

ISOLASI DAN KARAKTERISASI MIKORIZA VESIKULAR-ARBUSKULAR DI LAHAN KERING MASAM, LAMPUNG TENGAH

Prihastuti

Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian
Jalan Raya Kendalpayak, Kotak Pos 66, Malang

ABSTRACT

*This research aimed to determine spore of vesicular-arbuscular mycorrhizae collected from acid dry land of Central Lampung. The character of research was descriptive-explorative. Soil samples were collected by stratified random sampling method. The results indicated that amount of spore at rizosphere area reached 33-311 spores/g of soil. There were 8 forms of mycorrhizae spores. The species of mycorrhizae found were **Gigaspora margarita**, **Glomus moseae**, **Glomus versiforme**, **Acaulospora sp.**, **Endogone pisiformis**, **Smilacina racemosa**, **Entrophospora sp.** and **Scutellospora sp.** Further research is needed for the exploitation land improvement of the effectiveness of natural mycorrhizae on acid dry land at Central Lampung.*

Key words: inventory, spores, vesicular-arbuscular mycorrhizae, acid dry land, Central Lampung

PENGANTAR

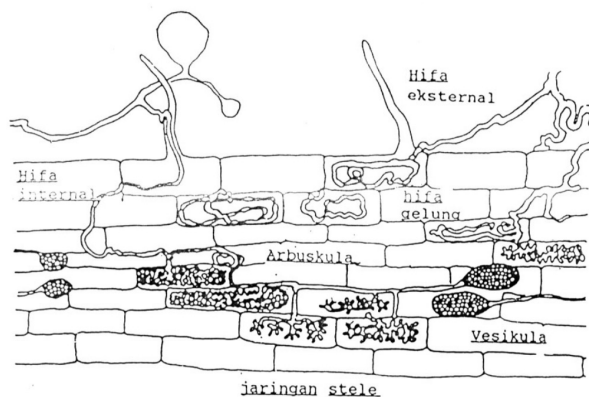
Mikoriza mulai dikenal sejak pertengahan abad ke-19 karena kemampuannya berasosiasi dengan banyak jenis tanaman (Gardeman, 1975). Mikoriza adalah sejenis kapang yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiotik mutualistik antara spesies jamur dengan akar tanaman (Schinner *et al.*, 1996). Endomikoriza merupakan tipe mikoriza yang tidak melapisi akar tanaman dengan hifa-hifanya, hanya sedikit hifa yang menjulur ke permukaan akar. Inang endomikoriza adalah jenis tanaman hijau yang tidak dapat terinfeksi oleh ektomikoriza (Schalau, 2001).

Hubungan simbiosis antara akar tanaman dengan spesies kapang ini bersifat mutualistik, sehingga keduanya memperoleh keuntungan bagi kehidupannya. Sedikitnya terdapat 5 manfaat mikoriza bagi perkembangan tanaman yang menjadi inangnya, yaitu meningkatkan absorpsi hara dari dalam tanah, sebagai penghalang biologi terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketahanan inang terhadap kekeringan, meningkatkan hormon pemacu tumbuh, dan menjamin terselenggaranya siklus biogeokimia (Nuhamara, 1994). Dalam hubungan simbiosis ini, kapang mendapatkan keuntungan nutrisi (karbohidrat dan zat tumbuh lainnya) untuk keperluan hidupnya dari akar tanaman (Smith dan Read, 1997). Ketergantungan aktivitas hidup mikoriza terhadap tanaman inang cukup tinggi. Lebih dari 40% senyawa karbon (C) hasil fotosintesis dialokasikan

ke bagian akar dan sekitar 1/3 di antaranya diberikan kepada mikoriza (Douds dan Millner, 1999).

Secara alami mikoriza terdapat secara luas, mulai dari daerah artik tundra sampai ke daerah tropis dan dari daerah bergurun pasir sampai ke hutan hujan, yang melibatkan lebih dari 80% tumbuhan yang ada (Subiksa, 2002). Perkembangan kehidupan mikoriza berlangsung di dalam jaringan akar tanaman inang, setelah didahului dengan proses infeksi akar. Prihastuti *et al.* (2006) menyatakan bahwa lahan kering masam di Lampung Tengah banyak mengandung mikoriza vesikular-arbuskular, yang diindikasikan dengan tingginya tingkat infeksi akar, yaitu mencapai 70,50–90,33%. Lahan kering masam merupakan lahan yang kurang produktif, namun sangat luas ketersediaannya dan berpotensi untuk dikembangkan (Sudaryono, 2006). Lahan kering masam merupakan lahan yang perlu diupayakan kesuburannya untuk digunakan sebagai areal tanam komoditi pangan.

Mikoriza mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada lingkungan yang kurang menguntungkan bagi pertumbuhan mikroba tanah lainnya (Keltjen, 1997). Semakin banyak tingkat infeksi akar yang terjadi, memungkinkan jaringan hifa eksternal yang dibentuk semakin panjang dan menjadikan akar mampu menyerap fosfat lebih cepat dan lebih banyak (Stribley, 1987). Mikoriza mempunyai peranan yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman di lahan marginal maupun dalam menjaga keseimbangan lingkungan (Aher, 2004).



Gambar 1. Jaringan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza (Sumber: Allen, 1992)

Perkembangan suatu infeksi mikoriza dimulai dengan pembentukan apresorium pada permukaan akar oleh hifa eksternal yang berasal dari spora mikoriza dalam tanah. Hifa dari apresorium menembus sel-sel epidermis dan menjalar di antara sel atau dalam sel sepanjang akar korteks. Akar bermikoriza membentuk jaringan hifa luar (eksternal) yang lepas, yang merupakan kelanjutan dari hifa dalam (internal) menjalar ke dalam tanah. Gambar 1 menunjukkan struktur jaringan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza. Hifa yang berada di dalam jaringan akar tanaman yang terinfeksi mikoriza terdiri atas hifa yang tidak bercabang yang terletak di ruangan antara sel. Selain itu terdapat pula hifa intraseluler yang membengkok menjadi bulat atau bulat memanjang yang disebut vesikel (Anas, 1992).

Penelitian ini bertujuan untuk menginventarisasi mikoriza yang terdapat di lahan kering masam, Lampung Tengah. Hasil penelitian ini dapat memberikan informasi tentang kelimpahan dan karakteristik mikoriza vesikuler-arbuskuler di lahan kering masam Lampung Tengah, yang diharapkan dapat dipergunakan sebagai bahan pertimbangan pemanfaatan mikoriza alami di lahan kering masam tersebut.

BAHAN DAN CARA KERJA

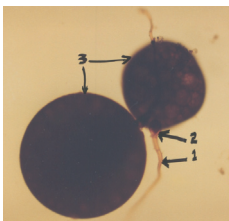

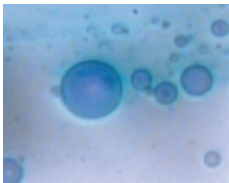

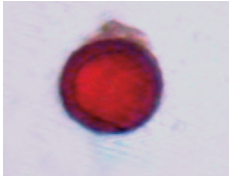

Penelitian ini bersifat deskriptif-eksploratif yang dilakukan di Lampung Tengah, di lapang dan laboratorium. Penelitian dilakukan di 4 lokasi yaitu Seputih Banyak, Rumbiyah, Sari Bakti, dan Bumi Nabung dengan mempertimbangkan perbedaan pH tanah. Pengambilan sampel tanah dilakukan di daerah perakaran tanaman, dengan batas setengah jarak tanam dan sedalam sistem perakaran tanaman. Metode pengambilan sampel dilakukan secara acak berdasarkan strata (*stratified random sampling*). Tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik (polibag), selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk dilakukan pengamatan.

Spora diperoleh melalui penyaringan bertingkat dengan metode *wet sieving and decanting* (Gardeman, 1975). Sampel tanah kering angin dimasukkan sebatas volume 250 ml ke dalam gelas ukur berkapasitas 1000 ml, selanjutnya diberi air hingga volume 1000 ml, dan dicampur selama 2 menit. Selanjutnya disaring dengan saringan berukuran 106 μ mesh dan dibilas lagi dengan air untuk memastikan semua spora tersaring. Semua partikel yang lolos saringan, selanjutnya disaring lagi dengan saringan berukuran 45 μ mesh dan 26 μ mesh.

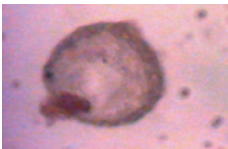
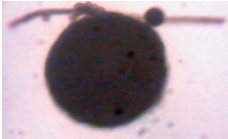
Sampel tanah yang sudah tersaring paling halus dilarutkan dengan larutan sukrosa 60%, selanjutnya disentrifuge dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Supernatan disaring dengan saringan 26 μ mesh dan dicuci dengan air mengalir. Spora-spora mikoriza yang tertinggal dalam saringan dikumpulkan dalam gelas beker 100 ml dan diamati di bawah mikroskop. Perhitungan spora dilakukan dengan *haemocytometer* (Porter, 1979; Trappe dan Schenck, 1982; Daniels dan Skipper, 1988). Identifikasi jenis mikoriza dilakukan berdasarkan bentuk spora dan diacukan pada beberapa pustaka (Hall dan Fish, 1979; Wilson *et al.*, 1983; Hall, 1984; Sen dan Hepper, 1986; Bundrett dan Kendrick, 1990). Analisis kimia tanah meliputi pH, N, P, K, Zn, Fe, Mn, Al, dan KTK dilakukan di laboratorium Tanah, Balitkabi Malang.

HASIL

Tabel 1. Karakteristik morfologis mikoriza di lahan kering masam, Lampung Tengah

Bentuk spora	Ciri khas	Sumber identifikasi
 <p><i>Gigaspora margarita</i></p>	Spora dihasilkan secara tunggal di dalam tanah. Ukurannya besar, bentuk globos atau subglobos, spora tidak mempunyai lapisan dinding dalam, tabung kecambah dihasilkan secara langsung dari dinding spora, sel pelengkap berduri dan berdinding tipis.	Wilson, <i>et al.</i> (1983)
 <p><i>Glomus moseae</i></p>	Spora dibentuk secara tunggal pada terminal hifa non-gametangium yang tidak berdiferensiasi di dalam suatu sporokarp, pada saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat, spora bentuk globos, dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis.	Sen dan Hepper (1986)
 <p><i>Glomus versiforme</i></p>	Spora dibentuk secara tunggal ataupun berpasangan dua pada terminal hifa non-gametangium yang tidak berdiferensiasi di dalam suatu sporokarp, pada saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat, spora bentuk globos, subglobos, ovoid ataupun obovoid dengan dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis.	Sen dan Hepper (1986)
 <p><i>Acaulospora</i></p>	Spora tunggal di dalam sporokarp, spora melekat secara lateral pada hifa yang ujungnya menggelembung dengan ukuran yang hampir sama dengan spora, bentuk spora globos, subglobos, ellips atau fusiform melebar	Hall (1984)
 <p><i>Endogone visiforme</i></p>	Spora dihasilkan secara tunggal di dalam sporokarp, bentuk ovoid mempunyai dua suspensor, ukuran spora sedang.	Bundrett dan Kendrick (1990)
 <p><i>Smilacina racemosa</i></p>	Spora dihasilkan secara tunggal dengan bentuk panjang atau pendek dimorfis, 5-8 spora membentuk koloni.	Bundrett dan Kendrick (1990)

Lanjutan Tabel 1

Bentuk spora	Ciri khas	Sumber identifikasi
	Spora dihasilkan secara tunggal dari perbesaran tangkai kantung sporogen di dalam tanah, kantung sporogen ber dinding tipis, putih padat dan akan menjadi kosong karena isinya dipindahkan ke dalam spora.	Hall (1984)
Entrophospora		
	Spora dibentuk secara tunggal di dalam tanah atau di dalam sel korteks akar, ukuran spora besar, bentuk globos, subglobos, ovoid atau obovoid, dinding spora terdiri atas lebih dua lapis dinding, tabung kecambah dihasilkan dari pelindung kecambah di dekat dasar spora di dinding dalam.	Hall dan Fish (1979)
Scutellospora sp		

Tabel 2. Jumlah dan jenis spora mikoriza di lahan kering masam, Lampung Tengah

Lokasi	pH tanah	Komoditas	Jumlah spora (spora/g tanah)	Jenis mikoriza
Seputih Banyak	5,15	Kedelai	311	<i>Acaulospora</i> sp. <i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus moseae</i>
		Kacang tanah	67	<i>Entrophospora</i> sp. <i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus moseae</i> <i>Glomus versiforme</i>
		Ubi kayu	95	<i>Endogone pisiformis</i> <i>Glomus versiforme</i> <i>Scutellospora</i> sp.
		Alang-alang	145	<i>Glomus versiforme</i> <i>Smilacina racemosa</i>
Sari Bakti	4,8	Kacang tanah	20	<i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus versiforme</i>
		Kedelai	147	<i>Acaulospora</i> sp. <i>Glomus moseae</i> <i>Scutellospora</i> sp.
		Ubi kayu	33	<i>Entrophospora</i> sp. <i>Glomus moseae</i> <i>Glomus versiforme</i>
Rumbiyah	4,35	Kacang tanah	86	<i>Endogone pisiformis</i> <i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus versiforme</i> <i>Scutellospora</i> sp.
		Ubi kayu	54	<i>Glomus versiforme</i> <i>Smilacina racemosa</i>
		Kedelai	146	<i>Endogone pisiformis</i> <i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus moseae</i>

Lanjutan Tabel 2

Lokasi	pH tanah	Komoditas	Jumlah spora (spora/g tanah)	Jenis mikoriza
Bumi Nabung	6,0	Jagung	162	<i>Acaulospora</i> sp. <i>Entrophospora</i> sp. <i>Gigaspora margarita</i>
		Ubi jalar	83	<i>Glomus moseae</i> <i>Smilacina racemosa</i>
		Kedelai	82	<i>Acaulospora</i> sp. <i>Entrophospora</i> sp. <i>Gigaspora margarita</i>
		Ubi kayu	43	<i>Acaulospora</i> sp. <i>Gigaspora margarita</i> <i>Glomus moseae</i>

Tabel 3. Hasil analisis tanah pada lokasi pengamatan.

Parameter	Lokasi			
	Bumi Nabung	Sari Bakti	Seputih Banyak	Rumbiyah
pH H ₂ O	6,0	4,8	5,15	4,35
N (%)	0,08	0,07	0,05	0,10
C-organik (%)	1,19	1,95	1,07	1,75
P ₂ O ₅ (ppm)	172	9,52	4,28	13,6
K (me/100 g)	0,06	0,05	0,03	0,12
Ca (me/100 g)	1,93	0,67	0,77	0,44
KTK (me/100 g)	13,7	8,25	19,2	13,7
Al-dd (me/100 g)	0	1,66	2,17	2,43
Fe (ppm)	57,1	52,0	26,5	59,3
Zn (ppm)	1,81	0,55	0,45	0,92
Mn (ppm)	8,72	3,07	0	3,46

PEMBAHASAN

Mikoriza vesikular-arbuskular pada umumnya membentuk *resting spore* dalam tanah, baik secara tunggal ataupun dalam bentuk sporokarp sebelum berinteraksi dengan akar suatu inang. Spora mikoriza dapat terbentuk pada ujung hifa eksternal, ukuran spora bervariasi antara 100–600 µm tergantung pada jenisnya. Dengan ukuran ini, untuk mendapatkan spora mikoriza dapat dilakukan melalui penyaringan tanah (Anas, 1992). Dari penelitian ini didapatkan delapan bentuk spora mikoriza. Tabel 1 menunjukkan hasil pengamatan bentuk spora mikoriza di lahan kering masam, Lampung Tengah yang disusun berdasarkan jumlah keberadaannya. Dari Tabel 1 tampak bahwa spora mempunyai bentuk yang berbeda-beda.

Mikoriza belum dapat ditumbuhkan sebagai biakan murni, sehingga identifikasinya didasarkan pada morfologi spora dan sporokarpnya. Bentuk spora mikoriza dapat

digunakan sebagai ciri untuk menentukan jenis-jenisnya. Pengetahuan tentang taksonomi maupun diversitas fungsional mikoriza masih sangat terbatas (Bougher, 1995). Di Australia hanya sekitar 10% mikoriza dapat diidentifikasi dan diperkirakan sekitar 80% belum diketahui jenisnya (Pascoe, 1991). Mikoriza yang telah teridentifikasi hingga saat ini sekitar 75 jenis, dengan jumlah terbanyak dari genus *Glomus* (Trappe, 1982).

Melalui proses penyaringan basah dan bertingkat dapat diperoleh spora-spora mikoriza dan dapat diamati di bawah mikroskop. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada satu sampel tanah dapat diperoleh lebih dari satu jenis bentuk spora. Keadaan ini menunjukkan bahwa keberadaan spora di lahan kering masam Lampung Tengah sangat beragam, baik jenis maupun jumlahnya (Tabel 2). Safir dan Duniway (1988) menyatakan bahwa sebaran mikoriza dipengaruhi oleh banyak faktor antara lain jenis dan struktur tanah, unsur hara P dan N dalam tanah, air, pH, dan suhu tanah.

Harley (1972) menyatakan bahwa satu jenis mikoriza vesikular-arbuskular dapat menginfeksi lebih dari satu jenis akar tanaman, demikian pula sebaliknya satu jenis tanaman dapat mengalami infeksi akar oleh lebih dari satu jenis mikoriza. Tabel 2 menunjukkan jumlah spora mikoriza yang diperoleh dari daerah risosfer tanaman dan keterangan jenis spora yang ditemukan di Lampung Tengah. Jumlah spora yang ditemukan pada masing-masing sampel tanah sangat bervariasi, yang menunjukkan tingkat sebaran dan dominansi mikoriza pada lokasi penelitian. Jumlah spora yang ditemukan dalam tanah cukup tinggi mencapai 33–311 spora/g tanah. Hal ini menunjukkan potensi mikoriza vesikular-arbuskular untuk dapat diaplikasikan di lahan kering masam ini. Apabila terdapat pertumbuhan akar tanaman di sekitar spora, maka spora akan berasosiasi dan berkembang di dalam akar. Pada kondisi ini mikoriza berfungsi membantu pertumbuhan tanaman.

Bentuk spora, jumlah, dan jenis yang ditemukan pada masing-masing sampel tanah yang berbeda juga bervariasi. Keadaan ini menunjukkan adanya keanekaragaman mikoriza yang terdapat pada masing-masing hamparan tanah. Satu individu tanaman dapat berasosiasi dengan lebih dari satu mikobion (Nuhamara *et al.*, 1985), suatu mikobion dapat berasosiasi dengan satu atau lebih autobion (Nuhamara, 1993). Dalam penelitian ini belum dapat dikorelasikan antara jumlah spora dengan kondisi lingkungan *in situ*, karena faktor-faktor biologi yang memengaruhi proses infeksi antara tingkat kepekaan inang terhadap jenis mikoriza yang ada belum diamati.

Tabel 2 menunjukkan adanya pengaruh jenis komoditi tanaman terhadap jumlah dan jenis spora mikoriza yang ditemukan. Kedelai merupakan tanaman yang lebih peka terhadap mikoriza. Namun demikian secara umum, komoditi yang diteliti mempunyai tanggap yang baik terhadap mikoriza, sekalipun dalam tingkatan yang berbeda. *Gigaspora margarita*, *Glomus moseae*, dan *Glomus versiforme* merupakan jenis mikoriza yang daerah penyebarannya cukup luas. Dengan demikian dapat disarankan bahwa dalam aplikasi mikoriza alami di lahan kering masam Lampung Tengah dapat diawali dengan pengembangan jenis-jenis mikoriza *Gigaspora margarita*, *Glomus moseae*, dan *Glomus versiforme* yang sudah teradaptasi pada lingkungan tersebut.

Mikoriza bersifat musiman, sehingga keberadaannya ditentukan oleh musim. Kelimpahan mikoriza terjadi pada musim semi dan awal musim panas, kadang-kadang tidak ada atau hanya dalam bentuk spora pada saat dormansi akar. Brundrett (2006) menyatakan bahwa dalam kondisi yang tidak menguntungkan, keberadaan mikoriza dapat diamati dalam bentuk spora. Dalam bentuk spora ini,

kapang dapat mempertahankan kehidupannya dan spora dapat berkecambah setelah kondisi memungkinkan, yang diawali dengan proses infeksi akar.

Perkembangan mikoriza diawali sejak berada di tanah dalam bentuk spora hingga dapat menginfeksi akar tanaman. Solaiman dan Hirata (1995) menyatakan bahwa mikoriza tidak hanya berkembang pada tanah yang berdrainase baik saja, pada lahan yang tergenang seperti pada padi sawah mikoriza juga mampu hidup. Aggangan, *et al.* (1998) menyatakan bahwa pada lingkungan yang miskin hara atau pun lingkungan yang telah tercemar limbah berbahaya sekalipun, mikoriza mampu memperlihatkan eksistensinya.

Faktor-faktor yang memengaruhi tanaman inang, biasanya juga memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan mikoriza. Perkembangan mikoriza dipengaruhi oleh kepekaan tanaman inang terhadap suhu tanah, intensitas cahaya, kandungan unsur hara dan air tanah, pH tanah, bahan organik, residu akar, dan logam berat (Pfleger dan Linderman, 1996).

Hasil analisis kimia tanah tertera pada Tabel 3. Nilai pH tanah pada lokasi penelitian berkisar antara 4,35–6,0. Kemasaman tanah berakibat langsung pada tanaman, oleh karena meningkatnya kadar ion-ion hidrogen bebas. Pertumbuhan tanaman perlu nilai pH optimum sebagai persyaratan fisiologisnya. Kemasaman tanah memengaruhi ketersediaan unsur hara. Pada pH di bawah 6, unsur P, Ca, Mg, dan Mo berkurang ketersediaannya dan pada pH yang rendah ketersediaan Al, Fe, Mn, dan Bo semakin meningkat dan dapat meracuni tanaman (Sutedjo dan Kartasapoetra, 2002). Kandungan N dan C organik juga cukup rendah, nilai KTK tanah antara 8,25–19,2 me/100 g tanah dan kandungan P₂O₅ cukup bervariasi. Tabel 3 menunjukkan bahwa lahan kering masam pada lokasi penelitian tergolong lahan yang kurang subur untuk mendukung pertumbuhan tanaman di atasnya.

Kekahatan unsur P pada tanaman banyak terjadi pada tanah masam. Hal ini disebabkan oleh adanya jerapan P yang menyebabkan unsur tersebut kurang tersedia bagi tanaman. Jerapan P terjadi, karena cepat bereaksi dengan ion-ion Al, Fe, dan Ca membentuk senyawa Al-P, Fe-P, dan Ca-P yang bersifat amfobil, sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman (Tisdale, *et al.*, 1985). Larutan Fe dan atau Mn dalam keadaan kering akan mengeras dan bersifat tidak balik. Dalam proses pengerasan tersebut, senyawa P (Fe-P, Al-P atau Ca-P) dapat terperangkap menjadi inti membentuk *occluded-P* (Hesse, 1972).

Unsur P merupakan unsur hara esensial bagi tanaman selain N. Pada tanah masam, unsur P sering menjadi pembatas pertumbuhan tanaman, karena difiksasi oleh

Al dan Fe, yang menyebabkan gerakan P menjadi sangat lambat. Tanaman dapat meningkatkan pengambilan P, jika akar bersimbiosis dengan mikoriza (Keltjen, 1997). Mikoriza dapat hidup dengan baik pada pH tanah masam dan mampu menghasilkan asam-asam organik yang membebaskan P terfiksasi. Wakidah (1999) menyatakan bahwa kapang mikoriza mampu meningkatkan kadar asam sitrat dan asam oksalat dalam tanah. Asam sitrat dan oksalat merupakan asam organik yang memiliki kemampuan kuat dalam membebaskan *occluded*-P dibandingkan asam-asam organik lainnya. Mekanisme asam organik dalam meningkatkan ketersediaan P tanah antara lain melalui anion organik bersaing dengan ortofosfat pada permukaan koloid yang bermuatan positif (Nagarajah *et al.*, 1970; Lopez-Hernandez *et al.*, 1979); pelepasan ortofosfat dari ikatan logam P tertentu melalui pembentukan kompleks logam-organik (Earl *et al.*, 1979) dan modifikasi muatan permukaan koloid oleh ligan organik (Nagarajah *et al.*, 1970; Kwong dan Huang, 1979).

Infeksi mikoriza pada sistem perakaran tanaman dapat meningkatkan serapan P pada tanah-tanah yang kahat unsur hara P. Dengan meningkatnya unsur hara P di dalam tanah, diharapkan tanaman mampu menyerap lebih banyak, sehingga keragaan tanaman menjadi lebih baik dan diharapkan tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan patogen akar (Baon *et al.*, 1997). Mikoriza juga mampu meningkatkan penyerapan unsur hara lainnya seperti Ca, Mg, K, Zn, dan Cu, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan dan melindungi tanaman dari keracunan logam-logam berat, sehingga tanaman mampu hidup pada kondisi yang tidak menguntungkan (Setiadi, 1991).

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa ditemukan 8 jenis mikoriza di lahan kering masam Lampung Tengah yang didominasi jenis *Gigaspora margarita*, *Glomus moseae*, dan *Glomus versiforme*. Komoditas tanaman dan pH tanah memengaruhi jumlah spora yang ditemukan pada risosfer. Potensi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah dapat dikembangkan untuk pupuk hayati. Proses isolasi dan pengembangannya dapat diawali dengan jenis mikoriza yang lebih dominan keberadaannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Disampaikan ucapan terima kasih kepada Dr. Tri Muji Ermayanti yang telah membantu dalam penulisan ini, kepada Prof (Riset) Dr. Subandi, Prof (Riset) Dr. Sudaryono, Dr. Yusdar Hilman, Ir. Wedanambi Tengkanono, MS dan Dr. A. A. Rahmianna, yang telah memberikan dukungan dan saran-masukan dalam pelaksanaan penelitian ini.

KEPUSTAKAAN

- Aggangan NS, Dell B dan Malakezuk N, 1998. Effect of chromium and nickel on growth of the ectomycorrhizal fungus *Pisolithus* dan formation of ectomycorrhizae on *Eucalyptus urophylla*. *S. T. Blake Geoderma*, 84: 33–39.
- Aher KL, 2004. Soil Biology-Nothing But Normal and Natural. www.bio-organics.com
- Anas I, 1992. Bioteknologi Pertanian 2. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 187–327.
- Allen MF, 1992. Mycorrhizal Functioning. Chapman and Hall, New York. 126.
- Baon JB, Nurkholis Y, Soetanto S dan Saktidjah S, 1997. Nutrient status and growth variation of coffee as affected by the mycorrhizal fungi. Program and Abstract International Workshop on Biological Management of Soil Fertility on Acid Upland Soil. Information Humid Tropics, July 28–31. 1997. Brawijaya University. 31–33.
- Bougher, 1995. Mycorrhizal Fungi in Australia. *In. Introduction to mycorrhizas*. <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/>
- Brundrett M, 2006. Mycorrhizae-mutualistic plant-fungus symbioses. (35 pictures). <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/>
- Brundrett M dan Kendrick CK, 1990. Endomycorrhizal. *Can. J. Bot.* 66: 1153.
- Daniels BA dan Skipper HD, 1988. Methods for the Recovery and Quantitative Estimation of Propagules from Soil. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 36.
- Douds DD dan Millner PD, 1999. Biodiversity Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroecosystems. Elsevier, USA, 97.
- Earl KD, Syers JK dan Mc Laughlin JR, 1979. Origin of the effect of citrate, tartarate and acetate on phosphate sorption by soils and synthetic gel. *SSSAJ*. 43: 474–678.
- Gardeman JW, 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhizal. *In. Torrey JG dan DT Clarkson (eds). The Development and Function of Roots*. Academic Press Inc., London, 575–591.
- Hall IR, 1984. Taxonomy of VA mycorrhizal fungi. *In. Powell CL dan Bagyaraj DJ (eds). VA mycorrhiza*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 75–94.
- Hall IR dan Fish BJ, 1979. A key to the Endogonaceae. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 73: 261–270.
- Harley JL, 1972. The Biology of Mycorrhiza. Plant Science Monographs. Leonard Hill, London. 334.
- Hesse PR, 1972. A textbook of soil chemical analysis. Chemical Publ. Co, Inc. New York, 283.
- Keltjen, WG, 1997. Plant adaptation and tolerance to acid soils; its possible Al avoidance. A review. Dalam: *Plant-Soil interactions at low pH. Sustainable agriculture and forestry production*. Eds. Moniz AC, Furlani AMC, Schaffert RE, Fageria NK, Rosolem dan Cantarella H. Brazilian Soil Sci. Soc., Campinas, Brazil, 159–164.
- Kwong, KF dan Huang PM, 1979. Surface activity of alluminium hydroxide precipitated in the presence of low molecular weight organic acid. *SSSAJ*. 43:1107–1113.

- Lopez-Hernandez, D, Plores D, Siegert G dan Rodriquez JV, 1979. The effect of some organic anions on phosphate removal from acid and calcareous soils. *Soil Science* 128: 321–326.
- Nagarajah S, Posneer AM dan Quirk JP, 1970. Desorption of P from Caolinite by citrate and bicarbonate. *SSSAJ* 32: 507–510.
- Nuhamara, ST, Hadi S dan Bimaatmadja EI, 1985. Suspected ectomycorrhizal fungi commonly associated with dipterocarp species. Dalam: *Proceeding of 6th North American Conference on Mycorrhizae*. Pam Henderson R, Linderman G, Perry DA, Trappe JM dan Molina R (eds) Bend, Oregon, 439.
- Nuhamara ST, 1993. Mikoriza sebagai suatu model parasitisme. *Technicol Notee*. 5(1): 1–15.
- Nuhamara, ST, 1994. Peranan Mikoriza untuk Reklamasi Lahan Kritis. Program Pelatihan Biologi dan Bioteknologi Mikoriza. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 67.
- Pascoe, 1991. Mycorrhizal Fungi. <http://mycorrhiza.ag.utk.edu/>
- Pflegler FL dan Linderman RG, 1996. Mycorrhizae and plant health. APS Press. The American Phytopathology Society St. Paul, Minnesota, 274.
- Porter WM, 1979. The most probable number method for enumerating infective propagules of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soil. *Aust. J. Soil Res.* 17: 515–519
- Safir, G. R. and J. M. Duniway. 1988. Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Environmental variables. *The American Phytopathological Society*, St. Paul, Minnesota. p. 77–83.
- Schalau, J. 2001. Mycorrhizae: The friendly Fungus. <http://jachalau@aq.arizona.edu>.
- Schinner, F, E. Kandeler, R. Ohlinger and R. Margesin. 1996. *Methods in Soil Biology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York. 438 pp.
- Sen, R. and C. M. Hepper. 1986. Characterization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus* spp.) by selective enzyme staining following polyacrylamide gel electrophoresis. *Soil Biol. Biochem.* 18: 29–34
- Setiadi Y. 1991. Aplikasi mikroba tanah sebagai salah satu terapan dalam bioteknologi kehutanan. Makalah Penataran Dosen PTS bidang Rekayasa Genetika (Bioteknologi) Bogor, 28 Juli–3 Agustus 1991. 12 hal.
- Smith SE and Read DJ, 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. Harcourt Brace and Company Publishers, San Diego. 96 pp.
- Solaiman MZ and Hirata H, 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal fungus and root effect on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 77–81.
- Subiksa IGM, 2002. Pemanfaatan mikoriza untuk penanggulangan lahan kritis. <http://rudycr.tripod.com/sem2-012/igm-subiksa.htm>. Access: 21 Agustus 2005.
- Sudaryono, 2006. PTT kedelai di lahan kering masam. Laporan Hasil Penelitian 2005, Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian, Malang. 25 hal.
- Sutedjo MM dan Kartasapoetra AG, 2002. Pengantar Ilmu Tanah, Terbentuknya tanah dan tanah pertanian, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta. 152 pp.
- Stribley DP, 1987. Mineral nutrition. pp. 59–70. *In*. *Ecophysiology of VAM plants*. GR Safir (ED). CRC Press, Florida.
- Tisdale SL, Nelson WL and Beaton JD, 1985. *Soil Fertility and Fertilizer*. McMillan Publ. Co., New York. 148 pp.
- Trappe, J. M. 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi. *Phytopathology* 72: 1102–1108.
- Trappe and Schenck, N. C. *Taxonomy of the fungi forming endomycorrhizal*. 1982. *The American Phytopathological Society*, St. Paul, Minnesota. 63 pp.
- Wakidah K, 1999. Pengaruh VAM terhadap peningkatan enzim fosfatase, beberapa asam organik dan pertumbuhan kapas pada vertisol dan alfisol. *Publikasi Ilmiah Brawijaya*, Malang. 18 hal.
- Wilson JM, Trinick MJ and Parker CA, 1983. The identification of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi using immunofluorescence. *Soil Biol. Biochem.* 15: 439–445.

Reviewer: **Dr. Tini Surtiningsih, DEA.**