melke, A., & Ittana, F. (2015). Nutritional requirement and management of Arabica coffee (*Coffea Arabica* L.) in Ethiopia: National and Global Perspectives. *American Journal of Experimental Agriculture*, 5(5). xxx-xxx. Article no.AJEA.2015.041. Retrieved from www.sciencedomain.org.
- Muleta, D., Assefa, F., Nemomissa, S., & Granhall, U. (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.
- Oehl, F., Laczko E., Bogenrieder, A., Stahr, K., Bosch, R., Van der Heijden, M.G.A., & Sieverding, E. (2010). Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Soil Biology & Biochemistry* 42, 724–738.
- Opik M, & Moora, M. (2012). Missing nodes and links in mycorrhizal networks. *New Phytologist*, 194, 304–306.
- Osorio, N.W., Alzate, J.M., & Ramirez, G.A. (2002). Coffee seedling growth as affected by mycorrhizal inoculation and organic amendment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33, 1425–1434.
- Parniske, M. (2008). Arbuscular mycorrhizal the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 6(10), 763–775.
- Phillips, J.M., & Hayman, D.S. (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.
- Prastowo, B., Karmawati, E., Rubiyo, Siswanto, Indrawanto, C., & Munarso, S.J. (2010). *Budidaya dan pascapanen kopi* (p. 62). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (2006). *Pedoman teknis tanaman kopi* (p. 96). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Riess, S., & Sanvito, A. (1985). Investigations on vesicular arbuscular mycorrhizae in different conditions of coffee cultivations in Mexico. *Micologia Italiana*, 14, 57–62.
- Rosendahl, S., McGee, P., & Morton, J.B. (2009). Lack of global population genetic differentiation in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* suggests a recent range expansion which may have coincided with the spread of agriculture. *Molecular Ecology*, 18, 4316–4329.
- Rungkat, J.A. (2009). Peranan MVA dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. *Jurnal FORMAS*, 4, 270–276.
- Setiadi, Y. (1989). *Pemanfaatan mikroorganisme dalam kehutanan* (p. 103). Bogor: Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB-Lernbaga Sumberdaya Informasi IPB.
- Siqueira, J. O., Saggin-Junior, O.J., Flores-Aylas, W.W., & Guimaraes, P.T.G. (1998). Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza*, 7, 293–300.
- Schnoor., T.K., Lekberg, Y., Rosendahl, S., & Olsson, P.A. (2011). Mechanical soil disturbance as a determinant of arbuscular mycorrhizal fungal communities in semi-natural grassland. *Mycorrhiza*, 21, 211–220.
- Smith, S.E., & Read, D.J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd edn. Cambridge, UK: Academic Press.

- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schliemann, W., & Walter, M.H. (2003). Arbuscular mycorrhiza: Biological, chemical and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1955–1979.
- Swift, M.J., Dvorak, K.A., Mulongoy, K., Musoko, M., Sanginga, N., & Tian G., (1994). The role of soil organisms in the sustainability of tropical cropping systems. In Syers J.K. & Rimmer, D.L. *Soil science and sustainable land management in the tropics* (pp. 155–170). UK: CAB International, Cambridge University Press.
- Van Aarle, I.M., 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.
- Van der Heijden, M.G.A., Bardgett, R.D., & Van Straalen, N.M. (2008). The unseen majority: Soil microbes as drivers of plant diversity and productivity in terrestrial ecosystems. *Ecology Letters*, 11, 296–310.
- Verbruggen, E., van der Heijden, M. G. A., Rillig, M. C., & Kiers, E. T. (2013). Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: Factors determining inoculation success. *New Phytologist*, 197, 1104–1109.
- Vaast, P., Zasoski, R. J., & Bledsoe, C.S. (1996). Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal inoculation at different soil P availabilities on growth and nutrient uptake of in vitro propagated coffee (*Coffea arabica* L.) plants. *Mycorrhiza*, 6(6), 493–497.
- Wahjar, A., Setiadi, Y., & Hastuti, T.R. (1998). Pengaruh dosis inokulum cendawan mikoriza asbuskular (*Gigaspora*) dan pupuk N terhadap pertumbuhan bibit kopi Arabika. *Buletin Agronomi*, 26(2), 1–7.

Lampiran 1. Sifat-sifat fisiko-kimia Latosol Pakuwon

Lampiran 1. Physico-chemical properties of Pakuwon latosol soil

Parameter tanah	Nilai	Kategori ^{*)}
pH (H ₂ O)	: 5,1	Masam
C-org (%)	: 2,0	Rendah
N-total (%)	: 0,19	Rendah
C/N ratio	: 10,7	Rendah
P _{tsd} Bray (P ₂ O ₅ , ppm)	: 2,72	Sangat rendah
Basa dapat ditukar (me/100g)		
- Ca	: 3,30	Rendah
- Mg	: 1,76	Sedang
- K	: 1,59	Sedang
Al _{dd} (cmol/kg)	: 2,2	-
Tekstur (%)		
Pasir	: 20,1	
Liat	: 69,5	
Debu	: 10,4	

Keterangan : ^{*)} Kriteria penilaian hasil analisis tanah (Eviati & Sulaeman, 2009)

Notes : ^{*)} Grade assessment of soil analysis result (Eviati & Sulaeman, 2009)