

Efektivitas Fungi Mikoriza Arbuskular Terhadap Bibit Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) pada Media Tanah Bekas Tambang Batu Bara

The Effectiveness of Arbuscular Mycorrhiza Fungi for *Jatropha curcas* L. Plant on Coal Post-Mining Soils Media

Elis Kartika^{1*)}, Lizawati¹ dan Hamzah¹

¹Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Jambi
Kampus Pinang Masak Mendalo, Darat Km-15 Jambi, 36361

^{*)}Telp/Fax : 0741-583051, E-mail : elisk63@yahoo.com

ABSTRACT

Land of coal post-mining is the critical area that generally can not be cultivated due to very low levels of fertility of the land, so this land becomes slighted. Therefore, rehabilitation program of this land is required, especially an effective, practical, inexpensive and environmentally friendly technology. One of the alternatives to overcome this problem is through inoculation with Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF). Each kind of AMF possesses different level of effectiveness on *Jatropha curcas* plant growing in various types of soil. Also, various kinds of AMF could act synergistically and antagonistically to each other in influencing the growth of *Jatropha curcas* plant. The objective of this study to evaluate AMF effectiveness to *Jatropha curcas* plant on coal post-mining soils media. Evaluation on the effectiveness was conducted toward the AMF isolates produced from a single spore culture. The results showed that the *Jatropha curcas* plant symbiosis with AMF showed higher growth response and P uptake than plants without AMF inoculation. Each type of AMF has a different effectiveness of the *Jatropha curcas* plant. AMF has the highest effectiveness in the coal post-mining land is a single inoculum of AMF *Glomus sp-3*.

Key words : Coal Post-Mining, FMA, isolate, *Jatropha curcas*

ABSTRAK

Lahan bekas kegiatan tambang batu bara merupakan lahan kritis yang umumnya tidak dapat diusahakan yang disebabkan karena tingkat kesuburan lahan sangat rendah sehingga lahan tersebut menjadi terlantar. Diperlukan berbagai upaya pengendalian yang mengarah pada kegiatan untuk merehabilitasi lahan tersebut, terutama teknologi yang efektif dan praktis tetapi juga lebih murah, dan bersahabat dengan lingkungan. Aplikasi teknologi mikoriza merupakan salah satu alternatif strategi yang patut dicoba dan dikembangkan di daerah tersebut. Efektivitas setiap jenis mikoriza (FMA) sangat tergantung pada jenis FMA, jenis tanaman dan jenis tanah serta interaksi antara ketiganya. Setiap FMA memiliki efektivitas yang berbeda dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman di lapangan. Oleh karena itu, perlu diadakan pengujian efektivitas FMA pada bibit jarak pagar di media tanah bekas tambang batu bara. Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji efektivitas FMA pada bibit jarak pagar di media tanah bekas tambang batu bara. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok satu faktor yaitu jenis isolat FMA dari tanah bekas tambang batu bara (jenis isolat yang diberikan terdiri dari tanpa isolat, isolat tunggal

dan isolat campuran kombinasi dari isolat tunggal tersebut). Isolat yang diujikan adalah isolat indigenus asal lahan bekas tambang batu bara yaitu jenis spora *Glomus sp-3*, *Glomus sp-6*, *Glomus sp-15*, dan *Glomus sp-16*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bibit jarak pagar yang bersimbiosis dengan FMA memiliki tanggap pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa inokulasi FMA. Setiap jenis FMA memiliki efektivitas yang berbeda dengan bibit jarak pagar. FMA yang memiliki efektivitas tertinggi di media tanah bekas tambang batu bara adalah inokulum tunggal FMA *Glomus sp-3*.

Kata Kunci : FMA, jarak pagar, isolat, lahan bekas tambang batu bara

PENDAHULUAN

Lahan bekas kegiatan tambang batu bara merupakan lahan kritis yang umumnya tidak dapat diusahakan yang disebabkan karena tingkat kesuburan lahan sangat rendah sehingga lahan tersebut menjadi terlantar. Diperlukan berbagai upaya pengendalian yang mengarah pada kegiatan untuk merehabilitasi lahan tersebut, terutama teknologi yang efektif dan praktis tetapi juga lebih murah, dan bersahabat dengan lingkungan.

Alternatif yang mungkin dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah tersebut selain dengan menggunakan bahan tanaman yang toleran (dalam hal ini tanaman jarak pagar), adalah dengan usaha pemanfaatan mikroorganisme bermanfaat seperti mikoriza. Aplikasi mikoriza pada lahan-lahan kritis seperti pada lahan pasca tambang akan sangat bermanfaat, karena disamping dapat mempercepat laju pertumbuhan dan kesehatan bibit di persemaian juga dapat meningkatkan daya hidup dan pertumbuhan tanaman di lapangan. Selain itu penggunaan top soil dan pemupukan kimia juga dapat dikurangi.

Tanaman jarak pagar dapat dipilih untuk mereboisasi lahan bekas kegiatan tambang, karena tanaman ini tidak memerlukan banyak air serta dapat tumbuh di lahan kritis dan tandus. Untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman jarak pagar maka perlu aplikasi FMA yang merupakan salah satu alternatif strategi yang mungkin dapat dikembangkan.

Lahan-lahan bekas tambang batu bara tersebut memiliki kondisi tanah kahat unsur hara terutama N dan P, reaksi tanah masam, top soil tipis, miskin bahan organik dan adanya gejala toksisitas dari Al dan Mn. Berdasarkan pengamatan di lapangan, untuk membantu pertumbuhan dan meningkatkan daya hidup anakan pohon atau tumbuhan pada lahan-lahan marjinal tersebut diperlukan bantuan input energi tinggi dan juga relatif mahal, yakni berupa pengapuran, saturasi fosfat, pemupukan lengkap dan pemberian bahan organik. Dalam rangka pembangunan pertanian yang berwawasan lingkungan perlu dicari alternatif teknologi lain yang tidak saja efektif dan praktis tetapi juga lebih murah, dan bersahabat dengan lingkungan. Aplikasi teknologi mikoriza (dalam hal ini FMA) merupakan salah satu alternatif strategi yang patut dicoba dan dikembangkan di daerah tersebut.

Menurut Setiadi (2001); Subiksa (2009), serta Prasetyo, *et.al.* (2010), FMA merupakan salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama yang ditanam pada lahan-lahan marjinal. Hal ini disebabkan FMA mempunyai berbagai potensi biologis seperti dalam hal perbaikan nutrisi tanaman, sebagai pelindung hayati (bio-protection), meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekeringan, terlibat dalam siklus bio-geo-kimia, sinergis dengan mikroorganisme lain serta mampu mempertahankan keanekaragaman tumbuhan.

Keefektivan setiap jenis FMA selain tergantung pada jenis FMA itu sendiri juga sangat tergantung pada jenis tanaman dan jenis tanah serta interaksi antara ketiganya

(Brundrett 1996). Setiap jenis tanaman memberikan tanggap yang berbeda terhadap FMA, demikian juga dengan jenis tanah, berkaitan erat dengan pH dan tingkat kesuburan tanah. Setiap FMA mempunyai perbedaan dalam kemampuannya meningkatkan penyerapan hara dan pertumbuhan tanaman (Quilambo, 2003), sehingga akan berbeda pula keefektivannya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman di lapangan.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa setiap jenis FMA memiliki efisiensi dan keefektivan yang berbeda-beda dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, tergantung jenis FMA, jenis tanaman inang dan jenis tanah (lingkungan) serta interaksi ketiganya (Sukma, 2006; Tikupadang, 2008).

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji keefektivan FMA terhadap bibit jarak pagar yang ditanam pada tanah bekas tambang batu bara.

BAHAN DAN METODE

Materi Penelitian. Penelitian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Jambi menggunakan Rancangan Acak Kelompok satu faktor dengan 3 ulangan yaitu jenis isolat FMA yang berasal dari lahan bekas tambang batu bara yang terletak di Desa Lubuk Mandarsah Kecamatan Tengah Ilir Kabupaten Tebo serta isolat (*Mycofer*) yang ada di Laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Bioteknologi IPB. Isolat yang diujikan adalah isolat indigenus dari lahan bekas tambang batu bara, yang berhasil diperbanyak dari hasil kultur spora tunggal yaitu tipe spora *Glomus sp-3*, *Glomus sp-6*, *Glomus sp-15*, dan *Glomus sp-16*.

Perlakuan jenis isolat yang diberikan terdiri dari tanpa isolat (M_0), isolat tunggal ($M_3 = Glomus\ sp-3$, $M_6 = Glomus\ sp-6$, $M_{15} = Glomus\ sp-15$, $M_{16} = Glomus\ sp-16$, dan isolat campuran kombinasi dari isolat tunggal tersebut ($M_{3,6} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-6$, $M_{3,15} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-15$, $M_{3,16} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-16$, $M_{6,15} = Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-15$, $M_{6,16} = Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-16$, $M_{15,16} = Glomus\ sp-15 + Glomus\ sp-16$, $M_{3,6,15} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-15$, $M_{3,6,16} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-16$, $M_{3,15,16} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-15 + Glomus\ sp-16$, $M_{6,15,16} = Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-15 + Glomus\ sp-16$, $M_{3,6,15,16} = Glomus\ sp-3 + Glomus\ sp-6 + Glomus\ sp-15 + Glomus\ sp-16$), serta $M_{myc} = mycofer$.

Persiapan dan Pelaksanaan Penelitian. Media tanam berupa tanah yang berasal dari lahan bekas tambang batu bara terlebih dahulu dikeringanginkan dan diayak dengan ayakan berukuran 10 mesh dan disterilisasi. Penanaman dan inokulasi FMA dilakukan terhadap bibit jarak pagar dan setiap polybag ditanami satu bibit. Inokulasi dilakukan bersamaan dengan penanaman benih. Selanjutnya dilakukan pemeliharaan tanaman meliputi penyiraman, penyiangan, pengendalian hama dan penyakit serta pemupukan. Pupuk yang diberikan berupa pupuk urea, SP-36, dan KCl dengan dosis masing-masing 10 g urea/bibit, 20 g SP 36/bibit dan 10 g KCl/bibit. Pupuk SP 36 dan KCl diberikan sekaligus pada saat tanam, sedangkan urea diberikan dua kali yaitu setengah dosis pada saat tanam dan setengah dosis dua bulan kemudian.

Pengamatan dan Analisis Data. Pengamatan dilakukan setelah tanaman berumur 4 bulan terhadap pertumbuhan tanaman (peubah tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, diameter batang, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan bobot kering tanaman), serapan P, serta infeksi FMA. Analisis data dilakukan secara statistik menggunakan uji kontras ortogonal.

HASIL

Hasil uji kontras ortogonal terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, luas daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering tanaman dan serapan P akibat perlakuan pemberian berbagai inokulum FMA pada media tanah bekas tambang batu bara disajikan pada Tabel 1 dan 2. Berdasarkan Tabel 1 dan 2 terlihat bahwa tanaman yang diinokulasi FMA memberikan pertumbuhan dan serapan P lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa FMA.

Tanaman jarak pagar yang diinokulasi isolat FMA tunggal tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan campuran 2, 3 dan 4 isolat maupun mycofer terhadap semua peubah pertumbuhan yang diukur, tetapi walaupun begitu isolat FMA tunggal secara umum cenderung memberikan pertumbuhan yang lebih baik dan memiliki serapan P lebih tinggi dibandingkan campuran 2, 3 dan 4 isolat.

Tanaman jarak pagar yang diinokulasi isolat tunggal M_3 (*Glomus sp-3*) dibandingkan campuran 2, 3 dan 4 isolat yang mengandung isolat M_3 menunjukkan bahwa pada umumnya inokulum tunggal M_3 memiliki pertumbuhan lebih baik seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diukur, serta memiliki serapan P yang tertinggi.

Jika dibandingkan antara isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*) dengan campuran 2, 3 dan 4 isolat yang mengandung isolat M_6 menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar yang diinokulasi dengan isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*) memiliki pertumbuhan yang lebih rendah seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diamati kecuali serapan P.

Selanjutnya tanaman jarak pagar yang diinokulasi isolat tunggal M_{15} (*Glomus sp-15*) dibandingkan campuran 2, 3, 4 isolat yang mengandung M_{15} menunjukkan bahwa tanaman tersebut memiliki pertumbuhan dan serapan P yang lebih baik kecuali peubah jumlah daun, dan diameter batang.

Tanaman jarak pagar yang diinokulasi M_{16} (*Glomus sp-16*) memiliki tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang dan bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering tanaman dan serapan P yang lebih tinggi dibandingkan campuran 2, 3, 4 isolat yang mengandung isolat tunggal M_{16} .

Kalau dilihat pada Tabel 1 dan 2, masing-masing isolat tunggal memiliki pertumbuhan dan serapan P yang lebih baik untuk beberapa peubah dan sebagian lagi menunjukkan pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan campuran masing-masing jenis isolat tunggal tersebut dan isolat tunggal M_3 (*Glomus sp-3*) memperlihatkan pertumbuhan dan serapan P terbaik. Selanjutnya jika dibandingkan setiap isolat tunggal dengan isolat tunggal yang lainnya terlihat bahwa tanaman yang diinokulasi dengan isolat tunggal M_3 (*Glomus sp-3*) cenderung memiliki pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*), M_{15} (*Glomus sp-15*) dan M_{16} (*Glomus sp-16*) seperti ditunjukkan oleh semua peubah yang diukur kecuali peubah diameter batang. Tanaman jarak pagar yang diinokulasi M_3 (*Glomus sp-3*) tersebut memiliki serapan P tertinggi dibandingkan isolat tunggal lainnya.

Tanaman yang diinokulasi isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*) memiliki pertumbuhan yang lebih rendah dibandingkan M_{15} (*Glomus sp-15*) dan M_{16} (*Glomus sp-16*) seperti ditunjukkan oleh peubah tinggi tanaman, jumlah daun (untuk M_{15}), luas daun (untuk M_{15}), bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering tanaman dan serapan P, tetapi memiliki diameter dan jumlah daun yang lebih tinggi. Sementara itu, jika dibandingkan antara isolat M_{15} (*Glomus sp-15*) dengan M_{16} (*Glomus sp-16*) menunjukkan bahwa tanaman jarak pagar yang diinokulasi isolat tunggal M_{15} (*Glomus sp-15*) memiliki pertumbuhan yang lebih baik seperti ditunjukkan oleh peubah tinggi tanaman, luas daun, bobot kering akar, bobot kering tajuk, bobot kering tanaman dan serapan P, tetapi memiliki jumlah daun dan diameter batang yang lebih rendah.

Tabel 1. Uji kontras ortogonal terhadap peubah pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, luas daun dan pertambahan diameter batang tanaman jarak pagar pada media tanah bekas tambang batu bara

| Sumber Keragaman | Pertambahan Tinggi (cm) | Pertambahan jumlah daun | Luas Daun (cm ²) | Pertambahan Diameter Batang (cm) |
|--|----------------------------|----------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| Kontrol vs Isolat lainnya | 16.92 vs 25.24 tn | 4.67 vs 9.78 * | 696.19 vs 1090.08 tn | 0.80 vs 1.01 tn |
| Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat | 26.33 vs 26.36 tn | 9.25 vs 9.78 tn | 1070.97 vs 1111.71 tn | 1.05 vs 0.96 tn |
| Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat | 26.33 vs 21.85 tn | 9.25 vs 9.63 tn | 1070.97 vs 985.32 tn | 1.05 vs 0.99 tn |
| Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat | 26.33 vs 20.33 tn | 9.25 vs 10.17 tn | 1070.97 vs 1035.82 tn | 1.05 vs 1.01 tn |
| Isolat tunggal vs mycofer | 26.33 vs 32.67 tn | 9.25 vs 12.00 tn | 1070.97 vs 1510.82 tn | 1.05 vs 1.26 tn |
| Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat | 26.36 vs 21.85 tn | 9.78 vs 9.63 tn | 1111.71 vs 985.32 tn | 0.96 vs 0.99 tn |
| Campuran 2 isolat vs Campuran 4 isolat | 26.36 vs 20.33 tn | 9.78 vs 10.17 tn | 1111.71 vs 1035.11 tn | 0.96 vs 1.01 tn |
| Campuran 2 isolat vs mycofer | 26.36 vs 32.67 tn | 9.78 vs 12.00 tn | 1111.71 vs 1510.82 tn | 0.96 vs 1.26 tn |
| Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat | 21.85 vs 20.33 tn | 9.63 vs 10.17 tn | 985.32 vs 1035.11 tn | 0.99 vs 1.01 tn |
| Campuran 3 isolat vs mycofer | 21.85 vs 32.67 * | 9.63 vs 12.00 tn | 985.32 vs 1510.82 tn | 0.99 vs 1.26 tn |
| Campuran 4 isolat vs mycofer | 20.33 vs 32.67 tn | 10.17 vs 12.00 tn | 1035.82 vs 1510.82 tn | 1.01 vs 1.26 tn |
| M3 vs M3,6; M3,15; M3,16 | 35.42 vs 29.11 tn | 12.50 vs 10.39 tn | 1490.39 vs 1130.38 tn | 1.04 vs 0.93 tn |
| M6 vs M6,15; M6,16 | 21.00 vs 25.53 tn | 7.83 vs 9.83 tn | 870.59 vs 1230.74 tn | 1.12 vs 0.99 tn |
| M15 vs M15,16 | 25.58 vs 24.88 tn | 6.67 vs 9.38 tn | 981.45 vs 949.31 tn | 0.96 vs 1.01 tn |
| M16 vs M3,16; M6,16; M15,16 | 23.33 vs 25.92 tn | 10.00 vs 9.44 tn | 941.45 vs 1136.40 tn | 1.07 vs 0.93 tn |
| M3 vs M3,6,15;; M3,6,16 | 35.42 vs 23.53 * | 12.50 vs 10.88 tn | 1490.39 vs 1135.90 tn | 1.04 vs 1.04 tn |
| M6 vs M3,6,15; | 21.00 vs 20.73 tn | 7.83 vs 8.78 tn | 870.59 vs 896.36 tn | 1.12 vs 0.97 tn |
| M15 vs M3,6,15;; M3,15,16 | 25.58 vs 21.64 tn | 6.67 vs 9.39 tn | 981.45 vs 995.81 tn | 0.96 vs 1.02 tn |
| M16 vs M3,6,16; M3,15,16; M6,15,16 | 23.33 vs 21.53 tn | 10.00 vs 9.44 tn | 941.45 vs 913.20 tn | 1.07 vs 0.95 tn |
| M3 vs M3,6,15,16 | 35.42 vs 20.33 * | 12.50 vs 10.17 tn | 1490.39 vs 1035.11 tn | 1.04 vs 1.01 tn |
| M6 vs M3,6,15,16 | 21.00 vs 20.33 tn | 7.83 vs 10.17 tn | 870.59 vs 1035.11 tn | 1.12 vs 1.01 tn |
| M15 vs M3,6,15,16 | 25.58 vs 20.33 tn | 6.67 vs 10.17 tn | 981.45 vs 1035.11 tn | 0.96 vs 1.01 tn |
| M16 vs M3,6,15,16 | 23.33 vs 20.33 tn | 10.00 vs 10.17 tn | 941.45 vs 1035.11 tn | 1.07 vs 1.01 tn |
| M3 vs M6 | 35.42 vs 21.00 * | 12.50 vs 7.33 tn | 1490.39 vs 870.59 tn | 1.04 vs 1.12 tn |
| M3 vs M15 | 35.42 vs 25.58 tn | 12.50 vs 6.67 tn | 1490.39 vs 981.45 tn | 1.04 vs 0.96 tn |
| M3 vs M16 | 35.42 vs 23.33 * | 12.50 vs 10.00 tn | 1490.39 vs 941.45 tn | 1.04 vs 1.07 tn |
| M6 vs M15 | 21.00 vs 25.58 tn | 7.83 vs 6.67 tn | 870.59 vs 981.45 tn | 1.12 vs 0.96 tn |
| M6 vs M16 | 21.00 vs 23.33 tn | 7.83 vs 10.00 tn | 870.59 vs 941.45 tn | 1.12 vs 1.02 tn |
| M15 vs M16 | 25.58 vs 23.33 tn | 6.67 vs 10.00 tn | 981.45 vs 941.45 tn | 0.96 vs 1.02 tn |

Tabel 2. Uji kontras ortogonal peubah bobot kering akar, tajuk, tanaman dan nisbah tajuk akar jarak pagar pada media tanah ex tambang batu bara

| Sumber Keragaman | BK Akar (g) | BK tajuk (g) | BK tanaman (g) | Serapan P (g/tan) |
|--|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Kontrol vs Isolat lainnya | 2.75 vs 5.70 tn | 25.38 vs 39.38 tn | 28.13 vs 45.09 tn | 4.34 vs 4.94 tn |
| Isolat tunggal vs Campuran 2 isolat | 5.24 vs 6.13 tn | 25.38 vs 38.45 tn | 47.82 vs 44.59 tn | 7.52 vs 4.00 ** |
| Isolat tunggal vs Campuran 3 isolat | 5.24 vs 4.5 tn | 25.38 vs 37.05 tn | 47.82 vs 41.55 tn | 7.52 vs 3.92 ** |
| Isolat tunggal vs Campuran 4 isolat | 5.24 vs 4.52 tn | 25.38 vs 35.07 tn | 47.82 vs 39.59 tn | 7.52 vs 3.27 ** |
| Isolat tunggal vs mycofer | 5.24 vs 9.30 ** | 25.38 vs 45.82 tn | 47.82 vs 55.12 tn | 7.52 vs 5.99 tn |
| Campuran 2 isolat vs Campuran 3 isolat | 6.13 vs 4.5 tn | 38.45 vs 37.05 tn | 44.59 vs 41.59 tn | 4.00 vs 3.92 tn |
| Campuran 2 isolat vs Campuran 4 isolat | 6.13 vs 4.52 tn | 38.45 vs 35.07 tn | 44.59 vs 39.59 tn | 4.00 vs 3.27 tn |
| Campuran 2 isolat vs mycofer | 6.13 vs 9.30 tn | 38.45 vs 45.82 tn | 44.59 vs 55.12 tn | 4.00 vs 5.99 tn |
| Campuran 3 isolat vs Campuran 4 isolat | 4.5 vs 4.52 tn | 37.05 vs 35.07 tn | 41.55 vs 39.59 tn | 3.92 vs 3.27 tn |
| Campuran 3 isolat vs mycofer | 4.5 vs 9.30 ** | 37.05 vs 45.82 tn | 41.55 vs 55.12 tn | 3.92 vs 5.99 * |
| Campuran 4 isolat vs mycofer | 4.52 vs 9.30 ** | 35.07 vs 45.82 tn | 39.59 vs 55.12 tn | 3.27 vs 5.99 * |
| M3 vs M3,6; M3,15; M3,16 | 5.68 vs 5.39 tn | 47.63 vs 38.58 tn | 53.32 vs 43.97 tn | 10.42 vs 3.90 ** |
| M6 vs M6,15; M6,16 | 4.37 vs 7.53 tn | 34.62 vs 42.24 tn | 38.98 vs 49.78 tn | 6.17 vs 4.92 tn |
| M15 vs M15,16 | 6.02 vs 6.29 tn | 49.01 vs 37.97 tn | 55.02 vs 44.26 tn | 6.80 vs 4.28 * |
| M16 vs M3,16; M6,16; M15,16 | 4.9 vs 5.32 tn | 39.05 vs 35.03 tn | 43.95 vs 40.35 tn | 6.68 vs 2.91 ** |
| M3 vs M3,6,15;; M3,6,16 | 5.68 vs 4.69 tn | 47.63 vs 41.08 tn | 53.32 vs 45.77 tn | 10.42 vs 4.06 * |
| M6 vs M3,6,15; | 4.37 vs 4.67 tn | 34.62 vs 31.98 tn | 38.98 vs 36.66 tn | 6.17 vs 3.26 ** |
| M15 vs M3,6,15;; M3,15,16 | 6.02 vs 4.46 tn | 49.01 vs 37.78 tn | 55.02 vs 42.24 tn | 6.80 vs 4.32 * |
| M16 vs M3,6,16; M3,15,16; M6,15,16 | 4.9 vs 4.18 tn | 39.05 vs 37.33 tn | 43.95 vs 41.52 tn | 6.68 vs 4.04 * |
| M3 vs M3,6,15,16 | 5.68 vs 4.52 tn | 47.63 vs 35.07 tn | 53.32 vs 39.59 tn | 10.42 vs 3.27 ** |
| M6 vs M3,6,15,16 | 4.37 vs 4.52 tn | 34.62 vs 35.07 tn | 38.98 vs 39.59 tn | 6.17 vs 3.27 * |
| M15 vs M3,6,15,16 | 6.02 vs 4.52 tn | 49.01 vs 35.07 tn | 55.02 vs 39.59 tn | 6.80 vs 3.27 ** |
| M16 vs M3,6,15,16 | 4.9 vs 4.52 tn | 39.05 vs 35.07 tn | 43.95 vs 39.59 tn | 6.68 vs 3.27 * |
| M3 vs M6 | 5.68 vs 4.17 tn | 47.63 vs 34.62 tn | 53.32 vs 38.98 tn | 10.42 vs 6.17 ** |
| M3 vs M15 | 5.68 vs 6.02 tn | 47.63 vs 49.00 tn | 53.32 vs 55.02 tn | 10.42 vs 6.80 ** |
| M3 vs M16 | 5.68 vs 4.90 tn | 47.63 vs 39.05 tn | 53.32 vs 43.95 tn | 10.42 vs 6.68 ** |
| M6 vs M15 | 4.37 vs 6.02 tn | 34.62 vs 49.00 tn | 38.98 vs 55.02 tn | 6.17 vs 6.80 tn |
| M6 vs M16 | 4.37 vs 4.90 tn | 34.62 vs 39.05 tn | 38.98 vs 43.95 tn | 6.17 vs 6.68 tn |
| M15 vs M16 | 6.02 vs 4.90 tn | 49.00 vs 39.05 tn | 55.02 vs 43.95 tn | 6.80 vs 6.68 tn |

Hasil pengamatan terhadap peubah infeksi akar menunjukkan bahwa pada seluruh tanaman jarak pagar yang diinokulasi FMA memiliki infeksi akar 100%.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tanggap pertumbuhan dan serapan P tanaman jarak pagar pada media tanah bekas tambang batu bara yang diinokulasi inokulum FMA lebih tinggi dibandingkan tanaman jarak pagar tanpa FMA. Karakteristik asosiasi mikoriza ini memungkinkan tanaman untuk memperoleh air dan hara dalam kondisi lingkungan yang kering dan miskin unsur hara, perlindungan dari patogen akar dan unsur toksik dan secara tidak langsung melalui perbaikan struktur tanah. Hal ini dimungkinkan karena mikoriza memiliki jaringan hifa eksternal yang luas dan diameter yang lebih kecil dari bulu-bulu akar, enzim fosfatase dan sekresi hifa lainnya serta terbentuknya mantel hifa yang melindungi akar secara fisik.

Berdasarkan data hasil pengamatan terlihat bahwa setiap mikoriza (FMA) memiliki keefektivan yang berbeda terhadap pertumbuhan dan serapan P tanaman jarak pagar. (Tabel 1 dan 2). Perbedaan keefektivan yang terjadi dari masing-masing jenis isolat tersebut disebabkan adanya perbedaan kemampuan dari masing-masing isolat dalam bersimbiosis dengan tanaman jarak pagar. Kemungkinan setiap isolat juga memiliki preferensi yang berbeda terhadap eksudat yang dikeluarkan tanaman tersebut. Di tanah bekas tambang batu bara tersebut terlihat bahwa kelompok isolat tunggal pengaruhnya lebih baik jika bekerja sendiri-sendiri dan jika bersama-sama malahan saling antagonis dan saling bersaing.

Campuran 2 isolat cenderung memberikan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan campuran 3 dan 4 isolat seperti yang ditunjukkan oleh semua peubah kecuali diameter batang. Hal ini menunjukkan bahwa dalam inokulum campuran 2 isolat, masing-masing isolat dapat bekerja sama, tetapi ketika dicampur menjadi campuran 3 dan 4 isolat masing-masing tidak mampu lagi memberikan peran yang lebih baik, disebabkan kemungkinan adanya sifat keefektivan yang berbeda dari masing-masing FMA tersebut sehingga kerja ketiga dan keempat isolat tersebut saling antagonis. Sedangkan campuran 3 isolat memberikan pertumbuhan yang hampir sama dengan campuran 4 isolat. Dalam hal ini berarti pada campuran 3 isolat, masing-masing isolat FMA mampu bekerja sama dengan baik, dan ketika dicampur menjadi 4 isolat juga keempat isolat tersebut mampu bekerja sama secara sinergis dalam mempengaruhi pertumbuhan dan serapan P tanaman jarak pagar tersebut.

Selanjutnya masing-masing isolat tunggal (M_3 , M_{15} dan M_{16}) secara umum memberikan pertumbuhan tanaman jarak pagar yang lebih baik dibandingkan isolat campuran yang mengandung masing-masing isolat tersebut. Ini berarti bahwa setiap isolat mampu bekerja dengan baik pada saat bekerja sendiri-sendiri dan terjadi penurunan pertumbuhan dan serapan P jika bekerja sama atau saling berantagonis. Sementara itu, isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*), justru inokulum campuran yang mengandung isolat masing-masing isolat tunggal tersebut yang lebih baik dibandingkan isolat tunggal M_6 (*Glomus sp-6*). Dalam hal ini berarti inokulum campuran 3 isolat lebih mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jarak pagar yang menunjukkan bahwa masing-masing isolat bekerja sama secara sinergis dalam membantu pertumbuhan tanaman. Kombinasi ketiga isolat tersebut saling kuat mempengaruhi pertumbuhan tanaman jarak pagar. Hasil penelitian Delvian (2003) menunjukkan bahwa inokulum campuran 2 isolat (*Glomus sp-2* dan *Acaulospora sp-1*; *Glomus sp-2* dan *Gigaspora sp.*; *Acaulospora sp-1* dan *Gigaspora sp.*) dan inokulum campuran 3 isolat (*Glomus sp-2*, *Acaulospora sp-1* dan

Gigaspora sp.) cenderung lebih efektif dibandingkan isolat tunggal dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman lamtorogung (*Leucaena leucocephala*).

Selanjutnya tanaman jarak pagar yang diinokulasi inokulum tunggal M₃ (*Glomus sp-3*) memiliki pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan isolat tunggal M₆ (*Glomus sp-6*), M₁₅ (*Glomus sp-15*) dan M₁₆ (*Glomus sp-16*). Kemudian isolat M₁₅ (*Glomus sp-15*) memberikan pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan isolat tunggal M₁₆ (*Glomus sp-16*), sedangkan tanaman jarak pagar yang diinokulasi M₆ (*Glomus sp-6*) lebih rendah pertumbuhannya daripada M₁₅ (*Glomus sp-15*) dan M₁₆ (*Glomus sp-16*), dalam hal ini berarti inokulum tunggal M₃ (*Glomus sp-3*) tersebut paling efektif dalam memberikan perannya terhadap pertumbuhan dan serapan P tanaman jarak pagar.

Berdasarkan hasil pengamatan bahwa isolat yang diberikan pada semua tanaman jarak pagar sudah mampu menginfeksi akar tanaman tersebut dengan sempurna sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan dan serapan P. Hal ini menunjukkan bahwa FMA memiliki tingkat kompatibilitas yang sangat tinggi dengan tanaman jarak pagar.

Kemampuan FMA memperbaiki dan meningkatkan pertumbuhan tanaman berkaitan dengan perannya dalam penyerapan fosfor (Wachjar, *et al.*, 2002; Widiastuti, *et al.*, 2005; Zulaikha dan Gunawan, 2006; Husnal, *et al.*, 2007; Widyati, 2007; Sasli, *et al.*, 2008; Purnomo, *et al.*, 2008; Maryeni dan Hervani, 2008; Zuhry dan Puspita, 2008; Ramirez, *et al.*, 2009; Borde, *et al.*, 2009; Hwang, *et al.*, 2009; Shokri dan Maadi, 2009). Peningkatan serapan P oleh tanaman ber-FMA sebagian besar karena hifa eksternal dari FMA yang berperan sebagai sistem perakaran di mana hifa eksternalnya menyediakan permukaan yang lebih efektif dalam menyerap unsur hara dari tanah yang kemudian dipindahkan ke akar inang. Husin dan Marlis (2002) menyatakan bahwa pemanfaatan mikoriza dapat memperpanjang dan memperluas jangkauan akar terhadap penyerapan unsur hara, sehingga serapan hara tanaman akan meningkat dan hasil tanaman juga akan meningkat. Menurut Widiastuti, *et al.* (2003) serta Sheng, *et al.* (2009), bibit kelapa sawit yang diinokulasi FMA memiliki sistem perakaran yang lebih baik dibandingkan dengan bibit yang tidak diinokulasi, sehingga terjadi peningkatan serapan P dan pertumbuhan tanaman.

FMA juga dapat menyerap fosfat organik dan mengubahnya menjadi P anorganik yang dapat diserap tanaman dengan adanya bantuan enzim fosfatase asam yang juga dihasilkan oleh FMA dan juga sel-sel tanaman tersebut. Gunawan (1993) dan menjelaskan bahwa enzim fosfatase asam yang dihasilkan oleh hifa FMA yang sedang aktif tumbuh dan peningkatan aktivitas fosfatase pada permukaan akar sebagai hasil infeksi FMA menyebabkan Pi dibebaskan dari fosfat organik pada daerah dekat permukaan sel sehingga dapat diserap melalui mekanisme serapan hara.

KESIMPULAN

1. Tanaman jarak pagar yang bersimbiosis dengan FMA menunjukkan tanggap pertumbuhan lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa inokulasi FMA.
2. Setiap jenis FMA memiliki keefektivan yang berbeda dengan tanaman jarak pagar. FMA yang memiliki keefektivan tertinggi di media tanah bekas tambang batu bara adalah inokulum tunggal FMA *Glomus sp-3* (M₃).

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional melalui Penelitian Hibah Bersaing Nomor Kontrak: 02/H21.3.1/2.3/2010, Tanggal : 4 Maret 2010, yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Borde, M., M. Dudhane, and P. K. Jite. 2009. Role of bioinoculant (am fungi) increasing in growth, flavor content And yield in *Allium sativum L.* onder field condition. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 37 (2):124-128
- Brundrett MC, Bougherr N, Dells B, Grove T, Malajczuk N. 1996. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. ACIAR. Peter Lynch (Ed.) Pirie Printers Canberra. Australia.
- Delvian 2003. Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula (FMA) di hutan pantai dan potensi pemanfaatannya. Studi kasus di hutan cagar alam Leuweung Sancang Kabupaten Garut, Jawa Barat. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Gunawan AW. 1993. Mikoriza Arbuskula. PAU Ilmu Hayat. IPB. Bogor.
- Husin, E. F. dan R. Marlis. 2002. Aplikasi cendawan mikoriza arbuskular sebagai pupuk biologi pada pembibitan kelapa sawit. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Indonesia Barat*. FP USU Medan.
- Husnal, Faisal T, Mahfud. 2007. Aplikasi mikoriza untuk memacu pertumbuhan jati di Muna. Balai Pusat Penelitian Boteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan. Info Teknis 5 (1):1-4.
- Hwang, S.F., H.U. Ahmad, K. Ampong-Nyarko, S.E. Strelkov, R.J. Howard and G.D. Turnbull. 2009. Causal agents of root rot and the effect of vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi in seedlings of *Rhodiola rosea* in Alberta, Camada. *Plant Pathology Journal* 8 (3): 120-126.
- Maryeni, R. dan D. Hervani. 2008. Pengaruh jamur mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman selasih (*Ocimum sanctum L.*). *Jurnal Akta Agrosia* 11(1):7-12.
- Prasetyo, B., B.D. Krisnayanti. W.H. Utomom dan C.W.N. Anderson. 2010. Rehabilitation of artisanal mining gold land in west lombok, indonesia: 2. Arbuscular mycorrhiza status of tailings and surrounding soils. *Journal of Agricultural Science* 2 (2):202-209.
- Purnomo, D.W., B. S. Purwoko, S. Yahya, S. Sujiprihati, I. Mansur dan Amisnaipa. 2008. Tanggap pertumbuhan dan hasil cabai (*Capsicum annuum L.*) terhadap inokulasi fungi mikoriza arbuskula pada tanah ultisol. *Bul. Agron.* 36 (3):229-235.
- Quilambo, O.A. 2003. Review of The vesicular-arbuscular mycorrhiza symbiosis. *Afr. J. Biotechnol.* 2 (12):539 – 546.
- Ramirez, R., B. Mendoza, and J. I. Lizaso. 2009. Mycorrhiza effect on maize p uptake from phosphate rock and superphosphate. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 40:2058–2071.
- Sasli, I., S. Yahya, Sudrajat, Y. Setiadi dan Sudarsono. 2008. Perbaikan pertumbuhan dan kualitas tanaman lidah buaya di tanah gambut dengan aplikasi mikoriza arbuskula dan pemupukan. *Bul. Agron.* 36 (3):248-254.
- Setiadi, Y. 2001. Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia. Makalah Seminar. 23 April 2001.

- Sheng, M., M. Tang, H.Chen, B. Yang, F. Zhang, and . Huang. 2009. Influence of arbuscular mycorrhizae on the root system of maize plants under salt stress. *Can. J. Microbiol.* 55: 879–886.
- Shokri, S. and B. Maadi.. 2009. *Effects of arbuscular mycorrhiza fungus on the mineral nutrition and yield of Trifolium alexandrinum plants under salinity stress. Journal of Agronomy* 8 (2):79-83
- Subiksa, IGM. 2009. *Pemanfaatan Mikoriza untuk Penanggulangan Lahan Kritis.* <http://www.shantybio.transdigit.com/?Biology>. 28 Februari 2009.
- Sukma, N.H.. 2006. Pengujian efektivitas inokulum cendawan mikoriza arbuskula (FMA) dengan media tanam dan tanaman inang berbeda pada rumput *Brachiaria humidicola*. Skripsi. Program Studi Nutrisi Dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor.
- Tikupadang. H. 2008. Efektivitas Mikoriza Arbuskular Pada Tanaman Bitti dan Eboni di Sulawesi. <http://balihutmakassar.or.id>. 25 September 2008.
- Wachjar A, Yadi S, Ninin Y. 2002. Pengaruh inokulasi dua spesies cendawan mikoriza arbuskular dan pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan fosfat pada bibit kelapa sawit (*Elaes quienans*). *Bul, Agron.* 3:69-74.
- Widiastuti, H., E. Guhardja, N. Sukarno, L. K. Darusman, D. H. Goenadi dan S. Smith. 2003. Arsitektur akar bibit kelapa sawit yang diinokulasi beberapa cendawan mikoriza arbuskula. *Menara Perkebunan* 71(1):28-43.
- Widiastuti, H, N. Sukarno, L. K. Darusman, D. H. Goenadi, S. Smith, dan E. Guhardja. 2005. Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskula sebagai Inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan* 73(1):26-34.
- Widyati, E. 2007. Formulasi inokulum mikroba: MA, BPF dan rhizobium asal lahan bekas tambang batubara untuk bibit *Acacia crassicarpa* Cunn. Ex-Benth. *Biodiversitas*, 8 (3):238-241.
- Zuhry, E. dan F. Puspita. 2008. Pemberian cendawan mikoriza arbuskular (FMA) pada tanah podzolik merah kuning (PMK) terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Sagu* 7(2):25-29.
- Zulaikha, S. dan Gunawan. 2006. Serapan fosfat dan respon fisiologis tanaman cabai merah cultivar hot beauty terhadap mikoriza dan pupuk fosfat padat tanah ultisol. *Bioscientiae* 3(2):83-92.