

# KARAKTERISASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA RHIZOSFER AREN (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) DARI JAWA BARAT DAN BANTEN

*Characterization of Arbuscular Mycorrhizal Fungus from Sugar Palm (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.) West Java and Banten*

Moh. Ega Elman Miska<sup>1</sup>, Ahmad Junaedi<sup>1</sup>, Ade Wachjar<sup>1</sup>, dan Irdika Mansur<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian IPB

<sup>2</sup>Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB

## ABSTRACT

The diversity of AMF has been recorded as much as 250 types which associated with certain plants and inhabit the areas of tropical, temperate, and even the arctic. This research aims to find out the diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungus under the sugar palm tree stands in different locations. Soil were sampled from the rhizosphere of sugar palm in three subdistricts i.e. Cianjur, Sukabumi, and Lebak. These samples were processed directly by wet sieving and centrifugation method to separate the AMF spore., These spores were then identified immediately. The results showed there were four genera and 14 morpho types AMF spores, which consists of: seven types of *Glomus* sp.; five types of *Acaulospora* sp.; one *Scutellospora* sp.; and one *Gigaspora* sp.

**Key words :** AMF, Banten, diversity, sugar palm, West Java.

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Studi keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di hutan alam daerah pegunungan Jawa terutama di Jawa Barat, telah dilaporkan oleh beberapa peneliti, diantaranya: Delvian (2003) mengeksplorasi keanekaragaman FMA dari lahan pantai kawasan hutan lindung Leuwi Sancang Garut, Puspitasari *et al.* (2010) melaporkan penelitian keanekaragaman FMA dari hutan pantai Ujung Genteng, dan Kramadibrata (2012) mengeksplorasi keanekaragaman FMA dari Taman Nasional Ujung Kulon.

Keberadaan FMA dari rhizosfer tumbuhan di alam memiliki peranan penting karena sifatnya bersimbiosis secara mutualistik dengan hampir sekitar 90% jenis tumbuhan terestrial. FMA merupakan komponen mikroorganisme yang berperan aktif membantu tanaman untuk menyerap hara dan air dari lokasi yang tidak terjangkau oleh rambut akar (Smith & Read 1997).

Keanekaragaman FMA di dunia tercatat sekitar 250 jenis yang berasosiasi dengan tumbuhan yang tersebar dari daerah tropik sampai subtropik bahkan kutub utara (Schussler & Walker 2010; INVAM 2013). Di daerah tropik secara umum FMA berasosiasi dengan hampir semua tumbuhan, kecuali *Dipterocarpaceae*, karena kelompok tumbuhan ini berasosiasi dengan FMA ektomikoriza (Bearley 2012).

*Arenga pinnata* merupakan tanaman asli di wilayah kepulauan Indo-Malaya. Penyebaran tanaman aren mulai dari Pulau Sumatra sampai ke Papua. Tanaman aren paling banyak terdapat di wilayah Pulau Jawa (19

757 ha), Sulawesi (16 951 ha), Sumatera (15 802 ha), dan Kalimantan (1 816 ha) (Kementan 2013).

Pemanfaatan tanaman aren oleh masyarakat di daerah sentra sangat beragam. Masyarakat Jawa Barat (Cianjur, Banten, dan Garut) memanfaatkan aren sebagai sumber pembuatan gula merah, minuman tradisional (lahang), tepung sagu, dan kolang-kaling. Hasil nira tanaman aren dimanfaatkan sebagai minuman tradisional, diantaranya Sumatra Utara (tuak) dan Sulawesi Utara (saguer) (Mogea *et al.* 1991).

Potensi dari tanaman aren sangat tinggi dalam pemenuhan kebutuhan pangan dan alternatif energi terbarukan. Salah satu komponen pengembangan produksi yang perlu dikelola dengan baik ke depan dalam bentuk agribisnis tanaman aren, yaitu penyediaan benih bermutu dan pembibitan sebagai bahan tanam (BKPL 2007). Kendala yang dihadapi dalam pengembangan dan budidaya tanaman aren adalah ketersediaan bibit yang bermutu. Penurunan mutu bibit menjadi faktor memperlambat masa pindah tanam ke lapangan. Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan mutu bibit adalah cekaman lengas tanah. Cekaman lengas tanah mengakibatkan turunnya kandungan air dalam daun sehingga pertumbuhan bibit terhambat (Fathurrahman 2010).

Salah satu upaya untuk meningkatkan mutu bibit aren, yaitu pemanfaatan FMA. Pemanfaatan isolasi FMA alami dari tanaman lokal akan lebih efektif dibandingkan penggunaan isolat dari luar tempat tumbuh tanaman. Hal ini disebabkan FMA merupakan mikroorganisme yang hidup dengan daya adaptasi terhadap inang dan lingkungan yang spesifik. Perbedaan lokasi dan rhizosfer akan menghasilkan perbedaan

keanekaragaman spesies dan populasi FMA (Widiastuti dan Kramadibrata 1992). Oleh karena itu dilakukan penelitian mengenai isolasi dan karakterisasi jenis FMA pada rhizosfer aren yang merupakan langkah awal dalam memanfaatkan potensi FMA unggul lokal untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman lokal Jawa Barat, khususnya aren.

### Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman jenis Fungi Mikoriza Arbuskula dari bawah tegakan aren dari tiga kabupaten (Cianjur, Lebak, dan Banten).

## BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di tiga lokasi, yaitu Kabupaten Cianjur, Sukabumi (Provinsi Jawa Barat) dan Kabupaten Lebak (Provinsi Banten) pada Bulan Mei 2015.

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah yang diambil dari bawah tegakan aren, *aquadess*, larutan glukosa 60%, *polyvinyl alcohol lactoglycerol* (PVLG), dan *melzer's reagent*.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan spora (saringan betingkat tiga 500 µm, 125 µm, dan 45 µm) mikroskop binokuler Olympus CX-21, tabung *sentrifuse*, *sentrifuse*, pinset spora, kaca preparat, kaca penutup, pipet tetes, cawan petri, dan timbangan analitik.

### Prosedur Kerja

#### Pengambilan Contoh dan Analisis Tanah

Contoh tanah diambil dari bawah tegakan aren sebanyak 500 g pada setiap lokasi kabupaten. Pengambilan contoh tanah dilakukan dari zona rhizosfer dengan kedalaman 10 sampai 20 cm. Dari Cianjur diambil lima sampel tanah, Sukabumi (lima sampel tanah), dan Lebak (lima sampel tanah). Contoh tanah dilakukan analisis kimia untuk mengetahui beberapa sifat kimia contoh tanah, diantaranya kandungan N, P, K, KTK, pH, dan C organik.

#### Isolasi dan Karakterisasi Jenis Spora

Isolasi spora dari contoh tanah dilakukan dengan mengacu metode tuang dan saring basah (Gerderman & Nicolson 1963) dengan modifikasi sentrifugasi (Brundrett *et al.* 1999). Spora FMA yang diperoleh dari hasil isolasi selanjutnya diisolasi dan dibuat preparat dengan larutan PVLG untuk diidentifikasi. Pengamatan isolasi dan karakterisasi jenis FMA dilakukan berdasarkan ciri morfologi spora. FMA diidentifikasi

sampai tingkat genus dengan deskripsi genus FMA, yaitu berdasarkan bentuk, warna, dinding spora, ornamen, dan ukuran spora (Schenk & Perez 1988; Brundrett *et al.* 1996). Kerapatan jenis spora dianalisis per 50 g contoh tanah sebanyak lima ulangan, kemudian jenis spora dihitung jumlahnya dan ditentukan kerapatannya.

### Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif pada analisis kerapatan spora untuk karakterisasi jenis spora dari FMA.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Kerapatan Spora

Berdasarkan hasil isolasi contoh tanah dari tiga kabupaten ditemukan empat genus spora FMA, yaitu *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Scutellospora* sp., dan *Gigaspora* sp.. Genus *Glomus* sp. terdiri dari 7 jenis diikuti oleh *Acaulospora* sp. (5 jenis), sedangkan *Scutellospora* sp. dan *Gigaspora* sp. masing-masing hanya satu jenis spora. Tabel 1 menunjukkan kerapatan spora yang ditemukan.

Dari data Tabel 1, terlihat *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., dan *Scutellospora* sp. merupakan genus yang umum dijumpai, sementara satu jenis spora lainnya (*Gigaspora* sp.) ditemukan pada lokasi tertentu saja. Secara umum hasil pengamatan diperoleh bahwa *Glomus* sp. merupakan genus yang paling dominan, hal ini berhubungan dengan spesies *Glomus* sp. yang lebih banyak dibandingkan dengan genus lain.

Schussler dan Walker (2010), INVAM (2013) melaporkan bahwa dari 250 spora FMA yang sudah diidentifikasi mendapatkan *Glomus* sp. adalah jenis spora yang paling dominan (52.3%), diikuti *Acaulospora* sp. (20.9%), *Scutellospora* sp. (16.9%) dan *Gigaspora* sp. (4.7%). Demikian juga dengan beberapa laporan penelitian yang menunjukkan bahwa genus *Glomus* sp. banyak ditemukan pada berbagai daerah pengamatan dan jenis tanaman. *Glomus* sp. dominan di daerah pantai (Delvian 2003; Saidi 2006), lahan gambut (Ervayenri 1998), jati (Irmawati 2001; Maryadi 2001), bambu (Prastyo 2004), pisang raja nangka (Rainiyati 2007).

Kerapatan spora FMA pada contoh tanah yang berasal dari bawah tegakan aren di Sukabumi memiliki nilai kerapatan sebesar 417 spora per 50 g contoh tanah lebih tinggi dibandingkan dengan yang di Cianjur sebesar 387 spora per 50 g contoh tanah dan Lebak sebesar 223 spora per 50 g contoh tanah. Jenis spora yang paling tinggi kerapatannya ialah genus *Glomus* sp.1 sebesar 243 spora dan genus *Acaulospora* sp.1 sebesar 149 spora, sedangkan jenis spora yang memiliki kerapatan paling rendah ialah genus *Gigaspora* sp. sebesar 6 spora dari tiga kabupaten.

Tabel 1 Kerapatan spora FMA tiap 50 g contoh tanah dari tegakan aren di tiga lokasi kabupaten

Jenis spora FMA	Kerapatan spora		
	Sukabumi	Cianjur	Lebak
<i>Glomus</i> sp.1	107	56	80
<i>Glomus</i> sp.2	64	25	42
<i>Glomus</i> sp.3	15	4	5
<i>Glomus</i> sp.4	18	9	22
<i>Glomus</i> sp.5	38	14	3
<i>Glomus</i> sp.6	32	9	10
<i>Glomus</i> sp.7	20	6	6
<i>Acaulospora</i> sp.1	43	95	11
<i>Acaulospora</i> sp.2	20	83	7
<i>Acaulospora</i> sp.3	23	34	18
<i>Acaulospora</i> sp.4	8	15	12
<i>Acaulospora</i> sp.5	19	29	5
<i>Scutellospora</i> sp.1	4	8	2
<i>Gigaspora</i> sp.1	6	0	0
<b>Total</b>	<b>417</b>	<b>387</b>	<b>223</b>
<b>Rata-rata</b>	<b>29.78</b>	<b>27.64</b>	<b>15.92</b>

Tabel 2 Sifat kimia dan fisika tanah dari tiga lokasi

Lokasi	Sifat Kimia Tanah					Sifat Fisika Tanah
	pH (1:1)	N (%)	P (ppm)	K (mg/100g)	KTK (cmol/kg)	Tekstur 3 Fraksi
Sukabumi	5.0	0.18	17.9	795	24.30	lempung berdebu
Cianjur	4.5	0.40	11.1	840	40.27	lempung berdebu
Lebak	5.2	0.25	3.4	421	16.14	lempung berdebu

Hasil ekstraksi FMA dari berbagai lokasi menunjukkan bahwa genus *Glomus* sp. umumnya mempunyai kerapatan spora yang relatif tinggi dibandingkan dengan genus lainnya. Hal ini sesuai dengan penelitian Nadarajah dan Nawawi (1999) yang menyatakan bahwa kerapatan spora paling tinggi di lahan perkebunan di Malaysia ialah *Glomus fasciculatum* dengan 32 spora dalam 100 g tanah. Hal yang sama juga ditemukan pada tanah tegakan pohon manggis (*Garcinia mangostana* L.) yang didominasi oleh *Glomus etunicatum* dengan total 857 spora dalam 100 g tanah (Silviana *et al* 1999).

Perbedaan kerapatan dan distribusi jenis spora di tiga kabupaten diduga dipengaruhi oleh karakteristik ketiga lokasi pengambilan sampel pada rhizosfer yang berbeda, baik dari pH tanah, vegetasi maupun tipe penggunaan lahan. Widiastuti dan Kramadibrata (1992) menyatakan bahwa perbedaan lokasi dan rhizosfer tanaman menyebabkan perbedaan keanekaragaman spesies dan populasi FMA.

Faktor lingkungan (kelembaban tanah dan kesuburan tanah) turut berpengaruh dalam proses pembentukan spora (Rainiyati 2007). Pada lokasi Sukabumi dan Lebak dengan pH 5.0 dan pH 5.2 genus *Glomus* sp. banyak ditemukan pada setiap tegakan aren. Berbeda dengan lokasi Cianjur dengan pH 4.5 genus *Acaulospora* sp. lebih banyak ditemukan. pH optimum untuk perkembangan FMA adalah berkisar antara 5.6-7 untuk *Glomus* sp.; 4-6 untuk *Gigaspora* sp. dan 4-5 untuk *Acaulospora* sp (Setiadi 1992; Gunawan, 1993; Hepper, 1984 dalam Tuheteru 2003).

Kondisi lahan di Sukabumi terdapat beberapa vegetasi lainnya, diantaranya *Setaria laxa*, *Imperata*

*cylindrica*, *Fymbristilis ferrugeneae*, paku-pakuan (*Pteridophyta*), *Mikania* sp, *Axonopus*, *Agathis damara*, *Musaceae*, *Eupatorium odoratum*, *Cratoxylon* sp, dan *Colona scabra*. Hasil pengamatan genus *Gigaspora* sp. tidak ditemukan di Cianjur dan Lebak. Hal ini diduga genus *Gigaspora* sp. yang ditemukan di Sukabumi berasosiasi dengan tanaman *Setaria laxa* yang berada di sekitar tegakan aren. Hal ini didukung dengan hasil penelitian Tuheteru *et al.* (2007) yang menunjukkan bahwa *Gigaspora* sp. berasosiasi dengan jenis tanaman *Setaria laxa*, tanaman *Setaria laxa* hampir berasosiasi dengan semua jenis spora pada ekosistem savana.

Daerah Sukabumi tepatnya di kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat merupakan daerah yang tipe penggunaan lahannya tidak intensif dalam pengolahan. Tanaman aren di Sukabumi tumbuh dengan liar di bawah tegakan *Agathis damara* dengan dikelilingi semak-semak. Hal ini berbeda dengan tanaman aren di Cianjur dan Lebak, masyarakat memanfaatkan lahan dengan sistem tumpang sari dan *agroforestry* (sengon dengan aren).

Tipe penggunaan lahan di Sukabumi menghasilkan kerapatan spora dan distribusi jenis spora terbanyak. Diduga tipe penggunaan lahan yang tidak intensif secara pengolahan menghasilkan kerapatan spora dan distribusi jenis spora yang semakin banyak. Tipe penggunaan lahan di Cianjur dan Lebak adalah tipe penggunaan lahan yang intensif sehingga menghasilkan kerapatan spora dan distribusi jenis spora yang relatif sedikit dibandingkan dengan Sukabumi. Hal ini sesuai dengan penelitian Rini (2011) yang menyatakan bahwa rotasi tanaman beserta pengolahan lahan yang intensif (lebih dari dua kali dalam setahun) menurunkan populasi dan

keanekaragaman spesies FMA. Hasil yang sama dilaporkan oleh Oehl *et al* (2003) bahwa jumlah spora dan keanekaragaman spesies FMA tertinggi ditemukan pada lahan yang ditumbuhi rumput diikuti dengan lahan yang memperoleh input rendah-sedang, dan terendah pada lahan yang ditanami jagung terus menerus secara intensif.

### Karakterisasi Jenis Spora FMA

Karakter morfologi yang digunakan untuk mengidentifikasi 14 jenis spora adalah bentuk, warna, dinding spora, ornamen, dan ukuran spora. Karakterisasi tiap jenis spora FMA tercantum pada Tabel 3.

Taksonomi FMA dalam penelitian ini dibatasi hingga tingkat genus. Genus yang ditemukan dalam urutan terbanyak, yaitu: *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Scutellospora* sp. dan *Gigaspora* sp.. Jenis spora FMA yang ditemukan dalam contoh tanah dari bawah tegakan aren di tiga lokasi penelitian dan ditampilkan pada Gambar 1.

*Glomus* sp. adalah genus mikoriza dari family *Glomeraceae*. *Glomus* sp. adalah genus yang memiliki keberagaman jenis tertinggi dari yang lain. Beberapa ciri khas dari genus ini yaitu spora terbentuk secara tunggal ataupun berpasangan dua pada terminal hifa nongametangium yang tidak berdiferensiasi dalam *sporocarp*. Pada saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat. Spora berbentuk globose, sub-globose, ovoid, ataupun obovoid dengan dinding spora terdiri dari lebih dari satu lapis, berwarna hyaline sampai kuning, merah kecoklatan, coklat, dan hitam,

berukuran antara 20 – 400  $\mu\text{m}$  (Morton & Benny 1990; INVAM 2013).

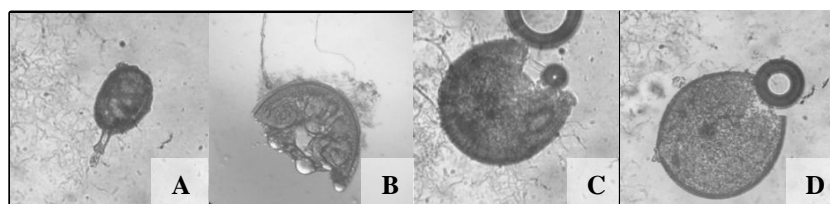
*Acaulospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Acaulosporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu memiliki 2-3 dinding spora, spora terbentuk di sisi samping leher *sporiferous saccule*, berbentuk globose hingga elips, berwarna hyaline, kuning, ataupun merah kekuningan, berukuran antara 100-400  $\mu\text{m}$  (Morton & Benny 1990; INVAM 2013).

*Scutellospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Gigasporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu spora dengan atau tanpa hiasan, spora terdiri dari dinding spora yang fleksibel, struktur spora berbentuk ovoid, obovoid, *pyriformis*, atau *irregular*. Proses terbentuknya spora pada *Scutellospora* sp. sama dengan pembentukan spora pada genus *Gigaspora* sp.. Pembeda genus *Gigaspora* sp. dengan *Scutellospora* sp. adalah pada *Scutellospora* sp. terdapat *germination shield*, dan pada saat berkecambah hifa akan keluar dari *germination shield* tersebut (Walker & Sanders 1986; INVAM 2013).

*Gigaspora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family *Gigasporaceae*. Genus ini memiliki ciri khas, antara lain yaitu spora dihasilkan secara tunggal di dalam tanah, tidak memiliki lapisan dinding spora dalam, terdapat *bulbous suspensor*, berbentuk globose atau sub-globose, berwarna krem hingga kuning, berukuran 125-600  $\mu\text{m}$  (Bentivenga & Morton 1995; INVAM 2013).

Tabel 3 Karakterisasi spora FMA dari tegakan aren di tiga lokasi kabupaten

Jenis spora FMA	Ciri-ciri spora				
	Bentuk	Warna	Dinding spora	Ornamen	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )
<i>Glomus</i> sp.1	Elips	Kuning	Tebal	Halus	85-110 x 97 <sup>-129</sup>
<i>Glomus</i> sp.2	Elips	Kuning kecoklatan	Tebal	Kasar	85-122 x 85 <sup>-122</sup>
<i>Glomus</i> sp.3	Bulat	Kuning kecoklatan	Tebal	Halus	87-110 x 80 <sup>-111</sup>
<i>Glomus</i> sp.4	Bulat	Coklat	Tebal	Halus	85-110 x 78 <sup>-106</sup>
<i>Glomus</i> sp.5	Bulat	Kuning kecoklatan	Tebal	Halus	73-103 x 73 <sup>-103</sup>
<i>Glomus</i> sp.6	Bulat	Kuning	Tebal	Kasar	90-211 x 90 <sup>-211</sup>
<i>Glomus</i> sp.7	Bulat	Kuning	Tebal	Halus	98-246 x 98 <sup>-246</sup>
<i>Acaulospora</i> sp.1	Bulat	Kuning	Tipis	Kasar	95-104 x 95 <sup>-104</sup>
<i>Acaulospora</i> sp.2	Bulat	Kuning kecoklatan	Tipis	Halus	86-120 x 86 <sup>-120</sup>
<i>Acaulospora</i> sp.3	Bulat	Kuning kecoklatan	Tipis	Halus	185-293 x 185 <sup>-317</sup>
<i>Acaulospora</i> sp.4	Bulat	Kuning	Tipis	Halus	320-344 x 343 <sup>-367</sup>
<i>Acaulospora</i> sp.5	Elips	Kuning	Tipis	Kasar	85-110 x 97 <sup>-129</sup>
<i>Scutellospora</i> sp.1	Elips	Kuning kecoklatan	Tebal	Kasar	85-122 x 85 <sup>-122</sup>
<i>Gigaspora</i> sp.1	Bulat	Kuning kecoklatan	Tebal	Kasar	87-110 x 80 <sup>-111</sup>



Gambar 1 Genus spora FMA dari contoh tanah di bawah tegakan aren di tiga lokasi kabupaten. A = *Glomus* sp.; B = *Acaulospora* sp.; C = *Scutellospora* sp.; D = *Gigaspora* sp..

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Terdapat empat genus FMA dari bawah tegakan aren di Jawa Barat (Sukabumi dan Cianjur) dan Banten (Lebak). Genus FMA yang berasosiasi dengan aren dari Jawa Barat dan Banten, yaitu: *Glomus* sp. (7 jenis), *Acaulospora* sp. (5 jenis), *Scutellospora* sp. (1 jenis), dan *Gigaspora* sp. (1 jenis).

### Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengidentifikasi jenis spora sampai ke aras spesies.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Dirjen DIKTI, Pimpinan Hutan Pendidikan Gunung Walat Fakultas Kehutanan IPB, Direktur SEAMEO BIOTROP dan Staf Laboratorium Silvikultur SEAMEO BIOTROP yang telah mendukung dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bentivenga SP, Morton JB. 1995. A monograph of the genus *Gigaspora*, Incorporating development patterns of morphological characters. *Mycologia*. 87:720-732.
- Bearley FQ. 2012. Ecthomycorrhizal association of the *Dipterocarpaceae*. *Biotropica*. 4(5):637-648.
- [BPKPL] Balai Penelitian Kelapa dan Palma Lain (ID). 2007. Sumber benih dan teknologi pembibitan aren [Internet]. [diunduh 2014 Maret 2]; Tersedia pada: <http://puslitbangbun@litbang.deptan.go.id>.
- Brundrett M, Dells B, Grove T, Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): ACIAR
- Brundrett M, Abbott LK, Jasper JA. 1999. Glomalean mycorrhizal fungi from tropical Australia. I. Comparison of the effectiveness and specificity of different isolation procedures. *Mycorrhiza*. 8:305-314.
- Delvian. 2003. Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di hutan pantai dan potensi pemanfaatannya. Studi kasus di hutan cagar alam Leuwueng Sancang Kabupaten Garut Jawa Barat [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ervayenri. 1998. Studi keanekaragaman dan potensi inokulum cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di lahan gambut (studi kasus di Kabupaten Bengkalis, Provinsi Riau) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fathurrahman. 2010. Vigor kekuatan tumbuh bibit aren terhadap kekeringan pada media tumbuh campuran tanah dan bahan organik [tesis]. Sulawesi Tengah (ID): Universitas Tadulako.
- Gerdemann JW, Nicolson. 1963. Spores of mycorrhizae Endogone extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans Br Mys Soc*. 46:235-244.
- [INVAM]. 2013. International culture collection of Vesikular Arbuscular Mychorizal fungi (US). 2014.
- The Fungi: classification, nomenclature and species descriptions [Internet]. [diunduh 2014 Maret 3]; Tersedia pada: <http://invam.caf.wvu.edu>
- Irmawati. 2001. Status dan keanekaragaman jenis cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di bawah tegakan klonal jati (*Tectona grandis* Linn. f.) pada umur 4-7 tahun di kebun benih klonal Padangan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Kementan] Kementerian Pertanian (ID). 2013. Basis data statistik pertanian [Internet]. [diunduh 2015 Februari 26]; Tersedia pada: <http://aplikasi.pertanian.go.id>
- Kramadibrata. 2012. Jamur arbuskula di Taman Nasional Ujung Kulon. *Berita Biol*. 11(2):205-209.
- Kramadibrata. 2013. Keanekaragaman Glomeromycota di kebun raya Baturaden dan sekitarnya di Gunung Slamet. *Berita Biol*. 11(2):217-222.
- Maryadi, F. 2001. Status dan keanekaragaman jenis cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di bawah tegakan kebun benih klonal (KBK) jati (*Tectona grandis* Linn. f.) Padangan [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Mogea J, Seibert B, Smits W. 1991. Multipurpose palms: the sugar palm (*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.). *Agroforest syst*. 13:111-129.
- Morton JB, Benny GL. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (*Zygomycetes*). *Mycotaxon*. 37:471-491.
- Nadarajah P, Nawawi A. 1999. VAM fungi in Malaysian plantations and grassland. Di dalam: Smith FA, Kramadibrata K, Simanungkalit RDM, Sukarno N, Nuhamara ST, editor. *Proceedings of International Conference on Mycorrhizal in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem*; 1997 Okt 27-30; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Research and Development Center for Biology LIPI-IPB-The University of Adelaide. hlm 91-95.
- Nuhamara ST. 1999. Mycorrhiza: structure, function and its implicative association. Di dalam: Smith FA, Kramadibrata K, Simanungkalit RDM, Sukarno N, Nuhamara ST, editor. *Proceedings of International Conference on Mycorrhizal in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem*; 1997 Okt 27-30; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Research and Development Center for Biology LIPI-IPB-The University of Adelaide. hlm 19-24.
- Oehl F, Sieverding E, Ineichen K, Mader P, Boller T, Wiemken A. 2003. Impact of land use intensity on the species diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems of Central Europe. *Appl Environ Microbiol*. 69(5): 2816-2824.
- Prastyo, H. 2004. Cendawan mikoriza arbuskula pada bambu [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Puspitasari RT, Sukarno N, Kramadibrata K, Setiadi D. 2010. Identifikasi jamur mikoriza arbuskula asal hutan pantai Ujung Genteng, Sukabumi- Jawa Barat. Di dalam: Semangun H, Karwur FF, Martosupono M, Notosudarmo S, editor. *Prosiding Cakrawala Pemikiran Teori Evolusi Dewasa ini*; 2009 November 24-25; Salatiga, Indonesia. Salatiga (ID):

- Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga. hlm 309-326.
- Rainiyati. 2007. Status dan keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskula pada pisang raja nangka dan potensi pemanfaatannya untuk peningkatan produksi pisang asal kultur jaringan di Kabupaten Merangin, Propinsi Jambi [diseriasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rini MV. 2011. Populasi dan keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula pada tiga tipe penggunaan lahan yang berbeda di Sumber Jaya Lampung. Di dalam: Budi SW, Turjaman M, Mardatin NF, Nusantara AD, Trisilawati O, Sitepu IR, Wulandari AS, Riniarti M, Setyaningsih L, editor. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza II*; 2007 Jul 17-21; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP. hlm 177-181.
- Saidi AB. 2006. Status mikoriza hutan pantai dan hutan mangrove pasca tsunami (studi kasus di mangrove Aceh Darussalam dan Nias) [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Schenk NC, Perez Y. 1988. *Manual for Identification of VA Mycorrhizal Fungi*. Ed ke-2. Gainesville (US): Univ of Florida.
- Schussler A, Walker C. 2010. The Glomeromycota. A species list of with new families and new genera [Internet]. [diunduh pada 2014 Jun 17]; Tersedia pada: <http://amf-phylogency.com>
- Silviana, Gunawan AW, Kramadibrata K. 1999. Biodiversity AMF in the rhizospheres of mangosteen. Di dalam: Smith FA, Kramadibrata K, Simanungkalit RDM, Sukarno N, Nuhamara ST, editor. *Proceedings of International Conference on Mycorrhizal in Sustainable Tropical Agriculture and Forest Ecosystem*; 1997 Okt 27-30; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): Research and Development Center for Biology LIPI-IPB-The University of Adelaide. hlm 97-100.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd ed. San Diego (US): Academic Press.
- Tuheteru FD. 2003. Aplikasi asam humat terhadap sporulasi CMA dari bawah tegakan alami Sengon [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tuheteru FD, Basri A, Budiarti WS, Ibrahim S. 2007. Keanekaragaman FMA pada ekosistem hutan dan savana di Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara Indonesia. Di dalam: Budi SW, Turjaman M, Mardatin NF, Nusantara AD, Trisilawati O, Sitepu IR, Wulandari AS, Riniarti M, Setyaningsih L, editor. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza II*; 2007 Jul 17-21; Bogor, Indonesia. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP. hlm 210-217.
- Walker C, Sanders FE. 1986. Taxonomic concepts in the endogoneae: III. The separation of *Scutellospora* gen. nov. from *Gigaspora* Gerd & Trappe. *Mycotaxon*. 27: 169-182.
- Widiastuti H, Kramadibrata K. 1992. Jamur mikoriza bervesikula arbuskula di beberapa tanah masam dari Jawa Barat. *Menara Perkeb.* 61:13-20.