

ISOLASI, IDENTIFIKASI DAN PEMURNIAN CENDAWAN MIKORIZA ARBUSKULAR (CMA) DARI TANAH BEKAS TAMBANG BATU BARA

*(Isolation, Identification and Purification of Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF)
from Coal Post Mining Soil)*

Elis Kartika^{1)*}, Lizawati¹⁾ dan Hamzah¹⁾
Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Mandalo Darat
email: 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. One of the alternatives to overcome this problem is through inoculation with Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF). Indigenous AMF (from coal post-mining location) is more potential AMF developing in that area. Therefore, isolation, identification and purification steps of AMF spores are required. The objective of this study was to isolate, identify, and purify of arbuscular mycorrhiza fungi from coal post mining area. The study had identified that at this soil was found 3 AMF genres, i.e. *Glomus*, *Acaulospora*, and *Gigaspora*. On coal post-mining soil was found 20 strains of AMF (13 strains of *Glomus*, 3 strains of *Acaulospora*, and 1 strain of *Gigaspora*). In this soil was dominated by *Glomus*. Strain's AMF that was successful isolated from single spore culture was 4 strains i.e. *Glomus sp-3*, *Glomus sp-6*, *Glomus sp-15*, dan *Glomus sp-16*.

Key words: isolation, identification, purification, coal post-mining, AMF

PENDAHULUAN

Berbagai aktivitas manusia yang melibatkan berbagai kegiatan seperti penambangan, pembukaan lahan pertanian dan perkotaan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan berupa rusaknya vegetasi hutan sebagai habitat satwa dan kemungkinan hilangnya jenis-jenis flora/fauna langka sebagai sumber plasma nutfah potensial, rusaknya sistem tata air, meningkatnya laju erosi permukaan, menurunkan produktivitas dan stabilitas lahan serta biodiversitas flora dan fauna.

Untuk mencegah dan mengurangi kerusakan lingkungan yang lebih parah, maka perlu dicari berbagai upaya pengendalian yang mengarah pada kegiatan rehabilitasi lahan. Dalam kenyataannya, untuk melaksanakan kegiatan rehabilitasi pada lahan-lahan

yang telah rusak (lahan-lahan kritis) tersebut sering kali mengalami masalah. Hal ini terutama disebabkan oleh kondisi lahan yang tidak menguntungkan untuk menyokong pertumbuhan tanaman.

Di Indonesia luas lahan bekas kegiatan tambang batu bara sangat luas dan di Provinsi Jambi khususnya di Desa Lubuk Mandrasah Kecamatan Tengah Ilir Kabupaten Tebo mencapai luasan 300 hektar. Lahan bekas kegiatan tambang batu bara tersebut umumnya tidak dapat diusahakan yang disebabkan karena tingkat kesuburan lahan sangat rendah sehingga lahan tersebut menjadi terlantar.

Lahan-lahan bekas tambang batu bara tersebut memiliki kondisi tanah lahat 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 CMA) merupakan salah satu alternatif strategi yang patut dicoba dan dikembangkan di daerah tersebut.

Menurut Setiadi (2001), CMA merupakan salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman terutama yang ditanam pada lahan-lahan marjinal. Hal ini disebabkan CMA 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.

CMA berperan penting dalam ekosistem alami maupun ekosistem yang telah dikelola, sebab CMA dapat menguntungkan tanaman dalam hal penyediaan hara, antagonisme bagi organisme parasit akar, sinergisme dengan mikroba tanah lainnya, selain itu terlibat dalam siklus hara, perbaikan struktur tanah (agregasi tanah), alat transpor karbon dari akar tanaman bagi organisme tanah lainnya (Brundrett *et al.* 1996; Smith dan Smith 1996; Smith dan Read 1997). Asosiasi antara CMA dan tanaman inangnya merupakan mekanisme yang sangat penting dalam rangka untuk mengatasi keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan.

CMA dapat ditemukan hampir pada sebagian besar tanah dan pada umumnya tidak mempunyai inang yang spesifik. Walaupun demikian, tingkat populasi dan komposisi jenis sangat beragam dan dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan faktor lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan fosfor dan nitrogen, serta konsentrasi logam berat. Dengan demikian, setiap ekosistem kemungkinan dapat mengandung CMA dengan jenis yang sama atau bisa juga berbeda. Di daerah yang akan

diteliti belum pernah diketahui jenis dan keanekaragaman CMA tersebut, sehingga perlu dilakukan eksplorasi dan identifikasi. Selain itu, penggunaan CMA endogenus akan lebih baik dibandingkan menggunakan CMA eksogenus.

Percobaan ini bertujuan untuk mengisolasi, mengidentifikasi dan memurnikan CMA dari lokasi bekas pertambangan batu bara.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi dan rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Pengambilan contoh tanah dilakukan di lokasi bekas tambang batu bara di Desa Lubuk Mandarsah Kecamatan Tengah Ilir Kabupaten Tebo, Provinsi Jambi. Contoh tanah diambil dari zona perakaran (rizosfir) beberapa tumbuhan yang ada di lokasi tersebut dengan kedalaman 0-20 cm, kemudian dimasukkan ke dalam kantong plastik. Contoh tanah merupakan komposit dari 20 titik pengambilan contoh, di mana masing-masing titik banyaknya 500 g.

Pengamatan spora awal dilakukan di bawah mikroskop. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah spora sangat sedikit yang kemungkinan pada saat pengambilan contoh tanah tidak pada musim sporulasi, oleh karena itu terlebih dahulu dilakukan kegiatan *trapping* (metode Brundrett *et al.* 1994) menggunakan benih *P. javanica* sebagai tanaman inang. Pemeliharaan kultur meliputi penyiraman, pemberian hara dan pengendalian hama. Larutan hara yang digunakan adalah *Hyponex* merah (25-5-20) dengan konsentrasi 1 g/ 2 L air. Isolasi Spora dilakukan dengan teknik tuang-saring dilanjutkan dengan teknik sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996).

Pemanenan hasil *trapping* dilakukan setelah kultur berumur \pm 4 bulan. Peubah yang diamati adalah jumlah spora dan propagul infeksi per 50 g media tanam serta tipe spora. Identifikasi dilakukan berdasarkan respon spora terhadap PVLG dan pewarna Melzer's serta karakter morfologi.

Pembuatan kultur spora tunggal mengacu pada metode yang dilakukan Mansur (2000), yaitu *Petridish Observation Chamber* (PDOC). Cawan petri plastik diisi batuan zeolit steril berukuran 1-2 mm sampai penuh dan cukup padat. Spora-spora CMA yang telah diisolasi dari kultur *trapping* dikumpulkan dalam gelas arloji dan dilakukan pemisahan berdasarkan genusnya. Kemudian spora diinokulasikan pada bibit *P. javanica* yang telah memiliki 2-3 helai. Setiap bibit hanya diinokulasi dengan satu spora.

Pemberian air melalui bak plastik dilakukan sesuai dengan kebutuhan tanaman, sedangkan pemberian larutan hara *Hyponex* merah dilakukan 1 kali seminggu dengan konsentrasi 1 g/2 L. Kultur dipelihara selama 6 bulan tergantung sporulasi yang terjadi. Untuk mengetahui perkembangan proses sporulasi maka kultur-kultur diamati setiap minggu yang dimulai pada awal minggu kedua setelah pembuatan kultur.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. *Kepadatan Spora*

Berdasarkan hasil percobaan didapatkan bahwa kepadatan spora alami sebelum dilakukan *trapping* rata-rata hanya 5 spora saja per 50 g tanah. Hasil ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Nadarajah dan Nawawi (1997) yang menemukan 33- 63 spora/50 g tanah, Nadarajah (1999) yang menjumpai jumlah spora 109-114 spora/100 g tanah, Widiastuti (2004) yang mendapatkan 3-103 spora/100 g tanah pada rizosfir kelapa sawit, serta Kartika (2006) memperoleh 1-10 spora/50 g tanah pada rizosfir kelapa sawit di tanah PMK bekas hutan, PMK bekas kebun karet serta tanah gambut bekas hutan. Rendahnya kepadatan spora alami pada tanah bekas tambang batu bara ini kemungkinan pada saat mengambil contoh tanah CMA belum bersporulasi, jadi pada contoh tanah tersebut lebih banyak mengandung propagul yang lain seperti hifa.

Selanjutnya kepadatan spora pada contoh tanah bekas tambang batu bara hasil *trapping* selama 4 bulan adalah 89 spora/50 g tanah, seperti tercantum pada Tabel 1. Hasil ini ternyata lebih rendah juga dibandingkan kepadatan spora hasil *trapping* Widiastuti (2004) yang menemukan 1-474 spora/100 g tanah serta hasil *trapping* Kartika (2006) yang memperoleh 161.25 spora/50 g tanah pada tanah PMK bekas hutan, 173 spora pada tanah PMK bekas kebun karet dan 162 spora di tanah gambut bekas hutan.

Tabel 1. Jumlah spora hasil *trapping* per 50 g contoh tanah pada tanah bekas tambang batu bara (lama *trapping* selama 4 bulan)

Ulangan	Contoh tanah bekas tambang batu bara
1	85
2	90
3	87
4	92
Rata-rata	88.5 = 89

Jumlah spora dari tanah bekas tambang batu bara ternyata lebih sedikit dari pada tanah-tanah hasil penelitian sebelumnya. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Ervayenri (1998) yang menunjukkan bahwa jumlah spora CMA di tanah yang terganggu lebih sedikit dari pada yang belum terganggu (alami). Berkurangnya jumlah spora pada suatu jenis tanah disebabkan oleh perbedaan lingkungan, musim waktu pengambilan contoh tanah, jenis tanaman inang. Menurut hasil penelitian Safari (2006), sistem manajemen atau pengelolaan tanah, adanya tanaman penutup tanah, kandungan lumpur, dan ketersediaan P merupakan faktor utama yang mempengaruhi jumlah spora.

Jumlah CMA di tanah pertanian bervariasi tergantung musim setiap tahun dan juga tergantung beberapa faktor seperti pertumbuhan tanaman, faktor edafik, pola cuaca setiap musim dan pengelolaan (pemupukan, cara pemupukan dan pengolahan tanah).

Seperti halnya hasil penelitian Giovannetti (1985) dan Sturmer dan Bellei (1994) yang mendapatkan bahwa jumlah spora atau frekuensi sporulasi CMA bervariasi sesuai musim.

b. Karakterisasi Tipe Spora

Karakterisasi (identifikasi) tipe spora hasil isolasi atas dasar karakteristik morfologi dan responnya terhadap larutan Melzer's pada contoh tanah bekas tambang batu bara ternyata memiliki jumlah dan tipe spora yang cukup banyak, yaitu ada 20 tipe di mana yang termasuk ke dalam genus *Glomus* ada 16 tipe, *Acaulospora* ada 3 tipe, dan *Gigaspora* ada 1 tipe seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis spora hasil isolasi dari lahan bekas tambang batu bara di Desa Lubuk Madrasah Kabupaten Tebo Provinsi Jambi

Tipe Spora	Karakteristik morfologi (Pembesaran 100 kali)	Reaksi dengan melzer's
<i>Glomus sp-1</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sangat kecil, berwarna bening kecoklatan, permukaan spora halus, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-2</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sedang (lebih besar dari <i>Glomus sp-1</i>), berwarna bening kecoklatan, permukaan spora agak kasar, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-3</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran besar (lebih besar dari <i>Glomus sp-2</i>), berwarna coklat tua, permukaan spora agak kasar, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-4</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sangat kecil, berwarna hitam, permukaan spora halus, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-5</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sedang (lebih besar dari <i>Glomus sp-4</i>), berwarna hitam, permukaan spora halus, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-6</i>	Spora berbentuk bulat besar (lebih besar dari <i>Glomus sp-5</i>), berwarna hitam, permukaan spora halus, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-7</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sedang, berwarna hitam, permukaan spora halus, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's

	lurus.	
<i>Glomus sp-8</i>	Spora berbentuk bulat, besar (lebih besar dari <i>Glomus sp-7</i>), berwarna hitam, permukaan spora halus, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk lurus.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-9</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sangat besar (lebih besar dari <i>Glomus sp-8</i>), berwarna hitam, permukaan spora halus, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk lurus.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-10</i>	Spora berbentuk oval, berukuran besar, berwarna hitam, permukaan spora halus, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk lurus.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-11</i>	Spora berbentuk oval, berukuran sedang, berwarna coklat tua, permukaan spora agak kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk lurus.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-12</i>	Spora berbentuk oval, berukuran besar, berwarna bening kecoklatan, permukaan spora agak kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> berbentuk lurus.	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-13</i>	Spora berbentuk oval, berukuran sedang (lebih kecil dari <i>Glomus sp-11</i>), berwarna coklat, permukaan spora halus, mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-14</i>	Spora berbentuk lonjong, berukuran besar, berwarna hitam, permukaan spora agak kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-15</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran besar, berwarna kecoklatan, permukaan spora agak kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Glomus sp-16</i>	Spora berbentuk lonjong, berukuran sedang, berwarna bening kecoklatan, permukaan spora agak kasar, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Tidak bereaksi dengan pewarna Melzer's
<i>Acaulospora sp-1</i>	Spora berbentuk bulat, berwarna bening kecoklatan, berukuran kecil, permukaan spora kasar, tidak mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Bereaksi dengan pewarna Melzer's, terjadi perubahan warna. Bagian

		dalam spora berwarna coklat dan bagian luar berwarna kuning sangat muda.
<i>Acaulospora sp-2</i>	Spora berbentuk oval, berukuran besar, berwarna kuning kecoklatan permukaan spora kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Bereaksi dengan pewarna Melzer's, terjadi perubahan warna. Bagian dalam spora berwarna coklat dan bagian luar berwarna agak kekuningan.
<i>Acaulospora sp-3</i>	Spora berbentuk oval, berukuran besar, berwarna kuning kemerahan, permukaan spora kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> .	Bereaksi dengan pewarna Melzer's, terjadi perubahan warna. Bagian dalam spora berwarna merah kekuningan dan bagian luar berwarna bening.
<i>Gigaspora sp-1</i>	Spora berbentuk bulat, berukuran sangat besar, berwarna bening kekuningan, permukaan spora agak kasar, mempunyai <i>hyphal attachment</i> dan <i>bulbous suspensor</i> .	Dengan pewarna Melzer's berwarna merah semua.

Keanekaragaman jenis CMA di tanah yang diteliti cukup tinggi, di mana pada tanah bekas tambang batu bara ini ditemukan 20 tipe spora. Keragaman spesies yang didapatkan pada penelitian ini ternyata lebih tinggi dari pada hasil penelitian Puspa dan Suwandi (1990) yang menemukan enam spesies dan Nadarajah (1999) yang hanya memperoleh tujuh spesies pada rizosfir kelapa sawit serta Kartika (2006) yang menemukan 9 tipe spora (tanah PMK bekas hutan) 9 tipe spora (tanah PMK bekas kebun karet) dan 12 tipe spora (tanah gambut bekas hutan). Keragaman yang berbeda ini disebabkan karena perbedaan lingkungan, tanaman inang dan cara pengelolaan.

Pada tanah bekas tambang batu bara ditemukan tiga genus CMA yaitu *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora*. Hal ini berhubungan dengan waktu pengambilan sampel tanah dan pada saat pengambilan sampel untuk karakterisasi. Kemungkinan pada saat pengambilan sampel tanah untuk *trapping* itu hanya ada *propagul Glomus*, *Acaulospora* dan *gigaspora* yang ada, demikian juga saat pengambilan sampel tanah dari hasil *trapping*, sebab keberadaan dan keanekaragaman CMA dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan tanaman inang seperti hasil penelitian Johnson-Green dan Booth (1995) dan Siguenza *et al.* (1996). Selain itu menurut Ocampo *et al.* (1986), setiap

individu CMA dipengaruhi oleh faktor intrinsik terhadap perubahan lingkungan seperti halnya musim. Kemungkinan lain adalah ada beberapa genus CMA yang terbatas penyebarannya sehingga kemungkinan genus spora yang ditemukan dari suatu jenis tanah pada suatu wilayah pada suatu waktu tertentu mungkin tidak mewakili seluruh spora yang ada dari genus CMA yang ada di daerah tersebut.

Di tanah bekas tambang batu bara ini ternyata genus *Glomus* yang mendominasi (16 tipe *Glomus*, tiga tipe *Acaulospora* dan satu tipe *Gigaspora*). Jadi jelas terlihat bahwa jenis tanah sangat mempengaruhi keberadaan jenis CMA juga setiap jenis CMA memiliki kemampuan beradaptasi yang berbeda di setiap ekosistem. Hasil penelitian Allen dan Cunningham (1983), Pond *et al.* (1984), Ragupathy dan Mahadevan (1991) dan Purwanto (1999) menunjukkan bahwa jenis *Glomus* lebih beradaptasi dibandingkan genus yang lain terhadap kisaran keadaan lingkungan yang luas. Hasil penelitian Kartika (2006) juga menunjukkan bahwa genus *Glomus* yang mendominasi di tanah PMK bekas kebun karet dan tanah gambut bekas hutan primer

Acaulospora lebih banyak tersebar pada tanah masam dan *Gigaspora sp.* lebih umum ada di tanah-tanah masam dari pada *Glomus sp.* Beberapa spora CMA ada yang lebih tahan terhadap keadaan asam dan aluminium tinggi dari pada yang lainnya. *Acaulospora sp.*, *Gigaspora sp.* dan *Glomus manihotis* termasuk pada jenis CMA yang toleran terhadap keadaan masam dan Al tinggi (Clark, 1997).

c. **Pemurnian CMA melalui Kultur Spora Tunggal**

Berdasarkan kultur spora tunggal didapatkan bahwa tidak semua tipe spora yang dikulturkan mampu tumbuh dan berkembang dengan baik. Dari 20 jenis CMA (16 tipe *Glomus*, 3 tipe *Acaulospora*, dan 1 *Gigaspora*) yang ditemukan pada tanah bekas tambang batu bara hanya ada 4 tipe spora yang mampu tumbuh dan berkembang dengan baik yaitu tipe spora *Glomus sp-3*, *Glomus sp-6*, *Glomus sp-15*, dan *Glomus sp-16*. Jadi pemurnian CMA melalui kultur spora tunggal dari 20 tipe spora hasil identifikasi hanya diperoleh 4 tipe spora.

Tipe spora yang berhasil tumbuh dan berkembang dengan baik melalui kultur spora tunggal hanya 20 persen (4 tipe) dari seluruh tipe spora yang ditemukan dan semuanya terdiri dari *Glomus*. Hal ini kemungkinan disebabkan daya adaptasi dari setiap tipe tersebut, di mana tidak semua tipe spora yang ditemukan mampu beradaptasi pada keadaan lingkungan yang baru. Oleh sebab itu, hanya spora yang memiliki adaptasi yang tinggi saja yang mampu hidup dan berkembang di lingkungan yang baru. Demikian juga berdasarkan INVAM (2003), *Glomus* memang merupakan jenis CMA yang paling dominan dan mempunyai toleransi yang luas terhadap berbagai faktor lingkungan, sebab dari 172 jenis CMA yang sudah diidentifikasi ternyata 52,3 persen adalah jenis *Glomus* diikuti oleh *Acaulospora* 20,9 %, *Scutellospora* 16,9 %, *Gigaspora* 4,7 %, *Entrophospora* 2,3 %, *Archaespora* 1,7 % dan *Paraglomus* 1,2 %. Hasil penelitian Ervayenri (1998) di tanah gambut di Dumai dan Perawang Kabupaten

Bengkalis didapatkan bahwa jenis *Glomus* juga yang mendominasi daerah tersebut. Dari 27 tipe spora yang ditemukan genus *Glomus* mempunyai tipe spora yang tertinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa di tanah bekas tambang batu bara di Desa Lubuk Madrasah Kecamatan Tengah Ilir Kabupaten Tebo Provinsi Jambi :

1. Memiliki Jenis CMA yang berbeda dan di tanah tersebut hanya ditemukan tiga genus CMA yaitu *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora*, serta didominasi oleh genus *Glomus*.
2. Diperoleh 20 jenis CMA yang terdiri dari 16 tipe *Glomus*, 3 tipe *Acaulospora* dan 1 tipe *Gigaspora*.
3. Jenis CMA yang mampu dimurnikan melalui kultur spora tunggal ada 4 tipe spora yaitu *Glomus sp-3*, *Glomus sp-6*, *Glomus sp-15*, dan *Glomus sp-16*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional melalui Penelitian Hibah Bersaing Nomor Kontrak: 46/H21.3.1/2.1/2009, tanggal 16 April 2009 yang telah membiayai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, E.B, and G.L. Cunningham 1983. *Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizae on Distichlis spicata under three salinity levels*. New Phytol. 93 : 227-236
- Brundrett, M.C., L. Melville and L. Peterson. 1994. *Practical methods in mycorrhiza research*. Mycologie Publications. Ontario, Canada. 161p.
- Brundrett, M.C., N. Bougherr, B. Dells. T. Grove, and N. Malajczuk. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. ACIAR. Peter Lynch (Ed.) Pirie Printers Canberra. Australia. 374 p.
- Clark, R.B. 1997. *Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization and host plant growth and mineral acquisition at low pH*. Plant and Soil 192 : 15-22.
- Ervayenri. 1998. *Studi keanekaragaman dan potensi inokulan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di lahan gambut (studi kasus di Kab. Bengkalis Prop. Riau)*. Thesis. Program Pascasarjana IPB, Bogor.

- Giovannetti, M. 1985. *Seasonal variation of vesicular-arbuscular mycorrhizas and endogoneous spores in a maritime sand dune*. Trans. Br. Mycol.Soc. 84:679-684.
- Johson-Green, P.C., and T. Booth. 1995. *The distribution and phenology of arbuscular mycorrhizas along an inland salinity gradient*. Can. J. Bot. 73 : 1318-1327.
- Kartika, E. 2006. *Isolasi, karakterisasi dan pengujian keefektifan cendawan mikoriza arbuskular terhadap bibit kelapa sawit pada tanah gambut bekas hutan*. Jurnal Agronomi 10 (2) : 63-70.
- Nadarajah, P. 1999. *Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in two Malaysia oil palm and cocoa plantations and adjacent grassland*. Makalah dalam The International Conference on Mycorrhizas. Mycorrhizas in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem. Research and Development Centre for Biology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI), Bogor (*tidak dipublikasikan*).
- Nadarajah, P, dan A. Nawawi. 1997. *Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in Malaysian Plantations and grasslands*. Makalah dalam The International Conference on Mycorrhizas. Mycorrhizas in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem. Research and Development Centre for Biology, Indonesian Institute of Sciences (LIPI), Bogor (*tidak dipublikasikan*).
- Ocampo, J.A, F.L. Cardona, and F. El-Atrach. 1986. *Effect of root extracts of non host plants on VA mycorrhizal infection and spore germination* Hal. 721-724. Di dalam : Gianinazzi-Pearson V dan Gianinazzi S (eds.). Physiological and genetical aspect of mycorrhizae. Proceed. On the 1st European Symposium on Mycorrhizae.
- Pond, E.C., J.A. Menge, and W.M. Jarrell. 1984. *Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils*. Mcology 76 : 74-84.
- Puspa, W. dan Suwandi. 1990. *Pemanfaatan mikoriza vesikula-arbuskula pada perkebunan kelapa sawit (Elaeis guineensis)*. Bull. Puslitbun. Marihat 10 : 5-13.
- Ragupathy, S., dan A. Mahadevan. 1991. *VAM distribution influenced by salinity gradient in a coastal tropical forest*. Hal : 91-97. Di dalam : Soerianegara and Supriyanto (Eds.). Proceed. Of second Asian Conference on Mycorrhiza. BIOTROP Special Publication. No. 42 SEAMEO BIOTROP Bogor.
- Safari, A.A. 2006. *Relationships Between land Use and Arbuscular Mycorrhizal (AM) Spore Abundance in Calcareous Soil*. Caspian J. Env. Sci., Vol. 4 No.1 pp. 59-65
- Setiadi, Y. 2001. *Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia*. Makalah Seminar. 23 April 2001.

- Siguenza, C., I. Espejel, and E.B. Allen. 1996. *Seasonality of mycorrhizae in coastal and dunes of Baja California*. Mycorrhiza 6 : 151-157.
- .Smith, F.A., and S.E. Smith. 1996. *Mutualism and parasitism diversity in function and structure in the arbuscular (VA) mycorrhizal symbiosis*. Advances in Botanical Research vol 22. Academic Press.
- Smith, S.E. and D.J. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second Edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London.
- Sturme, S.L. and M.M. Bellei. 1994. *Composition and seasonal variation of spore population of arbuscular mycorrhizal fungi in dune soils on the island of Santa Catarina, Brazil*. Mycol.Res. 98:453-457.
- Widiastuti H. 2004. *Biologi interaksi cendawan mikoriza arbuskula kelapa sawit pada tanah masam sebagai dasar pengembangan teknologi aplikasi dini*. Disertasi. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.