

FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA (FMA) BERASOSIASI DENGAN TIGA JENIS TEGAKAN POHON ASAL PAPUA

(Arbuscular Mycorrhizal Fungi [AMF] Associated to Three Species of Standing Tree from Papua)

MUTAKIM^{1✉}, JULIUS DWI NUGROHO¹, JACOBUS WANGGAI¹, ADITYA RAHMADANIARTI¹, MAHMUD¹

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Papua Manokwari, Papua Barat, 98314. Tlp/Fax: +62986211065

✉Penulis Korespondensi: Email m.mutakim.unipa.ac.id

Diterima: 21 Sept 2022| Disetujui: 29 Okt 2022

Abstrak. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) mempunyai peran aktif dalam membantu pertumbuhan tanaman. Akar tanaman yang terinfeksi FMA akan memiliki kemampuan penyerapan unsur hara dan air dari dalam tanah lebih baik. FMA juga berperan dalam menangkal serangan penyakit pada tanaman. Keanekaragaman dan karakteristik FMA yang menginfeksi beberapa tegakan pohon di Hutan Pendidikan Anggori belum pernah dilaporkan, padahal informasi demikian penting untuk pengembangan pembudidayaan jenis-jenis lokal seperti *Dracontomelon edule*, *Vatica Papuana* dan *Palaquium amboinensis*. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi apakah jenis-jenis tanaman tersebut berasosiasi dengan FMA. Eksplorasi dilakukan dengan mengisolasi spora dari rizosfir tanaman menggunakan metode tuang dan saring basah sedangkan kolonisasi FMA pada akar tanaman dilakukan menggunakan metode pewarnaan. Hasil penelitian menunjukkan terdapat tiga genus FMA yaitu: *Acaulospora*, *Glomus* dan *Gigaspora* pada rizosfir ketiga jenis tanaman kehutanan tersebut. Persen kolonisasi tertinggi dijumpai pada *Palaquium amboinensis* (35%), sedang pada *Dracontomelon edule* (19%) dan rendah pada *Vatica papuana* (8%).

Kata kunci: *Dracontomelon edule*, fungi mikoriza arbuskula (FMA), *Palaquium amboinensis*, kolonisasi FMA, *Vatica papuana*

Abstract. *Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) has an active role in helping plant growth. The roots of plants infected with FMA will have a better absorption capability of nutrients and water from the soil. The FMA also plays a role in countering disease attacks on plants. The diversity and characteristics of the AMF colonized the roots of several trees stands in the Anggori Education Forest have not been reported yet, whereas such information is important for the development of the cultivation of local tree species such as Dracontomelon edule, Vatica Papuana, and Palaquium amboinensis. Therefore, this study aims to explore whether these local tree species are associated with FMA. Exploration was carried out by isolating AMF spores from plant rhizosphere using wet sieving and decanting methods while FMA colonization of plant roots is identified by using staining methods. The results showed there are three genera FMA i.e. Acaulospora, Glomus, and Gigaspora in the rhizosphere of these three-tree species. The highest percent colonization was found in Palaquium amboinensis (35%), moderate in Dracontomelon edule (19%), and low in Vatica papuana (8%).*

Keywords: *Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Dracontomelon edule, Palaquium amboinensis, FMA colonization, Vatica papuana*

PENDAHULUAN

Mikoriza merupakan interaksi antar kingdom tumbuhan yang melibatkan lebih dari 340.000 tumbuhan daratan dan 50.000 taxa fungi (Genre et al. 2020). Sebanyak 90% dari keseluruhan spesies tumbuhan mempunyai asosiasi mikoriza (Bonfante and Genre 2010). Simbiosis mikoriza akhir-akhir ini menjadi perhatian karena pengaruhnya terhadap produktivitas dan keragaman tumbuhan dan pergerakan sumber daya antar tumbuhan di suatu ekosistem melalui jaringan hifa dalam tanah. Simbiosis mikoriza mempunyai peranan penting di dalam siklus karbon (C), nitrogen (N), dan fosfat (P) di suatu ekosistem (van der Heijden et al. 2015).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan asosiasi simbiosis antara akar tumbuhan dengan fungi yang dicirikan oleh adanya penetrasi fungi hingga ke dalam kortika sel tumbuhan. Tipe asosiasi mikoriza ini dicirikan pula dengan dijumpainya adanya struktur vesikel dan arbuskula yang terbentuk dalam sel kortika akar tumbuhan. Struktur arbuskula merupakan struktur yang umum dijumpai pada semua jenis asosiasi FMA (Wu et al. 2017).

FMA merupakan asosiasi yang paling luas dijumpai dan lebih dari 80% dari tumbuhan daratan memiliki bentuk asosiasi mikoriza ini (Bonfante and Genre 2010). Keanekaragaman FMA di dunia tercatat sekitar 250 jenis yang berasosiasi dengan tumbuhan yang tersebar dari daerah tropik sampai subtropik bahkan kutub utara (Scurssler and Walker 2010; INVAM

2013). Di daerah tropik secara umum FMA berasosiasi dengan hampir semua tumbuhan, kecuali *Dipterocarpaceae* yang berasosiasi dengan ektomikoriza (Brearley 2012). Asosiasi FMA sangat membantu perbaikan kesuburan tanah dan berdampak positif terhadap peningkatan kualitas dan kuantitas produksi tanaman (Chauhan et al. 2013).

Pemanfaatan FMA alami dari tegakan lokal lebih efektif dibandingkan penggunaan isolat dari luar tempat tumbuh tanaman. Hal ini disebabkan FMA merupakan mikroorganisme yang hidup dengan daya adaptasi terhadap inang dengan lingkungan yang spesifik. Perbedaan lokasi dan rhizosfer menghasilkan perbedaan pula dalam keanekaragaman spesies dan populasi FMA. Hasil identifikasi menunjukkan adanya perbedaan keragaman jenis spora yang ditemukan pada sampel tanah. Menurut Sundari et al. (2011), faktor lokasi dan rhizosfer sangat berpengaruh terhadap keanekaragaman spesies dan populasi mikoriza. Hal ini disebabkan adanya perbedaan jenis tanah dan kondisi lingkungan masing-masing lokasi.

Dahu (*Dracontomelon edule* Merr.), Resak (*Vatica papuana* Dyer) dan Nyatoh (*Palaquium amboinensis* Burk) merupakan jenis-jenis penyusun flora hutan dataran rendah Papuaasia yang mudah dijumpai bercampur dengan jenis-jenis lainnya. Ketiga jenis pohon tersebut merupakan pohon berukuran besar. Menurut Surat Keputusan Kementerian Kehutanan No. 163/Kpts-II/2003 dahu tergolong dalam kayu indah sedangkan kayu resak dan nyatoh merupakan kayu komersial. Ketiga kayu tersebut tergolong kayu ringan. Kayu jenis dahu dan nyatoh digunakan untuk mebel dan venir sedangkan resak secara tradisional di Kabupaten Mappi, Provinsi Papua digunakan untuk

pembuatan badan perahu (Lanoeroe dkk. 2005). Nyatoh termasuk jenis pohon kelompok jenis meranti atau masuk kayu komersial satu. Secara umum masuk kelas awet III-IV dan masuk kelas kuat II-III (Seputra 2013). Nyatoh juga dikenal sebagai penghasil minyak dari bijinya, yang dapat dipergunakan sebagai bahan bakar. Getahnya memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi, biasanya digunakan untuk penyekat dan bahan pembungkus kabel bawah laut atau penyekat pada instalasi pabrikan, alat-alat transmisi, alat elektronik, pipa, wadah tahan asam dan banyak alat-alat manufaktur pabrik. Selain itu resak juga dikenal sebagai kayu penghasil damar (Anasis et al. 2015). Mengingat banyaknya manfaat dan kegunaan kayu nyatoh, potensi kayu ini perlu dilestarikan dan diperluas penanamannya untuk memenuhi permintaan pasar (Uminawar dkk. 2013). Ketiga jenis kayu yang diteliti mempunyai potensi pemanfaatan untuk dikembangkan dengan teknologi rekayasa pemanfaatan hasil hutan, salah satunya dengan aplikasi FMA.

Pemanfaatan mikroorganisme yang berupa FMA merupakan suatu aplikasi bioteknologi berkawasan lingkungan, namun permasalahannya FMA tidak berasosiasi dengan semua jenis tanaman kehutanan. Demikian pula sering kali setiap jenis tanaman kehutanan memiliki asosiasi yang spesifik dengan jenis FMA tertentu. Pemahaman terhadap adanya asosiasi antara FMA dengan tegakan dahu, resak dan nyatoh dapat dijadikan landasan untuk pengembangan teknologi mikoriza bagi pengembangan budidaya ketiga jenis tegakan tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi asosiasi FMA dengan ketiga jenis tegakan tersebut dan mencari tingkat ketergantungan ketiga jenis tegakan tersebut terhadap keberadaan mikoriza.

METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Hutan Pendidikan Anggori UNIPA, Manokwari Papua Barat yang secara geografis terletak 134°5'09"-134°6'03 BT dan 0°49'58"-0°50'56"LS. Lokasi penelitian mempunyai iklim tropika basah dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 2.730 mm yang tersebar merata di sepanjang tahun. Temperatur udara rata-rata tahunan 27,3 °C.

Lokasi penelitian memiliki jenis tanah ultisol berasal dari pelapukan batuan kapur. Kedalaman efektif solum tanah 30-150 cm, pH tanah bervariasi antara 5,46 -6,75. Pohon dahu, resak dan nyatoh ditanam pada awal 1960 dalam petak tanam 50 × 50 m

Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah yang diambil dari bawah tegakan pohon dahu, resak dan nyatoh sebanyak 100 g, *aquades*, larutan glukosa 60%, *polyvinil alkohol lactogliserol* (PVLG), dan Melzer's reagent.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah saringan spora (saringan bertingkat tiga 500 um, 125 um, dan 45 um), mikroskop, tabung sentrifuse, sentrifuse, pinset spora, kaca preparat, kaca penutup, pipet tetes, cawan petri dan timbangan analitik.

Pengumpulan Data

Sampel tanah

Sampel tanah yang diambil di bawah dahu, resak dan nyatoh dengan cara diambil secara acak dengan mencangkul disekitar daerah rizhosfer dengan tiga titik pengulangan, kemudian tanah tersebut di kompositkan sebanyak 500 g. Pengambilan contoh tanah dilakukan dari zona rhizosfer dengan kedalaman 0 – 20 cm. selanjutnya tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label yang tertulis jenis tanaman, lokasi pengambilan sampel dan tanggal pengambilan sampel.

Isolasi dan Karakterisasi Jenis Spora

Isolasi spora pada sampel tanah dilakukan dengan mengacu metode tuang dan saring basah (Gerderman and Nicolson 1963) dengan modifikasi sentrifugasi (Brundrett et al. 1996). Spora FMA yang diperoleh dari hasil isolasi selanjutnya dibuat preparat dengan larutan PVLG untuk diidentifikasi. Pengamatan jenis FMA dilakukan berdasarkan ciri morfologi spora. FMA diidentifikasi sampai tingkat genus dengan deskripsi genus FMA berdasarkan bentuk, warna, ornamen dan ukuran spora. Kerapatan jenis spora dianalisis per 100 g contoh tanah, kemudian jenis spora dihitung jumlahnya dan ditentukan kerapatannya.

$$\text{Persen akar terinfeksi} = \frac{\text{Jumlah akar terinfeksi}}{\text{Jumlah akar total}} \times 100$$

Tabel 1. Karakteristik spora FMA yang ditemukan pada Rhizosfer tegakan *Dracontomelon edule*, *Vatica papuana*, dan *Palaquium amboinensis*

Jenis FMA	Ciri-ciri spora			
	Bentuk	Warna	Dinding spora	Ornamen
<i>Glomus</i> sp1	Bulat	Kuning kecokelatan	Tebal	Tebal
<i>Glomus</i> sp.2	Elips	kuning	Tipis	Halus
<i>Glomus</i> sp.3	Elips	Kuning	Tipis	halus
<i>Glomus</i> sp.4	Bulat	Kuning kecokelatan	Tebal	tebal
<i>Acaulospora</i> sp	Elips	Coklat	Tipis	Tebal
<i>Gigaspora</i> sp	Elips	Coklat	Tebal	Tebal

Glomus

Spora dari genus *Glomus* yang ditemukan berbentuk bulat dan elips, berwarna kecokelatan dan memiliki ornamen. Warna spora kuning dan kuning kecokelatan. Berdasarkan perbedaan karakteristik spora tersebut maka *Glomus* dapat dipilah menjadi 4 spesies, yaitu *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Glomus* sp.3 dan *Glomus* sp.4 (Gambar 2, Tabel 1). Proses perkembangan genus *Glomus* dimulai dari ujung hifa yang membesar sampai dengan ukuran maksimal dan

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara deskriptif dan disajikan dalam bentuk tabulasi maupun gambar.

HASIL DAN PEMBAHASAN

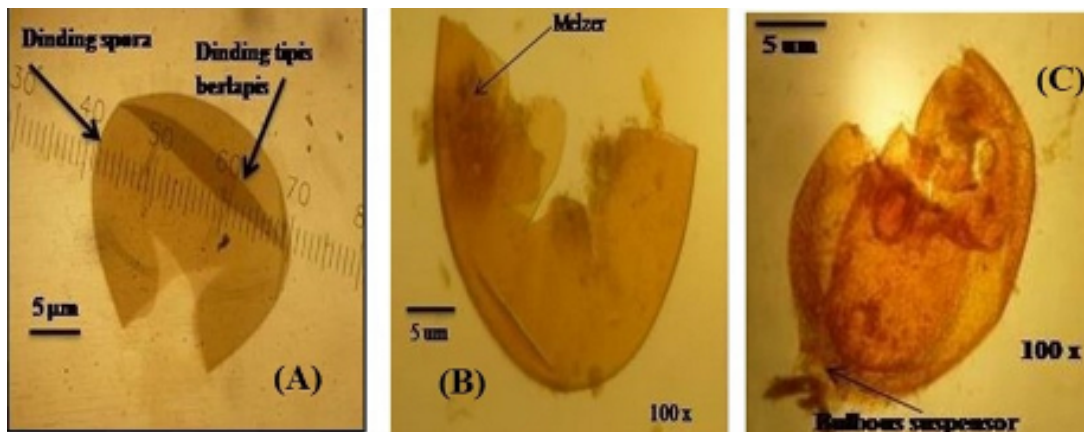
Keanekaragaman FMA

Hasil ekstraksi spora dengan metode penyaringan basah dan hasil identifikasi berdasarkan karakteristik spora diperoleh tiga genus FMA yaitu: *Glomus*, *Acaulospora*, dan *Gigaspora* (Gambar 1), terdiri atas enam species, yaitu *Glomus* sp.1, *Glomus* sp.2, *Glomus* sp.3, *Glomus* sp.4, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. (Tabel 1, Gambar 2).

berbentuk spora. Spora *Glomus* sp.1 berbentuk bulat, memiliki warna kecokelatan, dinding spora dan ornamennya juga tebal. Spora *Glomus* sp.2 berbentuk elips, berwarna kuning, memiliki dinding spora yang tipis dan ornamennya halus. Dinding spora yang tipis memungkinkan spora mudah pecah ketika dibuat preparat. Spora *Glomus* sp.3 berbentuk elips, berwarna kuning, memiliki dinding spora tipis dan ornamennya halus. Spora *Glomus* sp.4 berbentuk bulat, berwarna kecokelatan, dinding spora tebal dan memiliki ornamen yang tebal (Gambar 2, Tabel 1). Jumlah spora ini relatif lebih sedikit dibandingkan dengan *Glomus*.

Hal ini disebabkan karena *Glomus* lebih cepat berkecambah dibandingkan spora *Acaulospora*

dan *Gigaspora* (Faiza et al. 2013).



Gambar 1. Variasi karakter spora FMA A= *Glomus*; B = *Acaulospora*; C = *Gigaspora*

Gigaspora

Genus *Gigaspora* yang ditemukan di lokasi penelitian memiliki karakteristik berbentuk elips, berwarna coklat, memiliki dinding spora yang tebal. Permukaan spora bagian luar berbulu menyerupai duri dan dinding spora 1 lapis (Gambar 1). Menurut Schenk dan Perez (1990) dalam Nurhandayani et al. (2013), menyatakan bahwa spora *Gigaspora* ditemukan tunggal di dalam tanah, berukuran lebih besar dari spora *Glomus* dan *Acaulospora*, umumnya berbentuk bulat. *Gigaspora* hanya dijumpai pada tegakan *P. amboinensis* yaitu sebanyak 6 spora. Genus *Gigaspora* merupakan FMA yang paling sedikit ditemukan dalam penelitian ini. Hasil ini sejalan dengan Faiza et al. (2013) yang hanya menemukan 2 spora *Gigaspora* per 100 g tanah, sementara *Glomus* sebanyak 276 spora dan *Acaulospora* sebanyak 5 spora per seratus gram tanah.

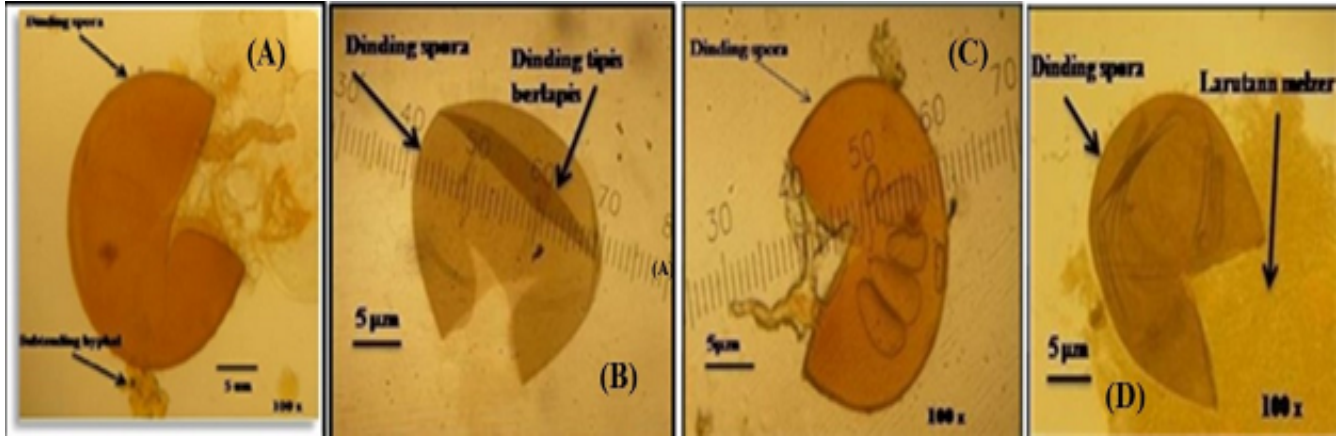
Glomus merupakan genus yang umum di jumpai pada ketiga tegakan, sementara

Acaulospora dan *Gigaspora* hanya ditemukan pada dahu dan resak. Sementara itu spora *Gigaspora* hanya ditemukan pada tegakan *P. amboinensis*. Secara umum hasil pengamatan diperoleh bahwa *Glomus* merupakan genus yang paling dominan ditemukan pada area rizhosfer yang diteliti dibandingkan dengan genus lain. Penyebaran yang luas berhubungan dengan keanekaragaman *Glomus* yang tinggi (Paganot et al. 2013). Pendapat ini diperkuat Nurhandayani et al. (2013) yang menyebutkan bahwa genus *Glomus* memiliki 46 spesies, dan jenis-jenis dari *Glomus* penyebarannya lebih luas. Genus *Glomus* penyebarannya lebih luas dibandingkan genus FMA lainnya karena memiliki keragaman jenis yang tinggi, yang beradaptasi pada berbagai lingkungan.

Genus *Glomus* memiliki waktu perkecambahan yang lebih cepat dibandingkan genus lainnya. Perkecambahan spora tersebut menyebabkan FMA di dalam tanah dalam tingkat stadia myselia (vegetatif). Ditambahkan Smith dan Read (2010) dalam Nurhandayani et al. (2013) bahwa genus *Glomus* memiliki waktu perkecambahan berkisar antara 2 sampai dengan 4 hari, sementara genus *Acaulospora*

membutuhkan waktu perkecambahan sekitar 3 bulan. Perbedaan waktu perkecambahan spora

ini turut serta mempengaruhi besar kecilnya jumlah spora di bawah tegakan yang diteliti.



Gambar 2. Variasi karakter spora FMA A= *Glomus* sp.1; B = *Glomus* sp.2; C = *Glomus* sp.3, D = *Glomus* sp.4.

Schussler dan Walker (2010) dan INVAM (2013) melaporkan bahwa dari 250 spora FMA yang sudah diidentifikasi ditemukan Genus *Glomus* merupakan jenis yang paling dominan (52,3%), diikuti *Acaulospora* (20,9%), *Scutellospora* (16,9 %) dan *Gigaspora* (4,7%). Ditambahkan Cahyani et al. (2014) yang melaporkan bahwa FMA *Glomus* lebih dominan dibandingkan *Acaulospora* dan *Gigaspora* pada tanah alluvial. Delvian (2010) menambahkan bahwa frekuensi *glomus* juga dominan ditemukan pada daerah pantai di ikuti oleh FMA *Acaulospora*, *Sclerocytis* dan *Gigaspora*. Pada hutan mangrove di Goa, India Barat ditemukan FMA *Glomus*, *Acaulospora*, *Scutellospora*, *Gigaspora* dan *Entrophospora*. Dari kelima FMA yang ditemukan, hasilnya didominasi oleh FMA *Glomus* D’Souza and Rodrigues (2013).

Pada lahan pasca tambang Emas FMA *Glomus* juga mendominasi bila dibandingkan dengan *Acaulospora* dan *Gigaspora* yaitu sebanyak 124 spora/ 100 g tanah Sanana et al. (2022). Pada pohon pinus *Glomus* juga mendominasi di berbagai kelas umur yaitu pada umur 15-20 tahun, 21-25 tahun dan 26-30 tahun dengan rerata mikoriza ditemukan yaitu berkisar antara 132-276 per 100 gram tanah (Arifin dkk. 2020). Pada penelitian ini hasil identifikasi didominasi oleh FMA *Glomus* karena diketahui bahwa *Glomus* memiliki penyebaran yang luas bila dibandingkan FMA lainnya. *Glomus* mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi masam maupun netral (Sukmawaty et al. 2016). Selain itu proses perkecambahan *Glomus* yang sangat cepat bila dibandingkan dengan *Acaulospora* dan *Gigaspora* (Faiza dkk. 2013).

Tabel 2. Karakteristik spora FMA yang ditemukan pada Rhizosfer tegakan *Dracontomelon edule*, *Vatica papuana*, dan *Palaquium amboinensis*

Jenis Spora FMA	Kerapatan Spora
-----------------	-----------------

	<i>D. edule</i>	<i>V. papuana</i>	<i>P. amboinensis</i>
<i>Glomus</i> sp.1	8	11	13
<i>Glomus</i> sp.2	5	7	13
<i>Glomus</i> sp.3	0	0	12
<i>Glomus</i> sp.4	11	11	11
<i>Acaulospora</i> sp	8	0	7
<i>Gigaspora</i> sp	0	0	6
Total	32	29	62
Rata-rata	5.33	4.83	10.33

Kerapatan Spora

Jumlah spora yang ditemukan dalam penelitian ini pada ketiga rhizosfer pohon yang diamati adalah sebanyak 123 spora per 100 g tanah, yaitu dahu sebanyak 32 spora, resak 29 spora dan nyatoh sebanyak 62 spora (Tabel 2). Hasil pengamatan dan identifikasi secara mikroskopis didominasi oleh genus *Glomus*. Kerapatan spora di lokasi penelitian ini tergolong masih rendah. Hal ini sejalan dengan (May 2021) yang hanya menemukan spora sebanyak 13 spora per 50 gram tanah pada tiga spesies tegakan *Pometia* di arboretum anggori, Manokwari. Penelitian lain yang dilakukan (Sianturi et al. 2015) melaporkan telah menemukan 42 spora per 50 gram tanah pada pohon kemiri, 43 spora pada pohon durian dan 50 spora pada pohon karet di beberapa pohon pada arboretum Universitas Sumatera Utara. Namun pada tanah gambut hasil berbeda disampaikan oleh (Nurhandayani dkk. 2013), yang menemukan kerapatan spora sebesar 149-312 per 100 g tanah. Hasil penelitian lain yang dilaporkan oleh (Datta and Kulkarni 2012) melaporkan bahwa *Glomus* memiliki persentase kelimpahan paling tinggi (75,39%) kemudian diikuti berturut-turut dengan *Acaulospora* (8,62%) dan *Scutellospora* (8,67%) dan *Gigaspora* (5,83%). Kecilnya kerapatan spora

pada rhizosfir di ke tiga species tanaman kehutanan yang diteliti kemungkinan

berhubungan dengan kondisi ekosistem tanah yang telah stabil.

Pada tanah-tanah di bawah tegakan tua *nutrient build up* tidak lagi terjadi. Demikian pula pada tegakan tanaman tua seperti dalam kasus ini, keragaman tumbuhan bawah juga rendah dan hanya jenis tumbuhan bawah tertentu saja yang mampu beradaptasi dengan kondisi iklim mikro terutama pencahayaan yang minim. Tumbuhan bawah seringkali dijumpai pula sebagai tumbuhan host bagi FMA. Keragaman dan komposisi FMA dipengaruhi oleh komunitas tumbuhan dan kondisi nutrisi unsur hara tanah. Faktor tanah merupakan faktor utama yang berperan, sedangkan hubungan antara keragaman FMA dengan komunitas tumbuhan berkaitan erat dengan host spesifitas yang spesifik bagi FMA (Liang et al. 2015). Iklim juga turut berperan di dalam menentukan kerapatan spora, dengan kelimpahan spora tertinggi dijumpai pada musim kering (da Silva et al. 2014). Spora semua genus akan ditemukan menyebar merata saat musim kering (Reyes et al. 2019). Faktor Lingkungan secara umum dapat berperan terhadap keberadaan FMA di suatu daerah.

FMA terlihat signifikan sporanya ketika dalam kondisi tanah yang margin, defisiensi unsur hara, defisiensi air dan adanya *limiting factor* lingkungan lainnya. Defisiensi unsur hara N dan P akan mendorong pertumbuhan FMA dengan baik, dan sebaliknya ketercukupan

kandungan P dan N yang tinggi dapat menurunkan keberadaan FMA karena berkurangnya eksudat akar yang dihasilkan tanaman. Yusriadi dkk. (2018) menjelaskan bahwa kandungan unsur hara khususnya unsur hara P berpengaruh terhadap keberadaan fungi mikoriza, dimana fungi mikoriza tidak berkembang dengan baik apabila tingkat kesuburan tanahnya baik, terutama dengan kandungan unsur hara P tersedia yang tinggi. Dengan demikian fungsi mikoriza tidak terlalu terlihat, karena mikoriza akan tetap mendapatkan fotosintat dari inangnya.

Persen Akar Terkolonisasi FMA

Simbiosis FMA terjadi apabila FMA menginfeksi akar tanaman. Proses ini diawali dengan berkecambahnya spora di dalam tanah. Selanjutnya hifa yang tumbuh melakukan penetrasi ke dalam akar dan berkembang di

dalam sel korteks tanaman (Talanca 2014). Kolonisasi FMA pada akar tanaman tersebut ditandai dengan adanya struktur hifa, arbuskula atau vesikula yang mengisi sel korteks akar. Kolonisasi FMA pada akar tanaman mengindikasikan bahwa tanaman tersebut telah berasosiasi dengan FMA.

Hasil histologi akar tanaman dijumpai bahwa pada semua akar tegakan yang diteliti terdapat struktur FMA. Selain struktur hifa yang menginfeksi pohon dahu, resak dan nyatoh, terdapat vesikula yang ada di antara hifa yang terbentuk, lapisan hifa tipis terlihat masuk ke dalam sel kortek, sedangkan bentukan khusus yang berbentuk oval (*vesikula*) tampak di dalam sel korteks (Brundrett 2004). Vesikula ditemukan pada akar pohon dahu dan resak, sementara pada akar pohon nyatoh tidak dijumpai *vesikula* (Gambar 3).

Tabel 3. Karakteristik spora FMA yang ditemukan pada Rhizosfer tegakan *D. edule*, *V. papuana*, dan *P. amboinensis*

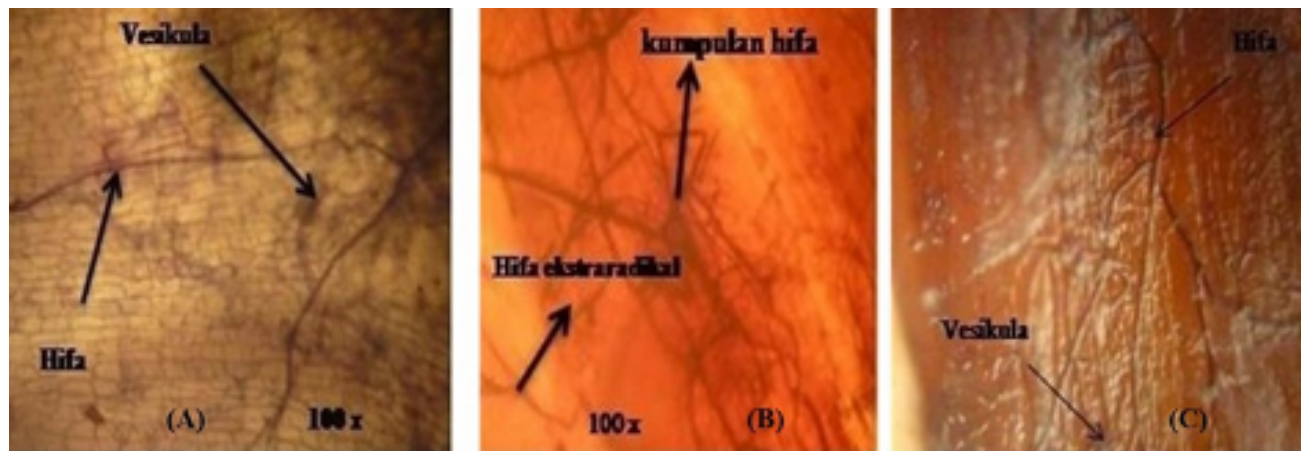
Nama Tegakan	Persen Infeksi (%)	Kriteria ketergantungan Tanaman*
<i>Vatica papuana</i>	8	Rendah
<i>Dracontomelon edule</i>	19	Sedang
<i>Palaquium amboinensis</i>	35	Tinggi

Vesikula adalah struktur cendawan yang berasal dari pembekakan hifa internal, kebanyakan berbentuk bulat telur dan berisi banyak senyawa lemak, sehingga merupakan organ penyimpan cadangan makanan. Pada kondisi tertentu vesikula dapat berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan kehidupan FMA. Vesikula dapat mengembangkan dinding menjadi tebal dan dapat berfungsi sebagai propagul (Brundrett 2004).

Kolonisasi FMA tertinggi dijumpai pada akar nyatoh bila dibandingkan tegakan pohon dahu dan resak. Hifa dan vesikula dapat terlihat di

dalam akar tanaman. Menurut (Brundrett 2004), vesikula dapat hidup didalam akar tanaman berbulan-bulan. Sementara spora FMA yang terdapat didalam akar apabila sudah matang akan berkecambah menjadi hifa dalam akar tanaman yang selanjutnya akan terbentuk jalinan hifa. Persen akar terkolonisasi dapat diketahui melalui banyaknya akar yang terinfeksi oleh FMA (struktur hifa, vesikula, arbuskula, spora intraradikal, spora ekstraradikal). Berdasarkan hasil klasifikasi banyaknya persentase infeksi FMA terhadap ketiga jenis tegakan berturut-turut adalah *P.*

amboinensis 35 % (tinggi), *D. edule* 19 % (sedang), *V. papuana* 08 % (rendah).



Gambar 3. Infeksi FMA pada tegakan *D. edule* (a), pada akar tegakan *V. papuana* (b) dan akar tegakan *P. amboinensis* (c)

Persentase akar tanaman pada ketiga tegakan yang diteliti hasilnya tidak sama. Ada tiga factor yang mempengaruhi besar kecilnya infeksi FMA pada suatu tanaman, yaitu kepekaan inang terhadap infeksi, iklim dan tanah (Setiadi 1990). Infektivitas antara tanaman inang dengan FMA beragam, umumnya dipengaruhi oleh kondisi FMA, jenis tanaman dan kondisi lingkungan (Hartati 2014; Hadianur dkk. 2016). Kondisi itulah yang membuat keberagaman akar tegakan yang terinfeksi FMA pada pohon yang diteliti.

Hasil persentase infeksi dalam penelitian ini selain menjadi indikator untuk menilai seberapa besar FMA memberikan manfaat bagi tegakan, namun dapat pula memberikan informasi bahwa telah terjadi suatu hubungan simbiosis mutualisme antara inang dengan FMA pada ketiga tegakan yang diteliti. Efektifitas ketiga jenis FMA berbeda, hal ini disebabkan karena inang tanaman memerlukan jenis mikoriza yang cocok dalam mengkoloni akar. Mikoriza dapat

menginfeksi pada satu atau lebih spesies tanaman, atau dalam satu spesies dapat ditemukan mikoriza yang berbeda. Inang yang spesifik dan cocok memberikan strategi yang berbeda dalam sistem inokulasi untuk pertumbuhannya.

Perbedaan lokasi dan rhizosfer menyebabkan perbedaan keanekaragaman spesies dan populasi FMA, misalnya yang didominasi oleh fraksi lempung berdebu biasanya merupakan tanah yang baik bagi perkembangan *Glomus* sp. Begitu juga dengan tanah mangrove yang bercirikan tanah berlumpur dan cenderung liat hanya ditemukan *Glomus* sp. yang dapat hidup. Sedangkan tanah yang berpasir genus *Acaulospora* dan *Gigaspora* ditemukan dalam jumlah yang tinggi. Kepadatan *Acaulospora* meningkat sejalan dengan jarak dari garis pantai, artinya makin jauh dari garis pantai maka populasi spora *Acaulospora* semakin tinggi. Sementara itu, kecenderungan sebaliknya diperlihatkan oleh *Gigaspora* yang semakin jauh dari garis pantai populasinya semakin menurun (Siradz dan Kabirun 2007).

Selain itu faktor lingkungan sangat berpengaruh terhadap perkembangan FMA. Mikoriza dapat hidup dalam tanah yang berdrainase baik hingga yang tergenang. Mikoriza juga banyak dijumpai pada tanah dengan kadar mineral tinggi seperti hutan primer, sekunder, kebun, padang alang-alang, pantai dengan salinitas tinggi hingga lahan gambut (Solaiman dan Hirata 1996).

KESIMPULAN

Ditemukan tiga genus FMA dari bawah tegakan *D. edule*, *P. amboinensis* dan *V. papuana*, yaitu *glomus* 102 spora yang terdiri dari 4 spesies, *acaulospora* 15 spora yang terdiri dari 1 spesies dan *gigaspora* 6 spora yang terdiri 1 spesies. Kolonisasi FMA terjadi pada ketiga tanaman kehutanan yang diteliti. Persentase infeksi pada ketiga jenis tegakan berturut-turut adalah *D. edule* 19% (sedang), *V. papuana* 8% (rendah) dan *P. amboinensis* 35% (tinggi).

DAFTAR PUSTAKA

- Anasis AM, Sari MYAR. 2015. Perlindungan indikasi geografis terhadap Damar Mata Kucing (*Shorea javanica*) sebagai upaya pelestarian hutan (studi di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung). Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM, 4(22): 566–593.
- Arifin AJ, Budi P, Kurniawan S. 2020. Keragaman jenis dan populasi *Mikoriza arbuskula* dalam berbagai kelompok umur Pinus tumpangsari kopi di Ub Forest. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, 8(1): 9–17. doi: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.1.2.
- Bonfante P, Genre A. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant-fungus interactions in *Mycorrhizal* symbiosis. Nature Communications, 1(4): 1–11. doi: 10.1038/ncomms1046.
- Brearley FQ. 2012. Ectomycorrhizal associations of the Dipterocarpaceae. Biotropica, 44(5): 637–48. doi: 10.1111/j.1744-7429.2012.00862.x.
- Brundrett M. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society, 79(3): 473–95. doi: 10.1017/S1464793103006316.
- Brundrett, M, Bougher N, Dell B, Grove T, Malajczuk N. 1996. Working with mycorrhizas in forestry and agriculture. Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Cahyani NKMD, Nurhatika S, Muhibuddin A. 2014. Eksplorasi *Mikoriza vesikular arbuskular* (MVA) indigenous pada tanah aluvial di Kabupaten Pamekasan Madura. Sains dan Seni Pomits, 3(1): 2337-3520. DOI: [10.12962/j23373520.v3i1.5525](https://doi.org/10.12962/j23373520.v3i1.5525).
- Chauhan S, Kaushik S, Aggarwal A. 2013. AM fungal diversity in selected medicinal plants of Haryana, India. Botany Research International, 6(2): 41-46. DOI: 10.5829/idosi.bri.2013.6.2.2939.
- da Silva IR, de Mello CMA, Neto RAF, da Silva DKA, de Melo AL, Oehl F, Maia LC. 2014. Diversity of *Arbuscular mycorrhizal* fungi along an environmental gradient in the Brazilian Semiarid. Applied Soil Ecology, 84: 166–75. doi: 10.1016/j.apsoil.2014.07.008.
- Delvian. 2010. Keberadaan cendawan *Mikoriza arbuskula* di hutan pantai berdasarkan gradien salinitas. Jurnal Ilmu Dasar, 11(2): 133-142.
- D'Souza J, Rodrigues BF. 2013. Biodiversity of *Arbuscular mycorrhizal* (AM) fungi in mangroves of Goa in West India. Journal of Forestry Research, 24(3): 515–23. doi: 10.1007/s11676-013-0342-0.

- Datta P, Kulkarni M. 2012. *Arbuscular mycorrhizal* fungal diversity in sugarcane rhizosphere in relation with soil properties. *Notulae Scientia Biologicae*. 4(1): 66–74. doi: 10.15835/nsb416567.
- Faiza R, Rahayu YS, Yuliani. 2013. Identifikasi spora jamur *Mikoriza vesikular arbuskular* (MVA) pada tanah tercemar minyak bumi di Bojonegoro. *LenteraBio*, 2(1): 7–11.
- Genre A, Luisa L, Silvia P, Paola B. 2020. Unique and common traits in Mycorrhizal symbioses. *Nature Reviews Microbiology*, 18(11): 649–60. doi: 10.1038/s41579-020-0402-3.
- Gerdemann JW, Nicolson TH. 1963. Spore of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanding. *Br. Mycol. Soc*, 46: 234-244.
- Hadianur HS, Syarifuddin, Kesumawati E. 2016. Pengaruh jenis fungi *Mikoriza arbuskular* terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai merah besar (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agrotek Lestari*, 3(1): 30–38.
- Hartanti I. 2014. Pengaruh pemberian pupuk hayati mikoriza dan *rock phosphate* terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Riau*, 1(1): 1-14.
- INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). 2013. Disponible en: <http://invam.caf.wvu.edu>.
- Lanoeroe S, Kesaulija EM, Rahawarin YY. 2005. The use of vascular plants as traditional boat raw material by Yachai tribe in Mappi Regency. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 6(3): 212–216. doi: 10.13057/biodiv/d060315.
- Liang Y, He X, Caiyan Chen C, Feng S, Liu L, Chen X, Zhao Z, Su Y. 2015. Influence of plant communities and soil properties during natural vegetation restoration on *Arbuscular mycorrhizal* Fungal communities in a karst Region. *Ecological Engineering*, 82: 57–65. doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.04.089.
- May NL. 2021. Endomikoriza non trapping pada tegakan *Pometia pinnata*, *Pometia coriacea* dan *Pometia acuminata* di arboretum Anggori Manokwari. *Jurnal Kehutanan Papuaasia*, 7(2): 215-218. DOI: <https://doi.org/10.46703/jurnalpapuasiasia.Vol7.Iss2.256>.
- Nurhandayani R, Linda R, Khotimah S. 2013. Inventarisasi jamur *Mikoriza vesikular arbuskular* dari rhizofe tanah gambut tanaman nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Jurnal Protobiont*, 2(3): 146–51.
- Pagano MC, Zandavalli RB, Araújo FA. 2013. Biodiversity of *Arbuscular mycorrhizal* in three vegetational types from the semiarid of Ceará State, Brazil. *Applied Soil Ecology*, 67: 37–46. doi: 10.1016/j.apsoil.2013.02.007.
- Reyes HA, Ferreira PFA, Silva LC, da Costa MG, Nobre CP, Gehring C. 2019. *Arbuscular mycorrhizal* fungi along secondary forest succession at the eastern periphery of Amazonia: Seasonal variability and impacts of soil fertility. *Applied Soil Ecology*, 136: 1–10. doi: 10.1016/j.apsoil.2018.12.013.
- Schenck NC, Perez Y. 1990. Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi (INVAM). Gainesville: Synergistic publications, University of Florida.
- Seputra DD. 2013. Penyusunan tabel volume lokal jenis Nyatoh (*Palaquium* spp.) di IUPHHK-HA PT. Mamberamo Alasmandiri, Provinsi Papua. [Skripsi]. Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Sanana, STS, Asmarahman C, Riniarti M, Duryat. 2022. Keanekaragaman fungi *Mikoriza arbuskular* pada rhizosfer areal revegetasi lahan pascatambang emas Pt

- Natarang Mining. *Jurnal Belantara*, 5(1): 81–95. doi: 10.29303/jbl.v5i1.844.
- Schussler A, Walker C. 2010. The glomeromycota: a species list with new families and new genera (p. 56). Kew: The Royal Botanic Garden Kew.
- Setiadi Y. 1990. Proses pembentukan VA Micoriza, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. *Bogor*. Hal, 5-9.
- Sianturi RP, Delvian, Elfiati D. 2015. Keanekaragaman *Mikoriza arbuskula* (FMA) pada beberapa tegakan di areal arboretum Universitas Sumatera Utara. *Peronema Forestry Science Journal*, 4(2): 128–138.
- Siradz SA, Kabirun. 2007. Pengembangan lahan marginal pesisir pantai dengan bioteknologi masukan rendah. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 7 : 83-92.
- Smith SE, Read DJ. 2010. Mycorrhizal symbiosis. Academic press.
- Solaiman MZ, Hirata H. 1996. Effectiveness of arbuscular mycorrhizal colonization at nursery-stage on growth and nutrition in wetland rice (*Oryza sativa* L.) after transplanting under different soil fertility and water regimes. *Soil Science and Plant Nutrition*, 42(3):, 561-571.
- Sukmawaty E, Hafsan H, Asriani A. 2016. Identifikasi cendawan *Mikoriza arbuskula* dari perakaran tanaman pertanian. *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 4(1): 16–20. doi: 10.24252/bio.v4i1.1115.
- Sundari S, Nurhidayati T, Trisnawati I. 2011. Isolasi dan identifikasi mikoriza indigenous dari perakaran tembakau sawah (*Nicotiana tabacum* L) di area persawahan Kabupaten Pamekasan Madura. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November.
- Talanca AH. 2014. Manfaat mikoriza vesikular-arbuskular (Mva) terhadap pertumbuhan dan pengendalian penyakit tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*, (2): 466–470.
- Uminawar, Umar H, Rahmawati. 2013. Pertumbuhan semai Nyatoh (*Palaquium* Sp.) pada berbagai perbandingan media dan konsentrasi pupuk organik cair di persemaian. *Jurnal Warta Rimba*, 1(1): 1-9.
- van der Heijden M, Martin FM, Sellose MA, Sanders IR. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: The past, the present, and the future. *New Phytologist*, 205(4):1406–23. doi: 10.1111/nph.13288.
- Wu QS. 2017. Arbuscular Mycorrhizas and stress tolerance of plants. *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants*, :1–327. doi: 10.1007/978-981-10-4115-0.
- Yusriadi, Dungan YSP, Hasanah U. 2018. Kepadatan dan keragaman spora fungi *Mikoriza arbuskula* pada daerah perakaran beberapa tanaman pangan di lahan pertanian Desa Sidera. *Jurnal Agroland*, 25(1): 64-73.