

STATUS DAN KEANEKARAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DI LAHAN AGROFORESTRI

Status and Diversity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agroforestry Lands

Rahmat Saputra¹, Nurheni Wijayanto², Irdika Mansur²

(Diterima November 2018/Disetujui September 2020)

ABSTRACT

Coffee is one of the leading commodities in Indonesia. These plants are usually cultivated with agroforestry systems. The agroforestry system was chosen because it can increase crop productivity. But there are still many factors that can affect productivity such as Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF). This study aims to analyze the relationship between the number of spores, the percentage of colonization, and the diversity of AMF. The result showed that the highest percentage of colonization and the number of spores found in land 3. The agroforestry component affects the presence of AMF. The percentage of colonization and the number of spores from AMF is generally directly proportional. Diversity of AMF spores morphological type, among others Glomus has 9 forms, Acaulospora has 5 forms, Dentiscutata has 5 forms, Entrophospora has 4 forms, and Gigaspora has 1 form.

Keywords: Acaulospora, Dentiscutata, Entrophospora, Gigaspora, Glomus

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara dengan potensi lahan yang besar memiliki beragam teknik dan sistem penggunaan lahan. Sistem agroforestri menjadi salah satu yang sering digunakan dalam penggunaan lahan. Manfaat yang besar dari sistem tersebut, membuat sistem ini dipilih. Kopi adalah salah satu tanaman potensial yang sangat cocok dibudidayakan dan dikembangkan dengan sistem agroforestri. Komoditas ini menjadi komoditas andalan dalam ekspor dan sumber pendapatan devisa negara (Rahardjo 2012; Syakir 2010). Lahan agroforestri memadukan tanaman yang beragam sehingga pemilihan tanaman harus tepat untuk mencapai manfaat yang optimal (Arifin *et al.* 2009). Banyak faktor yang mempengaruhi produktivitas tanaman di lahan agroforestri (Arifin *et al.* 2009). Selain pemilihan tanaman untuk agroforestri maka interaksi antar faktor perlu diperhatikan. Organisme di dalam tanah menjadi penting untuk diamati karena berperan besar dalam produktivitas lahan sebagai target utama dalam budidaya.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah fungi yang bersimbiosis pada akar tanaman (Smith & Read 2008; Nurhalimah *et al.* 2014; Warouw & Kainde 2010). FMA memiliki banyak manfaat untuk tanaman diantaranya meningkatkan pertumbuhan dan melindungi akar dari penyakit akar (Martin *et al.* 2012; Ahmed *et al.* 2013). Manfaat tersebut membuat FMA diasumsikan berperan dalam produktivitas lahan. Penelitian mengenai FMA di lahan agroforestri masih sedikit sehingga masih banyak yang harus diteliti di bidang tersebut. Agroforestri dengan komponennya yang beragam memungkinkan dapat membuat organisme di dalam tanah juga beragam

seperti FMA. Keanekaragaman FMA di lahan agroforestri bisa dipengaruhi komponen agroforestri yang dipilih. Komponen agroforestri memiliki peran sebagai penaung atau penghasil maka memungkinkan keanekaragaman FMA dapat berbeda berdasarkan jarak antara penaung dan penghasil. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) menelaah hubungan antara persentase kolonisasi, jumlah spora, dan keanekaragaman FMA pada lahan agroforestri sederhana dan kompleks serta (2) menelaah hubungan antara persentase kolonisasi dan jumlah spora dari FMA pada komponen agroforestri.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada November 2017 sampai Juli 2018. Lokasi penelitian untuk pengambilan sampel berada di BKPH Banjaran, KPH Bandung Selatan serta tempat pengamatan sampel penelitian di Laboratorium Teknologi Mikoriza dan Peningkatan Kualitas Bibit Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan IPB. Lahan yang diteliti terdiri dari lahan agroforestri kompleks 1 (kopi, ekaliptus, nangka, dan suren), lahan agroforestri sederhana (kopi dan suren), serta lahan agroforestri kompleks 2 (kopi, cabe gendot, lokat, wortel, dan suren).

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan, yaitu cangkul, pisau belati, spidol, counter, sieve (satu set penyaring berukuran diameter mata saring 500 µm, 125 µm, dan 63 µm), gelas piala (Beaker glass), tabung sentrifugasi, cawan Petri, penyaring teh, pinset, object glass, cover slip, jarum, tusuk gigi, mikroskop stereo, dan mikroskop compound. Bahan yang digunakan, yaitu tanaman kopi (*Coffea arabica*), kantong plastik, kertas label, contoh tanah yang telah dikompositkan, air, sukrosa 60%, spora hasil

¹ Mahasiswa Pascasarjana Program Studi Silvikultur Tropika, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

* Penulis korespondensi:
e-mail: rahmatsaputra.270592@gmail.com

² Dosen Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor

penyaringan, larutan PVLG atau polyvinil lactoglycerol, air destilata, KOH 10%, HCl 2%, larutan laktogliserin atau *destaining*, dan larutan pewarna biru tripan.

Prosedur Penelitian

A. Pengambilan Contoh Tanah dan Akar

Metode yang digunakan untuk pengambilan contoh tanah dan akar menurut Nusantara *et al.* (2012). Luasan atau areal yang akan diteliti potensi FMA ditentukan terlebih dahulu dan diperhatikan sebaran nabatah, kelerengan, budidaya tanaman, dan sebagainya. Akar tanaman beserta tanah diangkat dengan bantuan cangkul. Jenis pohon sebagai tanaman inang, diduga terlebih dahulu letak ujung akar (dirunut dari akar lateral yang besar). Kemudian digali menggunakan pisau belati agar tidak merusak akar tanaman. Akar yang dikumpulkan adalah akar berdiameter < 1 mm. Lalu diambil dari beberapa titik pengamatan yang memiliki nabatah hampir sama dan dijadikan satu agar menjadi contoh komposit. Setiap tanaman inang diwakili oleh satu contoh komposit tanah dan akar.

B. Ekstraksi Spora

Metode yang digunakan untuk ekstraksi spora menurut Nusantara *et al.* (2012). Contoh tanah dimasukkan ke dalam wadah, air ditambahkan secukupnya. Agregat tanah dapat dihancurkan dengan diremas menggunakan tangan yang selanjutnya dilakukan pengadukan. Akar-akar tanaman yang menempel di agregat atau bongkah tanah dapat dikeluarkan. Akar sebaiknya tidak dibuang, akar dapat digunakan untuk prosedur berikutnya karena kebanyakan dari FMA membentuk spora intraradikal kecuali *Gigaspora* sp. dan beberapa genus FMA lainnya. Suspensi tanah dan akar dituangkan ke penyaring bertingkat.

C. Identifikasi Morfologi Spora

1. Populasi Spora

Populasi spora ditentukan berdasarkan jumlah spora hasil penyaringan (*sieving*). Cawan Petri disiapkan dan dibuat garis grid pada bagian bawahnya, masing-masing selebar 0.5 cm atau 1.0 cm tergantung kepada jumlah spora. Jumlah spora dihitung dengan bantuan mikroskop pada setiap bidang pandang sampai seluruh cawan Petri teramat. Jumlah spora dinyatakan dalam spora per 50 g tanah (Brundrett *et al.* 1996).

2. Pembuatan Preparat Kering

Object glass disiapkan, pada bagian sebelah kiri ditetaskan larutan PVLG dan bagian sebelah kanan ditetaskan larutan Melzer. Spora sejenis 5-10 bentuk diletakkan pada setiap tetes larutan tersebut, kemudian masing-masing bagian ditutup dengan *cover slip*. Spora dipecahkan dengan cara ditekan permukaan *cover slip* dengan tusuk gigi. Bila sudah kering, diolesi tepi *cover slip* dengan *cutex* yang

jernih agar *cover slip* tidak lepas sekaligus mencegah masuknya kotoran. Ciri morfologi spora yang diamati untuk genus adalah berdasarkan ukuran, warna, lapisan dinding sel, ornamen, dan bentuk hifa yang melekat pada dinding spora (*bulbous suspensor*, dudukan hifa, atau *subtending hyphae*) sedangkan ciri morfologi dalam membedakan spesies adalah warna dan bentuk. Gambar spora diambil dengan kamera digital (Brundrett *et al.* 1996).

D. Pewarnaan Akar

Metode yang digunakan untuk pewarnaan akar menurut Phillips & Hayman (1970). Akar dicuci sampai bersih dengan air destilata, pencucian 3 kali biasanya sudah cukup bersih. Selanjutnya direndam dalam KOH 2.5% selama 2 hari. Akar dicuci dengan air 3-5 kali, digunakan penyaring teh sebagai wadah. Jika akarnya masih tetap berwarna kelam, direndam kembali semalam. Kemudian dicuci dengan air 3-5 kali. Lalu direndam akar dalam HCl 2% selama 12 jam sampai pH larutan mencapai 0.8-1.4. Akar direndam dalam larutan pewarna biru tripan dingin selama 12-18 jam. Berikutnya direndam dalam larutan *destaining* untuk menghilangkan kelebihan larutan pewarna biru tripan. Akar dipotong sepanjang < 1 cm dan kemudian diletakkan berjajar pada *object glass*. Setiap 5 potong akar ditutup dengan sebuah *cover slip*. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase akar terkolonisasi sebagai berikut.

$$\text{Persentase akar terkolonisasi} = \frac{\sum \text{bidang pandang bermikoriza}}{\sum \text{bidang pandang pengamatan}} \times 100\%$$

E. Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan untuk dianalisis terbagi menjadi variabel mikoriza dan variabel lingkungan. Variabel mikoriza seperti keanekaragaman FMA, jumlah spora, dan persentase kolonisasi sedangkan variabel lingkungan seperti pH, C/N, ketinggian, curah hujan, C organik, kadar air, suhu, kelembaban, N total, K total, P total, dan P tersedia.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Agroforestri di Perkebunan Malabar

Perkebunan Malabar adalah salah satu perkebunan kopi di Indonesia. Lahan di perkebunan ini memiliki luas ± 150 ha yang terbagi ke dalam beberapa lahan. Sistem agroforestri diterapkan pada perkebunan tersebut. Setiap lahan memiliki komponen agroforestri yang berbeda. Keunikan dari teknik budidaya di perkebunan ini, terdapat rorak di setiap lahannya yang berguna dalam pengomposan. Agroforestri yang digunakan meliputi agroforestri sederhana dan kompleks. Kopi dan suren menjadi komponen pada agroforestri sederhana yang mendominasi. Kemudian komponen pada agroforestri kompleks, yaitu kopi, nangka, suren, ekaliptus, pinus, kayu manis, ki badak, dan lain-lain. Varietas kopi di

perkebunan Malabar juga beragam seperti Sigarar Utang, Andungsari, Yellow Caturra, dan lain-lain.

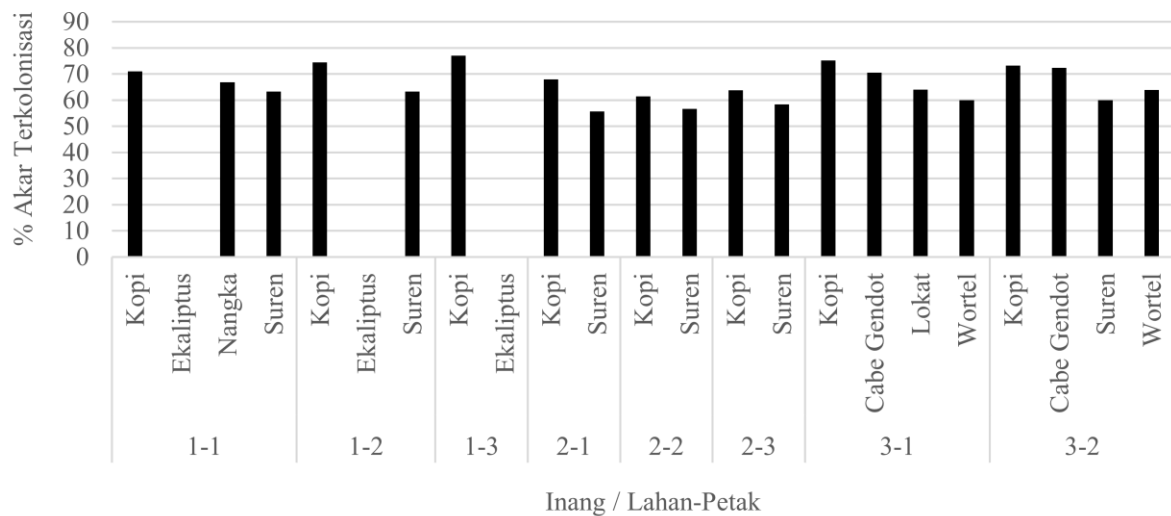
B. Persentase kolonisasi, jumlah spora, dan keanekaragaman FMA pada lahan agroforestri di Perkebunan Malabar

Keberadaan FMA pada tanaman dapat dilihat melalui persentase kolonisasi dan jumlah spora. Pada tanaman, status FMA diketahui melalui pengamatan persentase kolonisasi FMA pada akar tanaman. Kemudian keanekaragaman FMA dilihat dari tipe morfologi spora FMA yang ditemukan melalui pengamatan mikroskopis. Hasil pengamatan mengenai FMA disajikan pada Tabel 1.

Pada Tabel 1, lahan 3 memiliki persentase kolonisasi dan jumlah spora yang lebih tinggi. Persentase kolonisasi dan jumlah spora diasumsikan berbanding lurus dengan keanekaragaman pada komponen agroforestri. Selain itu, komponen agroforestri yang beragam memiliki tipe morfologi spora FMA yang lebih banyak. Simbiosis

FMA mudah terjadi pada tanaman yang masih muda sehingga persentase kolonisasi, jumlah spora, dan keanekaragaman FMA lebih tinggi. Umur tanaman pada lahan 3 masih tergolong muda sekitar ± 2 tahun sedangkan pada lahan 1 dan 2 relatif tergolong tua sekitar > 10 tahun. FMA diasumsikan dapat dipengaruhi oleh umur tanaman karena umur tanaman yang masih muda membuat FMA mudah berkolonisasi pada perakaran tanaman.

FMA yang dapat bersimbiosis dengan tanaman memiliki tanda kolonisasi sehingga membuktikan terjadinya simbiosis. Hal tersebut bisa dihitung dengan menggunakan persentase akar terkolonisasi. Kolonisasi akar oleh FMA untuk setiap tanaman di lahan agroforestri disajikan pada Gambar 1. Tingkat kolonisasi pada setiap tanaman tergolong tinggi berdasarkan O'Connor *et al.* 2001. Semua tanaman di lahan agroforestri dapat bersimbiosis dengan FMA kecuali Ekaliptus (*Eucalyptus urophylla*). Ekaliptus adalah salah satu jenis tanaman yang bersimbiosis dengan ektomikoriza. Simbiosis tidak dapat terjadi dengan



Gambar 1 Kolonisasi akar oleh FMA pada contoh tanah dari Gunung Malabar

Tabel 1 Persentase kolonisasi, jumlah spora, dan tipe morfologi spora FMA pada lahan pengamatan

Lahan	PC	Komponen Agroforestri	Persentase Kolonisasi (%)	Jumlah Spora (spora / 50 g tanah)	Tipe Morfologi (bentuk)
1	1	K, E, N, S	50.3	258	7
	2	K, E, S	45.9	212	9
	3	K, E	38.5	129	9
Jumlah			134.7	599	25
Rata-Rata			44.9	200	9
2	1	K, S	61.9	215	9
	2	K, S	59.1	127	6
	3	K, S	61.1	165	7
Jumlah			182.1	507	22
Rata-Rata			60.7	169	8
3	1	K, C, L, W	67.4	273	9
	2	K, C, S, W	67.4	287	9
Jumlah			134.8	560	18
Rata-Rata			67.4	280	9

Keterangan: PC = Petak Contoh, K = Kopi, E = Ekaliptus, N = Nangka, S = Suren, C = Cabe Gendot, L = Lokat, W = Wortel

tanaman tersebut dikarenakan FMA adalah endomikoriza. Mikoriza bersifat spesifik dalam bersimbiosis. Hal ini sesuai dengan Smith & Read (2008) yang menyatakan bahwa simbiosis mikoriza dipengaruhi inang dan fungsi sehingga bersifat khusus saat berinteraksi.

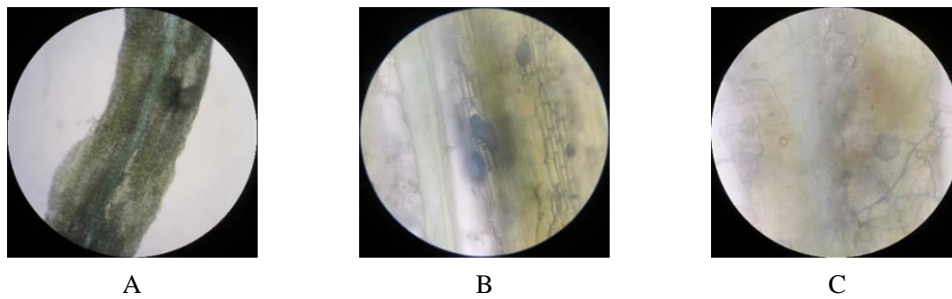
Kopi memiliki persentase kolonisasi terhadap FMA yang tertinggi diantara tanaman lainnya. Kemudian untuk tanaman kehutanan, tanaman kelompok MPTS (*Multi Purpose Tree Species*) memiliki persentase yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kelompok penghasil kayu. Persentase kolonisasi dapat dipengaruhi oleh unsur hara di dalam tanah seperti unsur P (Simamora *et al.* 2015a; Karimani *et al.* 2014). P-tersedia yang rendah memiliki persentase kolonisasi lebih tinggi. Pada Gambar 1, lahan 3 memiliki persentase yang tertinggi dan P-tersedia yang terendah sebesar 8.86 ppm. Hal ini sesuai dengan Simamora *et al.* (2015a) yang menyatakan bahwa kolonisasi FMA yang tinggi dapat dipengaruhi oleh P-tersedia yang rendah.

Pengamatan akar yang dilakukan di laboratorium memperlihatkan beberapa tanda kolonisasi yang berbeda, contoh tanda kolonisasi FMA disajikan pada Gambar 2. Tanda kolonisasi meliputi hifa, vesikul, dan arbuskul.

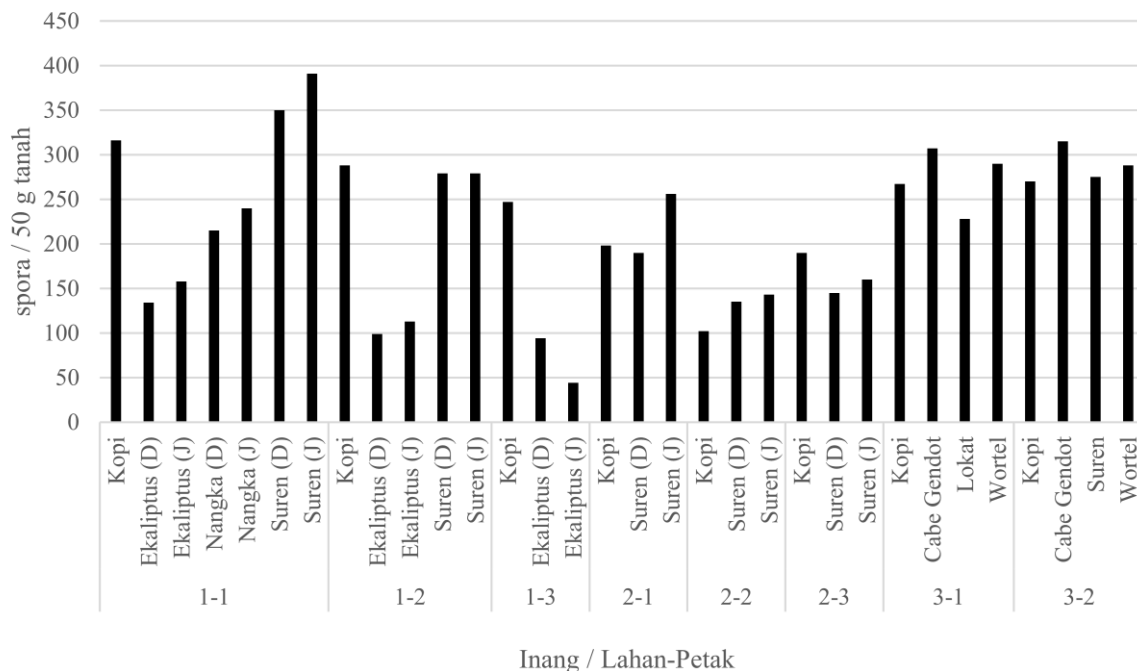
Hifa dan vesikul adalah tanda kolonisasi yang sering dijumpai saat pengamatan sedangkan arbuskul adalah tanda kolonisasi yang sulit dijumpai saat pengamatan. Keberadaan hifa sangat mudah untuk dijumpai dikarenakan jangkauan kolonisasinya tergolong luas. Hal ini sesuai dengan Ura *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa hifa menjadi tanda kolonisasi yang mudah ditemukan saat pengamatan akar. Akar yang akan diamati harus cepat diberikan perlakuan agar tanda kolonisasinya tidak berkurang (Simamora *et al.* 2015a).

Vesikul pada akar memiliki bentuk yang berbeda. Pada pengamatan ditemukan beberapa bentuk dari vesikul antara lain bulat, lonjong, dan tidak beraturan. Bentuk bulat ditemukan pada semua sampel. Kemudian hanya akar kopi yang memiliki bentuk vesikul lonjong dan tidak beraturan. Oleh karena itu, diasumsikan bahwa bentuk vesikul pada setiap tanaman bisa berbeda. Hal ini sesuai dengan Simamora *et al.* (2015b) yang menyatakan bahwa vesikul berbentuk bulat dan lonjong ditemukan pada beberapa sampel objek pengamatan.

Setelah pengamatan akar dilakukan maka pengamatan spora yang selanjutnya dilakukan. Hasil pengamatan jumlah spora tidak berbeda dari persentase akar terkolonisasi. Kepadatan jumlah spora FMA



Gambar 2 Beberapa contoh tanda kolonisasi di akar: (a) tidak ada kolonisasi mikoriza pada akar *E. urophylla*, (b) tanda kolonisasi berupa hifa, vesikul, dan arbuskul pada akar *C. chinense*, (c) vesikul berbentuk tidak beraturan pada akar *C. arabica*



Gambar 3 Kepadatan jumlah spora FMA pada contoh tanah dari Gunung Malabar

disajikan pada Gambar 3. Jumlah spora dan persentase akar terkolonisasi pada sebagian tanaman berbanding lurus. Hal ini sesuai dengan Simamora *et al.* (2015a) yang menyatakan bahwa persentase kolonisasi membuktikan simbiosis FMA telah terjadi sedangkan jumlah spora menjadi hasil dari simbiosis tersebut sehingga memungkinkan berbanding lurus.

Pada lahan 1, hanya ekaliptus yang jumlah sporanya paling sedikit. Spora tersebut diasumsikan berasal dari tumbuhan bawah di sekitarnya dikarenakan persentase akar terkolonisasi dari ekaliptus, yaitu 0%. Jika kolonisasi tidak terjadi pada tanaman tersebut maka jumlah spora yang dihasilkan memiliki status lain. Hal ini sesuai dengan Kramadibrata (2002) yang menyatakan bahwa persentase kolonisasi memperlihatkan status FMA pada tanaman atau tumbuhan yang diamati. Kemudian spora yang dihasilkan sedikit karena kemungkinan besar terjadi persaingan kolonisasi. Persaingan kolonisasi diasumsikan dapat terjadi dikarenakan daerah kolonisasi terbagi ke dalam ektomikoriza dan endomikoriza.

Spora FMA yang ditemukan memiliki tipe morfologi yang beragam. Informasi mengenai spora FMA disajikan pada Tabel 2. Genus FMA yang sering

dijumpai adalah *Glomus*. Semua tanaman terdapat genus tersebut tetapi tipe morfologinya berbeda-beda. *Acaulospora*, *Dentiscutata*, dan *Entrophospora* adalah genus FMA yang jarang dijumpai. Pada lahan 1 dan lahan 2, genus tersebut dapat ditemui. Genus dari FMA yang sulit dijumpai adalah *Gigaspora* dimana hanya ditemukan pada lahan 1. Kemudian pada lahan 1 dan lahan 3, *Dentiscutata* dapat ditemukan sedangkan *Entrophospora* dapat ditemukan pada setiap lahan yang diamati. Pengamatan lanjutan sampai tingkat spesies sangat diperlukan dalam menemukan spesies unggul untuk produktivitas tanaman.

Keanekaragaman FMA ditentukan berdasarkan perbedaan spora yang ditemukan. FMA yang beragam dari sampel yang diambil di lapangan disajikan pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7, dan Gambar 8. Salah satu dari genus FMA yang sulit dijumpai adalah *Gigaspora*. Hal ini sesuai dengan Sianturi *et al.* (2015), Zulfredi *et al.* (2015), dan Sihombing *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa *Glomus* dan *Acaulospora* adalah jenis yang sering ditemukan di seluruh contoh tanah pengamatan. *Gigaspora* biasanya berukuran besar dari spora lainnya sehingga ditemukan pada saringan 250 μm . Namun ukuran bukan hanya tanda genus tersebut saat

Tabel 2 Spora FMA yang ditemukan dari contoh tanah di Gunung Malabar

Lahan	PC	Gi	Gl	Ac	De	En	Inang	
		(bentuk)						
1	1	-	3	-	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		1	2	-	-	-	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - D)	
		-	3	-	-	-	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - J)	
		-	3	-	-	-	Nangka (<i>A. heterophyllus</i> - D)	
		-	3	-	-	-	Nangka (<i>A. heterophyllus</i> - J)	
		-	3	-	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - D)	
	2	2	-	3	-	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - J)
			-	3	-	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)
			-	3	-	-	-	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - D)
		-	2	1	-	-	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - J)	
		-	3	1	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - D)	
		-	2	2	1	-	Suren (<i>T. sureni</i> - J)	
3	-	3	-	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)		
	-	2	-	1	-	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - D)		
	-	4	-	1	1	Ekaliptus (<i>E. urophylla</i> - J)		
2	1	-	1	-	-	2	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		-	1	2	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - D)	
		-	2	1	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - J)	
	2	-	2	-	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		-	2	1	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - D)	
		-	2	-	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - J)	
	3	-	2	1	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		-	2	-	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - D)	
		-	3	-	-	-	Suren (<i>T. sureni</i> - J)	
3	1	-	3	-	-	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		-	4	-	-	-	Cabe Gendot (<i>C. chinense</i>)	
		-	3	-	1	-	Lokat (<i>E. japonica</i>)	
	2	-	3	-	-	-	Wortel (<i>D. carota</i>)	
		-	2	-	1	-	Kopi (<i>C. arabica</i>)	
		-	4	-	-	1	Cabe Gendot (<i>C. chinense</i>)	
		-	4	-	1	-	Suren (<i>T. sureni</i>)	
-	3	-	-	-	Wortel (<i>D. carota</i>)			

Keterangan: PC = Petak Contoh, Gi = Gigaspora, Gl = Glomus, Ac = Acaulospora, De = Dentiscutata, En = Entrophospora, D = Dekat dari perakaran, J = Jauh dari perakaran

melakukan pengamatan. Ornamen berupa *bulbous suspensor* menjadi tanda utama genus tersebut. Hal ini yang membuat genus tersebut sulit ditemukan.

keanekaragaman FMA yang tertinggi. Persentase akar terkolonisasi dan jumlah spora pada sebagian tanaman berbanding lurus. Salah satu faktor lingkungan yang mempengaruhi FMA adalah unsur hara dimana tinggi rendahnya unsur P-tersedia mempengaruhi persentase kolonisasi oleh FMA.

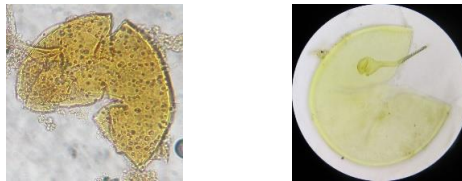
SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

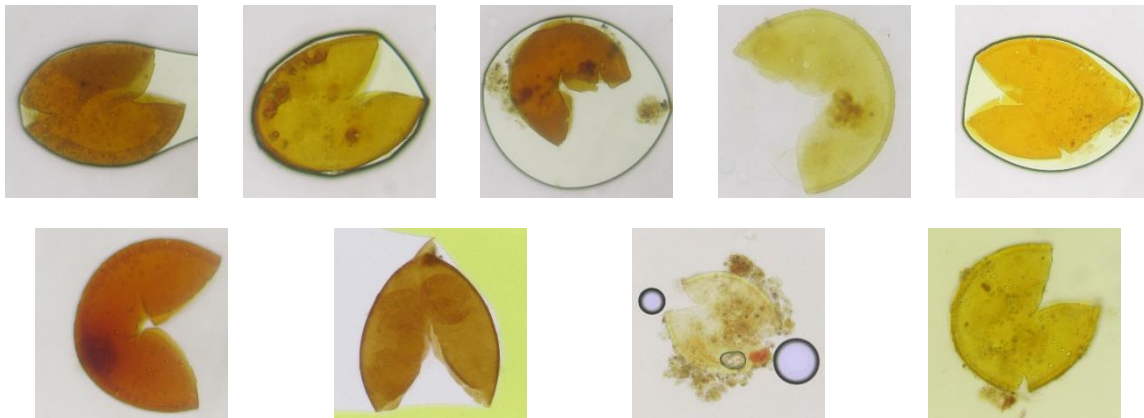
Persentase kolonisasi, jumlah spora, dan keanekaragaman FMA dapat dipengaruhi oleh komponen agroforestri yang beragam. Komponen agroforestri berupa kopi, cabe gendot, suren, dan wortel memiliki persentase kolonisasi, jumlah spora, dan

Saran

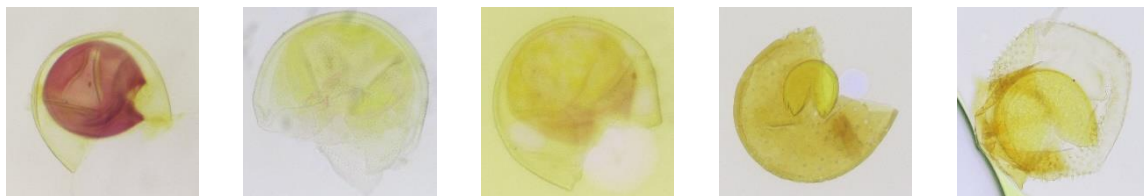
Pengamatan FMA sampai tingkat jenis pada komponen agroforestri yang diamati sangat diperlukan. Informasi tersebut berguna dalam mengetahui jenis berpotensi untuk pertumbuhan tanaman sebelum perlakuan penangkaran.



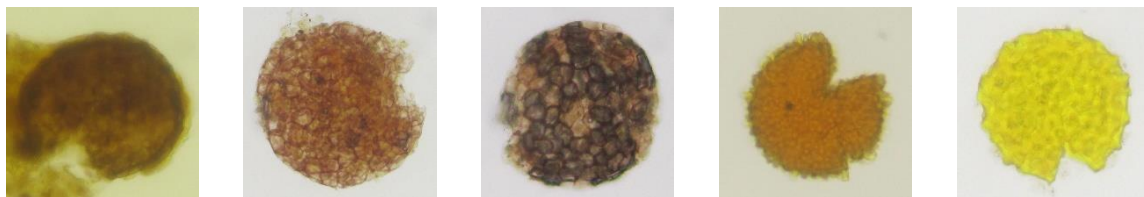
Gambar 4 Tipe morfologi dari genus *Gigaspora* yang ditemukan: (a) menggunakan Melzer dan (b) menggunakan PVLG



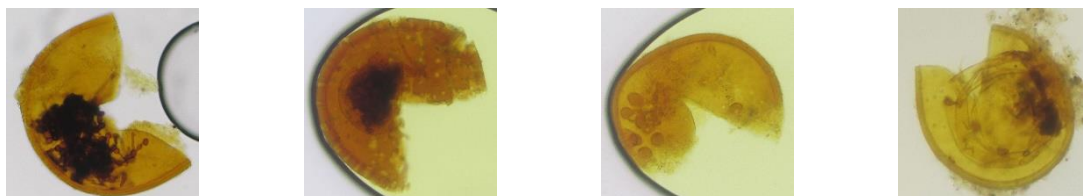
Gambar 5 Tipe morfologi dari genus *Glomus* yang ditemukan (menggunakan Melzer)



Gambar 6 Tipe morfologi dari genus *Acaulospora* yang ditemukan (menggunakan Melzer)



Gambar 7 Tipe morfologi dari genus *Dentiscutata* yang ditemukan (menggunakan Melzer)



Gambar 8 Tipe morfologi dari genus *Entrophospora* yang ditemukan (menggunakan Melzer)

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed KH, Krammer J, Steinkellner S. 2013. The intercropping partner affects arbuscular mycorrhizal fungi and *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* interactions in tomato. *Mycorrhiza*. 23:543-550.
- Arifin HS, Wulandari C, Pramukanto Q, Kaswanto RL. 2009. *Analisis Lanskap Agroforestri*. Bogor (ID): IPB Press.
- Asrar AWA, Elhindi KM. 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. *Bio Sci*. 18:93-98.
- Brundrett MC, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agricultural Research.
- Correa E, Carvalhais L, Utida M, Oliveira CA, Scotti MR. 2015. Effect of plant species on P cycle related microorganisms associated with litter decomposition and P soil availability: implications for agroforestry management. *IForest*. 1-9.
- Delvian. 2010. Keberadaan cendawan mikoriza arbuskula di hutan pantai berdasarkan gradien salinitas. *JID*. 11(2):133-142.
- Kariman K, Barker SJ, Finnegan PM, Tibbett M. 2014. Ecto and arbuscular mycorrhizal symbiosis can induce tolerance to toxic pulses of phosphorus in jarrah (*Eucalyptus marginata*) seedlings. *Mycorrhiza*. 24:501-509.
- Kramadibrata K. 2002. Status mikoriza tumbuhan di Gresswell Nature Reserve Melbourne, Victoria Australia. *BB*. 6(3):431-439.
- Martin SL, Mooney SJ, Dickinson MJ, West HM. 2012. The effects of simultaneous root colonisation by three *Glomus* species on soil pore characteristics. *SBB*. 49:167-173.
- Nurhalimah S, Nurhatika S, Muhibuddin A. 2014. Eksplorasi mikoriza vesikular arbuskular (MVA) indigenous pada tanah regosol di Pamekasan, Madura. *JSS POMITS*. 3(1):2337-3520.
- Nusantara AD, Bertham YH, Mansur I. 2012. *Bekerja dengan Fungi Mikoriza Arbuskula*. Bogor (ID): SEAMEO BIOTROP.
- O'Connor PJ, Smith SE, Smith FA. 2001. Arbuscular mycorrhizal associations in the southern Simpson desert. *Aust J Bot*. 49:493-499.
- Phillips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact Brit Mycol Soc*. 55:158-161.
- Rahardjo P. 2012. *Kopi*. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Sianturi RP, Delvian, Elfiati D. 2015. Keanekaragaman mikoriza arbuskula pada beberapa tegakan di areal arboretum, Universitas Sumatera Utara. *PFSJ*. 4(2):128-138.
- Sihombing SA, Delvian, Elfiati D. 2016. Eksplorasi mikoriza pada lahan bekas tambang emas masyarakat di Mandailing Natal. *PFSJ*. 5(3):17-25.
- Simamora AS, Delvian, Elfiati D. 2015a. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula pada Hutan Tri Dharma Universitas Sumatera Utara. *PFSJ*. 4(4):133-141.
- Simamora LA, Elfiati D, Delvian. 2015b. Status dan keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada tanah bekas kebakaran hutan di Kabupaten Samosir. *PFSJ*. 4(3):115-123.
- Smith SE, Read D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Amazon (US): Elsevier.
- Syakir M. 2010. *Kopi*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Ura R, Paembonan SA, Umar A. 2015. Karakteristik fungi arbuskular mikoriza genus *Glomus* pada akar beberapa jenis pohon di hutan kota Universitas Hasanuddin, Tamalanrea. *JAL*. 6(11):16-21.
- Warouw V, Kainde RP. 2010. Populasi jamur mikoriza vesikular arbuskular (MVA) pada zone perakaran jati. *Eugenia*. 16(1):38-45.
- Zulfredy, Elfiati D, Delvian. 2015. Status dan keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada lahan produktif dan lahan non produktif. *PFSJ*. 4(4):124-132.