

PERAN MIKORIZA VESIKULAR ARBUSKULAR DALAM PENYERAPAN NUTRIEN, PERTUMBUHAN, DAN KADAR MINYAK JARAK (*Jatropha curcas* L.)

Marwani, E.,¹ Suryatmana, P.,² Kerana, I.W.,¹ Puspanikan, D.L.¹ Setiawati, M.R.² dan Manurung, R.¹

¹Sekolah Ilmu dan Teknologi Hayati (SITH) Institut Teknologi Bandung

²Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran Jl. Ganesha No. 10 Bandung

E-mail: erly@sith.itb.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian peran fungi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) terhadap serapan nutrisi, pertumbuhan tanaman, dan kandungan minyak biji Jarak Pagar (*J. curcas*). Rancangan percobaan disusun secara acak lengkap dengan enam ulangan untuk masing-masing perlakuan 50, 100, 150 spora MVA/tanaman dan tanpa perlakuan MVA (tanaman kontrol) terhadap stek jarak pagar berumur tiga bulan di lahan pertanian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi MVA pada tanaman menyebabkan kolonisasi hifa MVA pada permukaan akar-akarnya. Kolonisasi MVA tersebut secara signifikan menyebabkan peningkatan konsentrasi N, P, K, Ca dan Mg, masing-masing sebesar 17,0%; 10,0%; 44,0%; 21,5% dan 27,0%. Aplikasi 150 spora MVA/tanaman telah secara signifikan meningkatkan tinggi 60,67 cm dan diameter batang tanaman, sebesar 2,10 cm. Demikian pula kandungan minyak biji jarak mengalami peningkatan pada tanaman yang telah diberi perlakuan 150 spora MVA/tanaman. Kandungan minyak jarak meningkat dari 36,0% pada tanaman yang tidak diinokulasi MVA menjadi 50,0% pada tanaman yang diinokulasi dengan MVA. Dapat disimpulkan dalam penelitian ini bahwa aplikasi fungi MVA secara signifikan meningkatkan serapan nutrisi, pertumbuhan tanaman dan kadar minyak biji Jarak Pagar.

Kata kunci: mikoriza, jarak pagar, nutrisi, pertumbuhan tanaman, kadar minyak

ABSTRACT

The role of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) on nutrient uptake, plants growth, and seed oil content of *J. curcas* has been investigated. The experiment was arranged in randomized completely design with six replications for the treatment of 500, 1000, 1500 spores/plant and without VAM (as control plant) into three months old of *J. curcas* cuttings in a field. Results showed that, application of VAM caused colonization of mycorrhizal hyphae on the roots surface. The mycorrhiza hyphae colonization in inoculated plants resulted a significantly increase in concentration of N, P, K, Ca and Mg (17.0%, 10.0%, 44.0%, 21.5%, and 27.0%, respectively) compared to non-inoculated plants. Application of 150 VAM spores/plant has significantly increased the plants height as much as 60.67 cm and stem diameter, 2.10 cm. Similarly, the oil content was increased by the application of 150 spores VAM/plant from 36.0% in non-inoculated plants to 50.0% in inoculated plants. In conclusion, the present research shows that application of VAM fungi significantly increase the nutrient uptake, plant growth and seed oil content of *J. curcas*.

Key words: mycorrhizae, *Jatropha curcas*, nutrients uptake, plant growth, oil content

PENDAHULUAN

Jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) merupakan tumbuhan perdu berasal dari Amerika Tengah dan Meksiko, kemudian menyebar ke Afrika dan Asia. Tanaman ini dapat beradaptasi dengan berbagai tipe agroklimat bahkan dapat tumbuh dengan baik pada lahan dengan tingkat kesuburan tanah yang rendah (marjinal). Tanaman jarak pagar dapat dijumpai di berbagai daerah tropis di Asia Tenggara seperti di Indonesia.

Pada satu dekade terakhir ini, jarak pagar telah menarik perhatian dunia. Biji jarak dapat menghasilkan minyak yang relatif tinggi, berkisar 25-38% (Kaushik, 2006), yang dapat dikonversi menjadi biodiesel melalui reaksi kimia transesterifikasi. Oleh sebab itu, minyak jarak dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu pengganti minyak solar atau sebagai bahan campuran dengan minyak diesel yang berasal dari bahan bakar fosil.

Minyak biji jarak pagar dikenal sebagai bahan bakar ramah lingkungan. Hal ini disebabkan minyak biji jarak memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan minyak diesel yang berasal dari bahan bakar fosil. Perbedaannya pada kadar sulfur yang lebih rendah dan nilai *cetane* yang lebih tinggi. Oleh karena itu, biodiesel dari minyak jarak pagar dapat digunakan sebagai campuran dengan diesel dari bahan bakar fosil. Penggunaan biodiesel juga telah tercatat di sektor industri, yaitu untuk mengoperasikan generator pembangkit listrik. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan biodiesel dapat membantu mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil.

Perolehan jumlah biji jarak yang tinggi bergantung pada produktivitas penanaman jarak pagar tersebut. Penanaman tumbuhan jarak pagar yang produktif dapat menghasilkan biji 4-5 kg per pohon per tahun, sehingga dengan kerapatan tanam 2500 pohon ha⁻¹ akan menghasilkan biji jarak sekitar 10-12,5 ton per hektar pertahun. Kuantitas produksi tersebut masih memungkinkan untuk ditingkatkan, salah satu faktor untuk peningkatan produksi tersebut adalah melalui aplikasi pupuk yang tepat (Manurung, 2005).

Pemupukan dengan agen hayati (*biofertilizer*) diduga merupakan alternatif untuk meningkatkan produktivitas tanaman jarak. Salah satu contoh tentang hal ini bahwa penambahan *biofertilizer* (mikoriza) terbukti mampu memperbaiki dan meningkatkan kualitas tanah, sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kehutanan pada lahan bekas pertambangan maupun lahan kritis secara signifikan

(Setiadi, 1991). Hal ini dapat terjadi karena akar yang terinfeksi mikoriza menjadi tertutupi oleh hifa. Hifa berperan membantu akar tanaman untuk menyerap unsur hara fosfat, nitrogen, sulfur, seng, dan unsur esensial lainnya. Mikoriza, menyebabkan laju penyerapan unsur hara oleh akar bertambah hampir empat kali lipat dibandingkan perakaran normal, sedangkan luas penyerapan akar juga bertambah 10-80 kali (Mosse, 1981; Marschner *et.al.*, 1995).

Tanaman Jarak Pagar bukan tanaman prioritas, sehingga budi daya tanaman lebih banyak ditempatkan di lahan yang kurang subur. Namun demikian agar pertumbuhannya tidak terhambat dan perolehan minyaknya tetap tinggi maka perlu diberi perlakuan tertentu agar tidak terjadi hambatan pertumbuhan dan penurunan kadar minyak. Berdasarkan uraian-uraian di atas maka perlu dilakukan peningkatan produktivitas tanah dan hasil tanaman jarak secara berkelanjutan, salah satu peningkatan yang telah dikaji dalam penelitian ini adalah peran Mikoriza Vesikular Arbuskular terhadap penyerapan unsur, pertumbuhan vegetatif, dan kadar minyak dalam biji jarak.

BAHAN DAN METODE

Penyiapan Tanaman dan Mikoriza Vesikular Arbuskular

Bibit tanaman yang digunakan dalam percobaan ini berupa stek Jarak pagar (*Jatropha curcas L.*) berasal dari Nusa Tenggara Barat. Bibit berupa stek tersebut berumur 3 bulan dengan tinggi antara 12-21 cm dan diameter batang 1,5-1,9 cm (diukur pada ketinggian ± 10 cm dari permukaan tanah). Spora Mikoriza Vesikular Arbuskular (terdiri dari campuran *Acaulospora sp.*, *Gigaspora margarita* dan *Glomus sp.*) yang dikemas dalam *carrier base* berupa Zeolit. Kepadatan spora MVA dalam zeolit tersebut 5 spora MVA/g. Campuran antara zeolit dan MVA disebut pupuk hayati.

Rancangan Percobaan

Percobaan dilakukan di lahan pertanian Universitas Padjadjaran di Jatinangor Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Tipe tanah pada lahan ini termasuk Inceptisol. Karakteristik tanah tipe Inceptisol didominasi mineral liat kaolinit (tipe 1:1) dengan jumlah muatan negatif yang rendah pada permukaan tanahnya sehingga unsur hara yang diperlukan tumbuhan mudah terbasuh dan hilang (Tisdale *et.al.*, 1990).

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini Rancangan Acak Lengkap, terdiri dari 4 petak perlakuan dengan enam kali pengulangan untuk masing-masing perlakuan, sehingga diperoleh jumlah sampel percobaan sebanyak $4 \times 6 = 24$ tanaman percobaan. Perlakuan yang dicobakan berupa aplikasi mikoriza dengan 4 taraf konsentrasi mikoriza. Taraf perlakuan spora MVA yang dicobakan dalam penelitian ini, yaitu perlakuan tanpa penambahan spora (B0), dengan penambahan 50 spora/tanaman (B1) setara dengan 10 g pupuk hayati, 100 spora/ tanaman (B2)

setara dengan 20 g pupuk hayati, dan 150 spora/tanaman (B3) setara dengan 30 g pupuk hayati. Pupuk hayati adalah campuran zeolit ('carrier base') dan MVA (bahan aktif berupa fungi yang bersimbiosis dengan akar tumbuhan). Seluruh bahan tersebut ditanamkan ke dalam lubang yang sebelumnya setiap lubang telah diberi pupuk dasar berupa urea sebanyak 5,625 g, KCl 3,375 g dan pupuk fosfat 8,430 g. Setelah pupuk dasar kemudian dimasukkan spora Mikoriza Vesikular Arbuskular lalu diinkubasi selama 1 minggu sebelum ditanami dengan stek jarak pagar yang sudah disiapkan.

Pengamatan Infeksi Akar

Pengamatan infeksi MVA (Mikoriza Vesikular Arbuskular) pada akar dilakukan setelah enam minggu inokulasi dan saat tanaman berumur 30 minggu. Infeksi akar diamati pada bagian ujung akar (sepanjang ± 1 cm dari ujungnya). Isolasi dan persiapan akar untuk diamati derajat infeksi mengikuti metode Kormanik and Graw (1982), dilanjutkan dengan pewarnaan *lactofenol cottonblue*, lalu diamati di bawah mikroskop. Perhitungan derajat infeksi berdasarkan formula sebagai berikut:

$$\% \text{ infeksi} = \frac{\text{jumlah contoh akar yang terinfeksi}}{\text{jumlah seluruh contoh akar yang diamati}} \times 100\%$$

Pengaruh Aplikasi MVA terhadap Serapan Unsur Hara

Pengamatan serapan nutrisi oleh tanaman Jarak dilakukan terhadap organ daun, yang berada di bagian tengah tanaman diantara pucuk daun dan daun paling tua (dilakukan pada saat tanaman berumur 16 minggu). Jumlah sampel daun yang diambil 10% dari jumlah seluruh daun tiap tanaman. Sampel daun dikeringkan dalam oven $\pm 60^\circ\text{C}$ selama 48 jam kemudian dianalisis menggunakan metode pengabuan basah. Jenis nutrisi yang diukur keberadaannya di dalam daun meliputi unsur N, P, K, Ca dan Mg yang terserap oleh tanaman dari dalam tanah.

Pengaruh Aplikasi MVA Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Pengukuran pertumbuhan dilakukan setiap minggu selama periode 30 minggu, dimulai pada satu minggu setelah penanaman. Pertumbuhan tanaman Jarak Pagar yang diamati meliputi tinggi tanaman dan diameter batang (diukur pada ketinggian ± 10 cm dari permukaan tanah).

Pengaruh Aplikasi MVA terhadap Kadar Minyak Jarak dalam Biji

Pengukuran kadar minyak dilakukan terhadap biji yang sudah matang, yaitu biji dari tanaman berumur 90 hari setelah pembungaan, pada saat buah sudah berwarna kuning maupun coklat. Buah jarak dikeringkan dengan menjemurnya di bawah sinar matahari selama 1-2 hari, lalu biji dikeluarkan dari cangkang buah, dibersihkan, dan biji kembali dijemur selama 1 hari. Biji kemudian dikeringkan dalam Oven pada suhu 80°C selama 48 jam atau sampai beratnya konstan. Untuk mendapatkan minyak Jarak

Pagar, sebanyak 10 gram biji Jarak Pagar yang sudah kering dipisahkan antara kulit biji dan daging biji. Daging biji kemudian digerus dengan menggunakan mortal dan pestel sampai halus, kemudian daging biji diekstraksi dengan pelarut *n*. heksana dengan menggunakan Soxhlet, pada suhu 70°C selama 6 jam. Hasil ekstraksi yang berupa campuran minyak dan *n*. heksana diuapkan dengan Rotary evaporator untuk memisahkan *n*. heksana dan minyak, selama 10 menit pada suhu 60°C sampai seluruh *n*. heksana menguap. Minyak jarak pagar yang sudah terpisah dari heksan, selanjutnya ditampung dalam gelas ukur 10 mL lalu diukur volumenya. Berdasarkan volume tersebut dapat dihitung berat minyak dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Berat minyak} = \text{Berat jenis minyak} \times \text{Volume}$$

Ket : Berat jenis minyak = 0,9 gram/cm³

HASIL DAN PEMBAHASAN

Infeksi dan Kolonisasi Mikoriza pada Akar Tanaman

Hasil pengamatan setelah enam minggu aplikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) menunjukkan bahwa penambahan mikoriza sebanyak 50 spora, 100 spora dan 150 spora per tanaman telah menyebabkan infeksi MVA pada akar, yang ditandai dengan adanya koloni mikoriza di sekitar rambut akar. Tingkat/ derajat infeksi berbeda-beda bergantung pada jumlah spora MVA yang diaplikasikan, berkisar antara 20,83% sampai 38,33% (Tabel 1). Derajat infeksi terbesar terlihat pada penambahan 150 spora mikoriza/ tanaman yaitu sebesar 38,30% yang secara statistik signifikan berbeda dengan derajat infeksi pada tanaman dengan pemberian MVA sebanyak 100 dan 50 spora per tanaman (masing-masing sebesar 31,67% dan 20,83%). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak spora yang diaplikasikan pada akar tanaman Jarak Pagar semakin tinggi pula tingkat infeksi dan kolonisasi mikoriza yang terjadi.

Dalam pengamatan ini terungkap bahwa akar yang tidak diberi penambahan MVA juga terinfeksi fungi dengan derajat yang lebih rendah, yaitu sebesar 16,67%. Adanya infeksi akar yang terjadi pada tanaman tanpa aplikasi MVA menunjukkan bahwa secara alami di dalam tanah terdapat fungi arbuskular yang dapat berasosiasi dengan akar tanaman Jarak Pagar. Penemuan adanya asosiasi akar tanaman Jarak Pagar dengan fungi di dalam tanah secara alami sesuai dengan laporan penelitian Rao (1994) yang menyatakan asosiasi MVA dengan akar tanaman dapat terjadi dalam kondisi alami. Selain itu, diduga pemberian pupuk NPK pada awal percobaan juga menjadikan lingkungan sekitar akar sesuai dan mendukung untuk terjadinya infeksi akar oleh MVA yang ada di alam.

Pengamatan kolonisasi MVA setelah 30 minggu inokulasi memperlihatkan kenaikan derajat infeksi MVA terhadap akar yang cukup signifikan dibandingkan saat pengamatan minggu ke-6, meski-

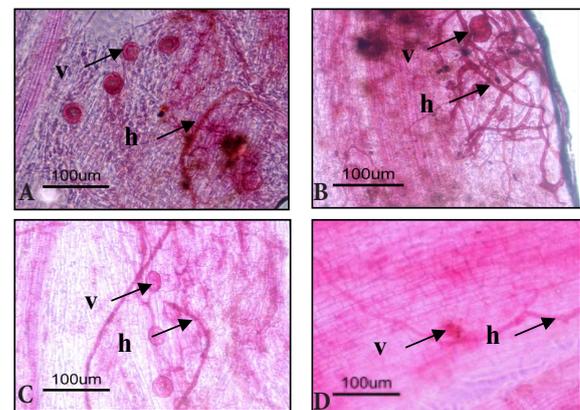
pun demikian pola kenaikan cenderung sama (Tabel 1), yaitu pemberian MVA sebanyak 150 spora per tanaman menghasilkan derajat infeksi tertinggi yang diikuti dengan penambahan MVA sebanyak 100 dan 50 spora per tanaman. Hasil ini menunjukkan bahwa semakin banyak dan semakin lama spora yang diaplikasikan pada akar tanaman, semakin tinggi pula tingkat asosiasi akar dengan mikoriza dan kolonisasi yang terjadi.

Tabel 1. Rata-rata derajat infeksi akar akibat pemberian MVA

Perlakuan aplikasi MVA (spora/tanaman)	Derajat infeksi akar (%) setelah 6 minggu	Derajat infeksi akar (%) setelah 30 minggu
0	16.67 ^a	19.17 ^a
50	20.83 ^{ab}	34.17 ^{ab}
100	31.67 ^{ab}	35.83 ^{ab}
150	38.33 ^b	52.50 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan dengan selang kepercayaan 95%.

Pengamatan sayatan akar yang terinfeksi mikoriza di bawah mikroskop menunjukkan bahwa MVA melakukan penetrasi ke sel epidermis, masuk ke dalam sel akar dan membentuk massa hifa diantara sel dan dinding sel korteks. Di dalam sel korteks terbentuk arbuskel yang merupakan bagian transfer nutrisi mineral dari jamur ke tanaman dan vesikel yang berfungsi sebagai organ penyimpanan untuk nutrisi tanaman. Hifa yang menginfeksi akar dapat terlihat dengan jelas melalui pewarnaan *lactophenol cotton blue* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1



Gambar 1. Koloni MVA pada akar tanaman Jarak pagar yang diberi penambahan MVA: (A) 50 per tanaman, (B) 100 per tanaman, (C) 150 pertanaman, dan (D) tanpa penambahan MVA. Keterangan: vesikula (v), hifa (h).

Pengaruh Aplikasi MVA terhadap Penyerapan Unsur pada Jarak Pagar

Pengamatan pengaruh aplikasi MVA terhadap jumlah unsur yang diserap tanaman dilakukan terhadap unsur-unsur penting seperti N, P, K, Ca, dan Mg pada sampel daun tanaman. Jumlah nutrisi yang terdapat dalam daun sudah dapat menunjukkan jumlah nutrisi yang dapat diserap oleh akar dari dalam tanah,

karena nutrisi yang diperoleh dari lingkungannya masuk ke dalam tanaman melalui sel-sel akar lalu ditranslokasikan ke batang, daun dan ke seluruh bagian tumbuhan (Salisbury, 1992). Terlihat bahwa penambahan MVA dapat meningkatkan serapan N, P, K, Ca, dan Mg. Adanya peningkatan serapan N dan P akibat penambahan MVA telah dilaporkan oleh Gardner *et al.* (1991). Demikian pula Sadaghiani *et al.* (2010) melaporkan bahwa terjadi peningkatan serapan N, P, K, Ca, dan Mg oleh tanaman *Ocimum basilicum* saat diberi penambahan mikoriza arbuskular. Pada penelitian ini tampak semakin banyak jumlah MVA yang ditambahkan pada tanaman semakin tinggi pula jumlah N, P, K, Ca, dan Mg yang terserap (Tabel 2). Hasil ini sejalan dengan pernyataan Brady (2002) bahwa daerah permukaan akar yang terinfeksi MVA 10 kali lebih luas daripada yang tidak terinfeksi MVA. Akar yang memiliki luas penyerapan yang lebih besar akan memiliki kesempatan untuk menyerap nutrisi yang lebih besar, oleh karenanya tanaman yang berasosiasi dengan fungi mikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Disamping itu, akar tanaman yang berasosiasi dengan fungi mikoriza akan memiliki tingkat metabolisme 2-4 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan akar tanaman yang tidak bermikoriza (Sieverding, 1991).

Berdasarkan uji statistik peningkatan serapan unsur N yang signifikan berbeda dengan kontrol adalah pada perlakuan dengan MVA sebesar 100 dan 150 spora/tanaman masing-masing sebesar 10,7% dan 17,0%. Perbedaan jumlah serapan unsur P yang signifikan lebih besar (10,0 % meningkat) terhadap kontrol adalah pada aplikasi MVA 150 spora/tanaman. Perbedaan yang signifikan pada serapan unsur K adalah pada pemberian MVA 100 dan 150 spora/tanaman dibandingkan dengan kontrol, masing-masing meningkat sebesar 40,0 dan 44,0%. Demikian pula pada penyerapan unsur Mg, terjadi perbedaan yang signifikan dengan kontrol saat aplikasi MVA sebesar 100 dan 150 spora/tanaman, yaitu masing-masing meningkat 9,6 dan 27,0%. Sementara itu, penambahan MVA sebanyak 50, 100 dan 150 spora/tanaman signifikan meningkatkan serapan unsur Ca oleh daun tanaman Jarak Pagar, dengan peningkatan sebesar 9,1; 10,0 dan 21,5%. Jadi, selain meningkatkan penyerapan unsur N dan P ternyata pemberian MVA juga dapat meningkatkan penyerapan K, Ca dan Mg.

Pengaruh Penambahan MVA terhadap Pertumbuhan Jarak Pagar

Pertumbuhan tanaman jarak telah diamati berdasarkan pertambahan tinggi tanaman dan diameter batang (diukur pada ketinggian ± 10 cm dari permukaan tanah) selama periode 30 minggu. Hasil pengukuran laju pertumbuhan tinggi tanaman menunjukkan fluktuasi pada setiap minggunya dalam 30 minggu pengamatan yang dilakukan (Gambar 2). Pada minggu ke-1 sampai dengan minggu ke-3, laju pertumbuhan relatif rendah. Mulai minggu ke-4 laju pertumbuhan terus meningkat sampai minggu ke-12. Setelah minggu ke-12 laju pertumbuhan tampak menurun. Laju tertinggi diperoleh saat minggu ke-9 pada tanaman kontrol dan tanaman yang diberi MVA sebanyak 50 spora/tanaman, masing-masing sebesar 5,5 cm dan 4,87 cm. Pada tanaman yang ditambahkan MVA sebanyak 100 spora/tanaman, laju tertinggi diperoleh pada minggu ke-10 yaitu sebesar 4,5 cm, sedangkan pada tanaman dengan penambahan MVA sebanyak 150 spora/tanaman laju tertinggi diperoleh pada minggu ke-7, sebesar 6,92 cm. Laju pertumbuhan tanaman dengan perlakuan 150 spora/tanaman menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan tanaman yang diberi penambahan MVA sebanyak 100 dan 50 spora/tanaman serta kontrol.

Pada akhir pengamatan (minggu ke-30), tanaman yang diberi penambahan MVA sebanyak 150 spora/tanaman menunjukkan pertambahan paling tinggi, yaitu rata-rata 60,67 cm. Pertambahan tinggi ini menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan tinggi tanaman yang diberi penambahan MVA sebanyak 100 dan 50 spora/tanaman dan juga dengan kontrol, karena penambahan MVA sebanyak 100 dan 50 spora/tanaman tidak memberikan pengaruh penambahan tinggi yang signifikan dibandingkan dengan tanaman kontrol. Kelompok tanaman kontrol memiliki rata-rata pertambahan tinggi tanaman hanya sebesar 47,0 cm, diikuti dengan kelompok tanaman yang diberi penambahan MVA sebanyak 50 dan 100 spora/tanaman memiliki rata-rata pertambahan tinggi tanaman sebesar 48,84 cm dan 56,72 cm (Tabel 3). Namun tampak terdapat korelasi positif antara jumlah spora MVA yang diaplikasikan dengan tingkat pertumbuhan jarak pagar, yaitu semakin tinggi jumlah spora yang ditambahkan, semakin tinggi pertumbuhan tanaman jarak pagar.

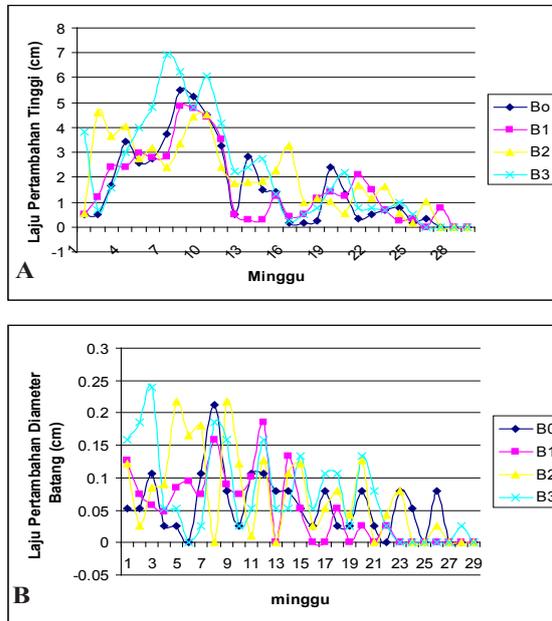
Hasil pengukuran tinggi tanaman selama 30 minggu tampak pada Gambar 3.A. yang menunjukkan

Tabel 2. Jumlah serapan unsur N, P, K, Ca dan Mg oleh daun tanaman Jarak Pagar

Aplikasi MVA (spora/tanaman)	Rata-rata serapan unsur (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
0	2.94 \pm 0.133 ^a	0.28 \pm 0.008 ^a	0.97 \pm 0.098 ^a	1.645 \pm 0.096 ^a	0.801 \pm 0.041 ^a
50	3.142 \pm 0.154 ^{ab}	0.298 \pm 0.014 ^{ab}	1.201 \pm 0.281 ^{ab}	1.795 \pm 0.114 ^b	0.855 \pm 0.05 ^{ab}
100	3.255 \pm 0.227 ^{bc}	0.303 \pm 0.019 ^{ab}	1.36 \pm 0.367 ^b	1.811 \pm 0.118 ^b	0.878 \pm 0.053 ^b
150	3.442 \pm 0.358 ^c	0.308 \pm 0.029 ^b	1.401 \pm 0.29 ^b	2 \pm 0.117 ^c	1.017 \pm 0.072 ^c

Keterangan: Angka yang disertai dengan huruf yang sama pada setiap unsur yang di analisis tidak berbeda secara signifikan pada analisis statistik Duncan ($P > 95\%$)

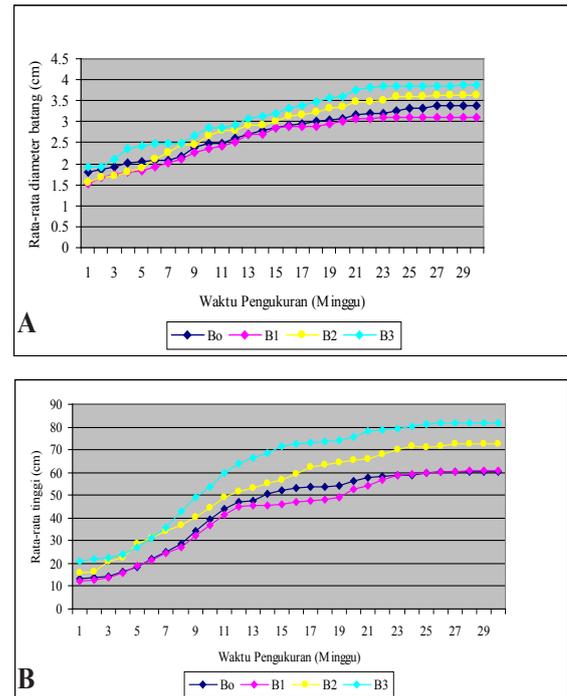
pola pertumbuhan sigmoid, yang sangat umum terjadi pada pertumbuhan tanaman. Berdasarkan gambar tersebut pertumbuhan tanaman mengalami fase log yang merupakan fase adaptasi pada minggu ke-1 sampai dengan minggu ke-3. Fase eksponensial terjadi pada minggu ke-4 sampai dengan minggu ke-8, diikuti fase linier pada minggu ke-8 sampai dengan minggu ke-12 dan akhirnya memasuki fase stasioner mulai minggu ke 13 sampai dengan minggu ke-30.



Gambar 2. Kurva laju pertumbuhan (A) tinggi; (B) diameter batang pada tanaman tanpa aplikasi MVA (B0) dan yang diberi MVA 50 spora/ tanaman (B1), 100 spora/tanaman (B2), 150 spora/tanaman (B3) dalam 30 minggu pengamatan

Pertumbuhan tanaman juga diamati berdasarkan pertambahan diameter batang. Laju pertumbuhan diameter batang tanaman Jarak Pagar juga berfluktuasi seperti pertambahan tinggi setiap minggunya. Berdasarkan Gambar 3.B laju pertumbuhan diameter batang ini, tidak menunjukkan laju yang beraturan dimana terdapat waktu yang menunjukkan laju tertinggi dari pertambahan diameter batang. Pada tanaman kontrol laju tertinggi terjadi pada minggu ke-8 yaitu sebanyak 0,2 cm. Tanaman yang diberi MVA sebanyak 50 spora/tanaman laju tertinggi diperoleh pada minggu ke-12 yaitu sebesar 0,18 cm. Tanaman yang diberi MVA sebanyak 100 spora per tanaman memiliki laju tertinggi pada minggu ke-5

dan 9 yaitu sebanyak 0,2 cm, sedangkan tanaman dengan pemberian MVA sebanyak 1500 spora/ tanaman memiliki laju tertinggi sebanyak 0,2 cm yang terjadi pada minggu ke-2.



Gambar 3. Kurva pertumbuhan tanaman jarak pagar (A) berdasarkan tinggi tanaman, (B) berdasarkan diameter batang

Hasil pengukuran diameter tanaman selama 30 minggu tampak pada Gambar 3.B yang menunjukkan pola pertumbuhan sigmoid. terlihat pertumbuhan tanaman mengalami fase log yang merupakan fase adaptasi pada minggu ke-1 sampai dengan minggu ke-3. Fase eksponensial terjadi pada minggu ke-4 sampai dengan minggu ke-8, diikuti fase linier pada minggu ke-8 sampai dengan minggu ke-12 dan akhirnya memasuki fase stasioner mulai minggu ke 13 sampai dengan minggu ke-30 penanaman.

Pertambahan diameter batang tanaman tertinggi yakni 2,10 cm (Tabel 3) diperoleh pada tanaman dengan perlakuan 150 spora/tanaman. Pertambahan ini berbeda signifikan dibandingkan dengan perlakuan 100, 50 spora/tanaman dan tanpa penambahan spora. Kelompok tanaman kontrol memiliki rata-rata pertambahan diameter batang tanaman hanya 1,59 cm, diikuti dengan kelompok tanaman perlakuan 50

Tabel 3. Pengaruh aplikasi VAM terhadap pertumbuhan (rata-rata tinggi tanaman dan diameter batang) Jarak Pagar

Perlakuan aplikasi MVA (spora/tanaman)	Tinggi tanaman (cm) pada minggu ke-1	Pertambahan tinggi tanaman (cm) di akhir pengamatan	Tinggi tanaman (cm) pada minggu ke-30	Diameter batang (cm) minggu ke-1	Pertambahan diameter batang (cm)	Diameter batang (cm) minggu ke-30
0	13,5	47 ± 17,033 ^a	60,50 ± 4,232 ^a	1,80	1.59 ± 0,54 ^a	3,397 ± 0,385 ^a
50	12,2	48,84 ± 16,74 ^a	61,00 ± 17,810 ^a	1,53	1.55 ± 0,53 ^{ab}	3,089 ± 0,213 ^{ab}
100	15,7	56,72 ± 18,93 ^{ab}	72,4 ± 17,497 ^{ab}	1,55	2.07 ± 0,69 ^{bc}	3,625 ± 0,321 ^{bc}
150	21,0	60,67 ± 22,06 ^b	81,7 ± 11,830 ^b	1,91	2.10 ± 0,66 ^c	3,875 ± 0,358 ^c

Keterangan: Angka yang disertai dengan huruf yang sama tidak berbeda secara signifikan pada analisis statistik Duncan (P>95%)

dan 100 spora/tanaman, dengan rata-rata penambahan diameter masing-masing sebesar 1,55 cm dan 2,07 cm (Tabel 3). Hasil ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah MVA yang diaplikasikan pada tanaman Jarak Pagar dapat meningkatkan diameter tanaman Jarak. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian terdahulu (Kormanik *et al.*, 1981 dalam Wang *et al.*, 2006) yang melaporkan peningkatan diameter tanaman 'sweetgum' diakibatkan pemberian MVA. Hasil penelitian ini juga didukung oleh hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Reid *et al.*, (1988), yang melaporkan adanya peningkatan biomassa pada batang tanaman yang diinokulasi fungi MVA akibat adanya pembesaran lingkaran batang tanaman. Demikian pula, Castillo and Dela Cruz (1995) melaporkan bahwa terdapat peningkatan lingkaran batang *Pterocarpus indicus* yang diinokulasi dengan fungi MVA.

Berdasarkan gejala terdapatnya peningkatan serapan nutrisi akibat adanya kolonisasi fungi VAM di permukaan akar Jarak Pagar yang mengakibatkan peningkatan pertumbuhan tanaman, menunjukkan adanya korelasi positif antara ketersediaan nutrisi dengan laju pertumbuhan tanaman. Nutrisi bersamasama materi organik lainnya diperlukan untuk menyusun dan membangun materi yang diperlukan untuk pertumbuhan. Disamping itu, nutrisi juga diperlukan untuk membantu fotosintesis dalam proses penyusunan materi-materi organik. Oleh karenanya, semakin banyak nutrisi tersedia di dalam tanaman maka akan semakin tinggi tingkat pertumbuhan yang terjadi dalam tanaman tersebut. Hal tersebut diduga karena adanya peningkatan proses metabolisme yang mengarah kepada pertumbuhan, seperti yang dilaporkan Sieverding (1991) bahwa akar tanaman yang berasosiasi dengan fungi mikoriza akan memiliki tingkat metabolisme 2-4 kali lebih tinggi jika dibandingkan dengan akar tanaman yang tidak berasosiasi.

Kadar Minyak Biji Jarak Pagar

Minyak dari biji Jarak Pagar diperoleh dengan cara ekstraksi soxhlet menggunakan pelarut n-heksana. Kadar minyak jarak dalam biji Jarak Pagar berkisar antara 39-51% (Tabel 4). Tanaman Jarak Pagar yang diberi perlakuan dengan penambahan MVA menunjukkan peningkatan kadar minyak jika dibandingkan dengan kontrol. Kadar minyak tertinggi terdapat pada perlakuan dengan penambahan 150 spora MVA/tanaman sebesar 50%, diikuti dengan perlakuan dengan penambahan 100 spora MVA/tanaman sebesar 48,4%, dan perlakuan dengan penambahan 50 spora MVA/tanaman sebesar 46% mL/g (Tabel 4). Dari hasil analisis ANOVA menunjukkan bahwa, perlakuan dengan penambahan spora MVA sebanyak 50, 100, dan 150/ tanaman dapat meningkatkan kadar minyak secara signifikan dibandingkan dengan tanpa penambahan MVA, semakin banyak jumlah spora yang diaplikasikan tampak semakin tinggi pula kandungan minyak yang terdeteksi.

Menurut Bago *et al* (2003), tanaman yang memiliki laju fotosintesis yang tinggi akan memiliki cadangan makanan yang tinggi, dan disimpan dalam biji dalam bentuk asam lemak. Selain karbohidrat sebagai sumber substrat pembentukan asam lemak, sintesis asam lemak juga memerlukan energi dalam bentuk NADPH₂ dan ATP. Selain dari hasil fotosintesis, NADPH₂ dan ATP juga dapat diperoleh dari respirasi sel dengan jalur pentosa fosfat (Taiz & Zeiger, 2006). Kedua energi ini sangat tergantung pada senyawa fosfat anorganik terutama asam pirofosfat. Pirofosfat merupakan salah satu bentuk molekul fosfat anorganik yang mampu diserap langsung oleh tanaman dari dalam tanah. Menurut Schacmat *et al.* (1998), asosiasi antara akar tanaman dengan MVA akan meningkatkan molekul pirofosfat dalam tanah dan mampu meningkatkan intensitas penyerapan pirofosfat oleh akar tanaman. Dengan demikian, semakin banyak jumlah senyawa pirofosfat yang mampu diserap oleh tanaman, maka semakin banyak molekul NADPH₂ dan ATP yang dapat dibentuk oleh tanaman untuk sintesis asam lemak.

Dalam penelitian ini terdeteksi bahwa terjadi peningkatan fosfat, diduga unsur tersebut yang menyebabkan kandungan minyak dalam biji tanaman yang diinokulasi VAM meningkat. Penelitian ini sesuai dengan penelitian Bago *et al* (2003), yang melaporkan bahwa tanaman Canola yang diinokulasi dengan VAM menunjukkan kandungan asam lemak yang lebih tinggi dari tanaman yang tidak diinokulasi.

Tabel 4. Rata-rata kadar minyak dalam biji jarak pagar pada setiap perlakuan

Perlakuan aplikasi MVA (spora/tanaman)	Rata-rata Kandungan Minyak (%/ BK biji)
0	36,0 ± 2,2 ^a
50	46,0 ± 7,3 ^b
100	48,4 ± 3,3 ^b
150	50,0 ± 6,9 ^b

SIMPULAN

Aplikasi MVA sejumlah 50, 100 dan 150 spora/tanaman dapat menginfeksi akar tanaman Jarak Pagar membentuk kolonisasi di sekitar rambut-rambut akar. Semakin tinggi jumlah spora MVA yang diaplikasikan, semakin tinggi pula derajat kolonisasi MVA tersebut. Kolonisasi MVA pada akar Jarak pagar mampu meningkatkan serapan unsur N, P, K, Mg dan Ca. Peningkatan serapan unsur yang paling signifikan tampak pada serapan unsur K pada perlakuan dengan penambahan 150 spora/ tanaman terhadap kontrol, yaitu sebesar 44,0%. Peningkatan serapan unsur diikuti dengan peningkatan pertumbuhan (pertambahan tinggi tanaman dan diameter batang), yang signifikan tercatat pada perlakuan dengan penambahan 150 spora/ tanaman, yaitu mengalami penambahan tinggi tanaman sebesar 60,67 cm dan penambahan diameter batang sebesar 2,096 cm. Peningkatan pertumbuhan mampu meningkatkan kadar minyak yang signifikan

pada perlakuan dengan penambahan 50-150 spora/tanaman, yaitu sebesar 10,0-14,0%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh riset unggulan ITB No.: 0002/K01.03.2/PL 2.1.5/I/2007

DAFTAR PUSTAKA

- Adholeya, A. & R. Singh 2006, *Jatropha* for wasteland development: TERI's mycorrhiza technology *dalam*: Biofuels towards a greener and secure energy future, Bhojvaid, P.P. (Ed.), The Energy and Resources Institute, New Delhi, pp 137-154.
- Azcon 1993, Interaction between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganism, mycorrhizal functioning. Publish in Graet Britanian By Chapman and Hall. pp 2-6.
- Bago, B., Zipfel, W., Williams, R., Jun, J., & Arreola, R. (2003), Translocation and Utilization of Fungal Lipid in the Arbuskular Mycorrhizal Symbiosis, *Plant Physiol*, 128: 331-340
- Balugon, A.M. & Fetuga, B.L. 1985, Fatty acid composition of seed oils of some members of the Meliaceae and Combretaceae Families, *JAOCS* 62 (30): 529-531.
- Brady, N. C. 2002, *The Nature and Properties of Soils*, Prentice Hall of India, New Delhi.
- Castilo, E.T. & Delo Cruz, R.E. 1995, Mechanism of drought resistance in *pterocarpus indicus* enhanced by inoculation with VA mychorriza and rhizolium, biology biotechnology of michorriza. 56:131-137.
- Gardner P. F., Pearce R. B., & Roger L. Mitchell 1991, *Fisiologi Tanaman Budidaya*, Terjemahan Herawati Susilo. Penerbit UI-Press, Jakarta.
- Kaushik, N. 2006, Quality considerations in *Jatropha curcas*, *dalam* Biofuels towards a greener and secure energy future, Bhojvaid, P.P. (Ed.), TERI Press, New Delhi, India.
- Kormanik, P.P. & A. C. Mc. Grow 1982, Quantification of VAM in Plants Roots, Method and principles of Mycorrhizal Research, Amer Phytophatol. Minnesota, pp.37-38.
- Linderman & Pflieger 1996, *Mychorrhzal and Plant Health*, APS Press, The American Phytopathology Society St. Paul, Minesota.
- Manurung, R. 2005, *Minyak Jarak pengganti Solar, Trubus* (36) edisi Juni 2005. Jakarta.
- Marschner, H., George, E., & Jacobsen, I. 1995, Role of Arbuskular Mycorrhiza Fungi in Uptake Phosphorus and Nitrogen from Soil, *Crit Rev Biotechnology*.
- Mosse, B. 1981, *Vesicular Arbuskular Mycorrhiza Research for Tropical Agriculture* Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii, Research Bulletin, 194.
- Rao, N.S.S. 1994, *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*, Edisi Kedua, Universitas indonesia, Jakarta.
- Sadaghiani, M.R., Hassani, A., Barin, M., Danesh, Y.R., & Sefidkon, F. 2010, Effects of arbuscular mycorrhizal (AM) fungi on growth, essential oil production and nutrients uptake in basil, *Journal of Medicinal Plant Research*, 4(21): 2222-2228.
- Salisbury, F. B. & Ross, C. W. 1992, *Plant Physiology*, Wadsworth Publ. California.
- Schachmat, D.P., Reid, J. R., & Ayling, S.M. 1998, Phosphorus Up Take by Plants From Soil to Cell, University of Adelaide, Australia, *Plant Physiology* 166 : 447-453.
- Setiadi 1991, *Aplikasi Mikoriza Tanah sebagai salah satu Terapan dalam Bioteknologi Kehutanan, Seminar Rekayasa Genetika (Bioteknologi) IPB*, 1991.
- Sieverding, E. 1991, *Vesicular-Arbuscular Mychorryza Management in Tropical Agrosystems*, Deutshce gesellicaft Fur Tehnische, Germany.
- Smith, S.E. 1997, *Mycoryzal Symbiosis*, Academic Press, Harcourt Brace and Company Publish, London.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L. & Beaton, J.R. 1990, *Soil fertility and fertilizer*, The Mac Millan Publishing Co., New York.
- Wang, F. Y., Lin, X. G., Yin, R., & Wu, L. H. 2006, Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on The Growth of *Elsholtzia splendens* and *Zea mays* and the activities of Phosphatase and Urease in a Multi-Metal-Contaminated Soil Under Unsterilized Conditions, Departement of Soil Biology and Biochemistry, China.