



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 5 Nomor 4 Tahun 2025 Page 2966-2983

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Isolasi dan Karakterisasi Spora Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rhizosfer Cendana (Santalum Album Linn.) di Nusa Tenggara Timur

Abdonia W. Finmeta<sup>1✉</sup>, Maya F. Roman<sup>2</sup>

UPG 1945 NTT

Email: [afinmeta@gmail.com](mailto:afinmeta@gmail.com)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan tanaman asli Provinsi Nusa Tenggara Timur yang bernilai ekonomi tinggi. Kegiatan eksploitasi cendana yang berlebihan dan tidak diimbangi dengan penanaman kembali berdampak pada menurunnya populasi cendana secara alami. Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan organisme yang berasal dari golongan fungi yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman (Brundrett et al. 1996). Pemanfaatan FMA sebagai pupuk hayati adalah solusi alternatif untuk menghindari kerusakan tanah akibat penggunaan pupuk anorganik (Sundari et al. 2011). FMA berpotensi besar sebagai pupuk hayati bagi tanaman karena memfasilitasi penyerapan hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Prihastuti 2007). Penelitian ini bertujuan mengetahui keanekaragaman jenis FMA di bawah tegakan cendana dan menganalisis keanekaragaman FMA lokal di sekitar rizosfer tegakan cendana pada beberapa lokasi di Nusa Tenggara Timur. Pengambilan contoh tanah dilakukan di bawah tegakan cendana pada tiga lokasi di Nusa Tenggara Timur. Setiap lokasi diwakili oleh 5 pohon cendana yang dipilih secara acak. Analisis data dilakukan secara deskriptif pada analisis kerapatan spora untuk karakterisasi jenis spora dari FMA. Hasil isolasi dan karakterisasi spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfer cendana (*Santalum album* Linn.) di Nusa Tenggara Timur ditemukan 26 tipe spora FMA. Keanekaragaman jenis FMA lokal asal Desa Nano, HTC Buat dan Demplot Cendana Sisimeni terdapat 18 tipe spora FMA dari genus *Glomus* dan 8 tipe spora FMA dari genus *Acaulospora*. Kerapatan jenis spora FMA tertinggi berasal dari lokasi Desa Nano (229 spora/ 10 g tanah) yang merupakan tegakan alami dari tanaman cendana.

Kata Kunci: *Cendana, Isolasi dan Karakterisasi, Fungi Mikoriza Arbuskula*

## Abstract

Sandalwood (*Santalum album* Linn.) is a native plant of East Nusa Tenggara Province that has high economic value. Excessive sandalwood exploitation activities that are not balanced with replanting have an impact on the natural decline of sandalwood populations. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) are organisms originating from the fungi group that describe a form of mutualistic symbiotic relationship between fungi and plant roots (Brundrett et al. 1996). The use of AMF as a biological fertilizer is an alternative solution to avoid soil damage due to the use of inorganic fertilizers (Sundari et al. 2011). AMF has great potential as a biological fertilizer for plants because it facilitates the absorption of nutrients in the soil so that it can increase plant growth, as a biological barrier against root pathogen infections, increase water availability for plants and increase growth-promoting hormones (Prihastuti 2007). This study aims to determine the diversity of AMF species under sandalwood stands and analyze the diversity of local AMF around the rhizosphere of sandalwood stands at several locations in East Nusa Tenggara. Soil sampling was carried out under sandalwood stands at three locations in East Nusa Tenggara. Each location was represented by 5 sandalwood trees selected randomly. Data analysis was carried out descriptively on spore density analysis for characterization of spore types from AMF. The results of isolation and characterization of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores on sandalwood rhizosphere (*Santalum album* Linn.) in East Nusa Tenggara found 26 types of AMF spores. The diversity of local AMF types from Nano Village, HTC Buat and Sisimeni Sandalwood Demonstration Plot contained 18 types of AMF spores from the genus *Glomus* and 8 types of AMF spores from the genus *Acaulospora*. The highest density of AMF spores came from the location of Nano Village (229 spores/10 g of soil) which is a natural stand of sandalwood plants.

Keywords: *Sandalwood, Isolation And Characterization, Arbuscular Mycorrhizal Fungi.*

## PENDAHULUAN

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan salah satu jenis tanaman asli Nusa Tenggara Timur (NTT) yang memiliki nilai ekonomi sangat tinggi karena kandungan minyak atsiri pada kayu terasnya serta memiliki aroma khas (Lestari 2010). Perdagangan kayu cendana di Indonesia khususnya NTT sudah berlangsung sejak sebelum kehadiran VOC (Wawo 2003), Pendapatan Asli Daerah (PAD) NTT mencapai puncaknya pada tahun 1991-1994 sebesar 38.26% (BanoEt 2001), tahun 1996-2000 sebesar 12.17% dan hingga tahun 2004 kontribusi cendana terhadap PAD NTT sudah tidak ada (Darmokusumo 2001). Hal tersebut terjadi karena populasi cendana di alam telah mengalami penurunan drastis sebagai akibat eksploitasi untuk mendapatkan keuntungan maksimal dari kayu cendana yang tidak diimbangi dengan kegiatan konservasi. Akibat adanya deviasi antara tindakan eksploitasi yang tidak diimbangi dengan konservasi, maka lembaga IUCN (*International of Union Conservation of*

*Natural Resource*) mengategorikan cendana sebagai *vulnerable* (hampir punah) dan oleh CITES dengan kategori Appendix II. Penurunan populasi cendana ini telah berdampak pada menurunnya pasokan bahan baku sehingga terjadi kekurangan suplai minyak cendana dunia hingga mencapai 100 ton/tahun (Thomson *et al.* 2011).

Budidaya tanaman cendana dalam rangka meningkatkan produksi dan kualitas minyak perlu diupayakan, di samping untuk memenuhi kebutuhan bahan baku industri juga sebagai bagian dari upaya konservasi dalam rangka menjaga kelestarian dari bahaya kepunahan. Upaya pemulihan potensi cendana di NTT telah banyak dilakukan, seperti usaha pengembangan dengan penanaman cendana dari pembibitan maupun pemeliharaan anakan yang berasal dari penyebaran alamiah. Namun keberhasilannya sangat rendah karena kurangnya dukungan informasi dan teknologi pembudidayaan cendana. Cendana juga dapat dibiakkan secara generatif melalui biji, akan tetapi viabilitas benihnya mudah turun. Pembiakan cendana secara vegetatif (stek pucuk dan stek akar) sudah dilakukan, tetapi keberhasilannya masih rendah. Permasalahan ini didukung pula adanya anggapan petani NTT bahwa cendana tidak bisa ditanam (Rahayu *et al.* 2002). Keberhasilan tumbuhnya tanaman cendana di lahan kritis savana kering NTT masih rendah (kurang dari 20%). Hal ini disebabkan pada awal penanaman di lapangan cendana belum beradaptasi dengan baik karena masalah kondisi tanahnya marginal dan kekurangan air. Masalah kekurangan air akibat curah hujan yang rendah, waktunya pendek dan turunnya tidak teratur.

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan organisme yang berasal dari golongan fungi yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman (Brundrett *et al.* 1996). Pemanfaatan FMA sebagai pupuk hayati adalah solusi alternatif untuk menghindari kerusakan tanah akibat penggunaan pupuk anorganik (Sundari *et al.* 2011). FMA berpotensi besar sebagai pupuk hayati bagi tanaman karena memfasilitasi penyerapan hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Prihastuti 2007). FMA dapat ditemukan hampir pada semua ekosistem, termasuk pada lahan masam atau

alkalin (Kartika 2006) dan kondisi lingkungan bersalinitas tinggi (Delvian 2007).

Menurut Smith dan Read (2008), FMA dapat berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman. Walaupun demikian, tingkat populasi dan komposisi jenis FMA sangat beragam dan dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan faktor lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembapan tanah, kandungan fosfor dan nitrogen (Hill *et al.* 2010), toleransi kekeringan yang tinggi (Li *et al.* 2013), perlindungan terhadap patogen tular tanah (Zhang *et al.* 2009) serta konsentrasi logam berat (Daniels dan Trappe 1980). Dengan demikian FMA memiliki peran fungsional yang sangat penting bagi tanaman yakni sebagai bioprosesor, bioprotektor, bioaktifator dan bioagregator (Nusantara *et al.* 2012).

Populasi pohon cendana cenderung menurun akibat tidak seimbangnya eksploitasi dan upaya pelestariannya. Perbanyak bibit dengan menggunakan benih membutuhkan waktu yang cukup lama. Upaya pemanfaatan FMA merupakan solusi penting untuk pelestarian cendana dan pertumbuhannya pada kondisi lahan yang marginal dan tidak subur. Dengan demikian, penelitian ini berguna untuk menjawab pertanyaan sebagai berikut: Bagaimana keanekaragaman jenis FMA di sekitar rizosfer cendana pada beberapa lokasi di NTT?

## METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Silvikultur, SEAMEO BIOTROP Bogor, bulan Februari - Juni 2025

### Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah yang diambil dari bawah tegakan cendana, aquades, kertas millipor, larutan glukosa 60%, *polyvinil alkohol lactogliserol* (PVLG) dan larutan *melzer's*. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekop, cangkul, timbangan, satu set penyaring (*sieve*) berukuran 500  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$  dan 38  $\mu\text{m}$ , cawan petri, mikropipet, timbangan kasar, alat sentrifugasi, pinset spora, *dissecting microscope*, *compound microscope*, gelas objek, gelas penutup, dan *handsprayer*.

## Prosedur Penelitian

### 1. Pengambilan contoh tanah dan Analisis Tanah

Pengambilan contoh tanah dan sampel fungi mengikuti metode yang dilakukan Fauziah (2013). Pada penelitian ini pengambilan contoh tanah dilakukan di bawah tegakan cendana pada tiga lokasi di Nusa Tenggara Timur. Setiap lokasi diwakili oleh 5 pohon cendana yang dipilih secara acak. Tanah diambil dari bawah tegakan dengan empat sisi yang berbeda pada zona perakaran (area rizosfer). Pengambilan tanah ini dilakukan secara komposit pada kedalaman 0-20 cm. Contoh tanah hasil komposit diambil 500 g, dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi label (Nusantara *et al.* 2012). Contoh tanah dianalisis untuk mengetahui beberapa sifat kimia contoh tanah di antaranya kandungan N, P, K, KTK, pH dan C-organik.

### 2. Pembuatan Kultur Penangkaran (*trapping*)

Kultur penangkaran (*trapping*) bertujuan untuk menstimulasi sporulasi dari FMA yang ada didalam tanah yang diambil dari lapangan. Hal ini perlu dilakukan mengingat tidak semua FMA aktif pada periode waktu yang sama sehingga berpengaruh pada jumlah FMA (Nusantara *et al.* 2012). Teknik penangkaran (*trapping*) dilakukan dengan metode Brundrett *et al.* (1996) yakni dengan menggunakan pot-pot kultur berdiameter 6 cm. Media tanam yang digunakan berupa tanah 50 g dan batuan zeolit berukuran 1 - 2 mm sebanyak 120 g. Teknik pengisian media tanam dalam pot kultur adalah pot kultur diisi dengan zeolit 100 g kemudian dimasukan contoh tanah sebanyak 50 g dan ditutup lagi dengan zeolit sebanyak 20 g, sehingga media tanam tersusun atas zeolit – contoh tanah – zeolit. Sumber inokulum FMA (contoh tanah) berasal dari 3 lokasi tegakan cendana di NTT.

Tanaman inang yang digunakan dalam kultur penangkaran adalah *Sorgum vulgare* dan *Capsicum annum*. Kedua tanaman inang tersebut masing-masing direndam dalam air selama 6 jam. Benih-benih tersebut langsung disemaikan dalam pot-pot kultur. Pemeliharaan kultur penangkaran meliputi penyiraman, pemberian hara dan pengendalian gulma secara manual. Larutan hara yang digunakan adalah phosphoric acid dengan konsentras

0,1% diberikan 1 kali setiap 2 minggu sebanyak 20 mL pada setiap pot kultur. Pada umur 3 bulan setelah penanaman, dilakukan pengamatan terhadap tanaman hasil penangkaran (*trapping*) dengan tujuan mengetahui perkembangan spora dengan cara mengambil sampel akar dan tanah, selanjutnya pengecekan dilakukan setiap 2 minggu sekali. Sampel akar dan tanah diambil dan diletakan pada cawan Petri, ditambahkan dengan sedikit air, kemudian diamati di bawah mikroskop dan dilakukan pencatatan terhadap kondisi spora baru yang berkembang serta akar tanaman inang yang terbentuk.

### 3. Ekstraksi dan Karakterisasi FMA

Ekstraksi FMA merupakan tahapan awal untuk memisahkan spora dari contoh tanah. Metode yang digunakan dalam ekstraksi FMA adalah teknik tuang saring basah dari Pacioni (1992) dan dilanjutkan dengan sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996). Langkah-langkah dalam isolasi spora; 1) contoh tanah diambil sebanyak 10 g ditambahkan dengan air hingga 500 mL diaduk untuk menghancurkan agregat tanah; 2) suspensi tanah dituangkan ke penyaringan bertingkat dengan ukuran 500  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$  dan 38  $\mu\text{m}$  ; 3) suspensi tanah yang tersaring pada saringan ukuran 63  $\mu\text{m}$  dan 38  $\mu\text{m}$  ditampung ke dalam botol dengan bantuan air dari botol semprot; 4) endapan diaduk dan dengan bantuan pipet plastik, dipindahkan pada tabung sentrifuse lalu ditambahkan larutan glukosa 60%; 5) dilakukan sentrifugasi dengan kecepatan 3.000 rpm selama kurang lebih 5 menit, larutan supernatan dan air yang jernih dituang dalam corong plastik yang telah dialasi dengan kertas milipor, air akan menembus kertas dan jatuh ke dalam botol kaca; 6) spora yang tersaring kemudian dicuci/dibersihkan dengan bantuan air dari botol semprot untuk mencegah terjadinya lisis spora. Spora FMA hasil penyaringan selanjutnya diisolasi dan dibuat preparat dengan larutan PVLG untuk diidentifikasi. Pengamatan isolasi dan karakterisasi jenis FMA dilakukan berdasarkan ciri morfologi spora. 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 10 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

### Kondisi umum lokasi

Kondisi umum wilayah Nusa Tenggara Timur dikenal sebagai daerah yang memiliki musim kemarau yang panjang. Curah hujan rata-rata 625 – 1.625 mm/tahun, tipe iklim D dan E, dengan rata-rata temperatur berkisar antara 10 °C – 35 °C pada siang hari, dan kelembaban relatif 50% - 60% pada musim kemarau.

Lokasi Desa Nano merupakan lokasi tempat tumbuh cendana secara alami yang berada pada ketinggian 400 meter dari permukaan laut. Lokasi Hutan Tanaman Cendana Bu'at berada pada ketinggian 780 meter dari permukaan laut; dan lokasi Demplot Cendana Sisimani berada pada ketinggian 400 meter dari permukaan laut. Contoh tanah diambil dari bawah tegakan cendana pada tiga lokasi yang berbeda di NTT. Kondisi lingkungan dari ketiga lokasi tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, seperti pH tanah, kandungan P, vegetasi dan tipe penggunaan lahan. Vegetasi yang umum dijumpai pada ketiga lokasi rumput teki (*Cyperus rotundus*) rumput torpedo (*Panicum repens*), rumput benggala (*Megathyrsus maximua*), rumput bandotan (*Ageratum conyzoides*), alang-alang (*Imperata cylindrica*) dan jenis liana berkayu seperti *Leucaena*, *Mindi*, *Lantana camara*, *Calliandra tetragona*, *Gmelina*, *Chromolaena odorata*, bidara/kom (*Ziziphus mauritiana*).

### Isolasi dan karakterisasi jenis spora FMA

Isolasi dan karakterisasi merupakan tahapan awal untuk memisahkan spora dari contoh tanah. Berdasarkan hasil isolasi dan karakterisasi spora dari contoh tanah asal rizosfer tegakan cendana setelah dilakukan kultur penangkaran (*trapping*) ditemukan dua genus spora FMA yaitu *Glomus* sp., dan *Acaulospora* sp. Genus *Glomus* sp. terdiri atas 18 jenis dan genus

*Acaulospora* sp. terdiri atas 8 jenis. Genus *Glomus* sp., dan *Acaulospora* sp., merupakan tipe genus yang umum ditemukan di tiga lokasi. Secara umum dari hasil pengamatan diperoleh bahwa *Glomus* sp. merupakan genus yang paling dominan, hal ini juga berhubungan dengan spesies *Glomus* sp. yang lebih banyak dibandingkan dengan genus lainnya.

Kerapatan spora FMA dengan nilai tertinggi adalah Desa Nano (625 spora/50 g tanah), yang merupakan tegakan alami dari pohon cendana. Lokasi HTC Bu'at dengan kerapatan 497 spora/50 g tanah, dan lokasi Demplot Cendana Sisimani dengan nilai kerapatan terendah (276 spora/50 g tanah). Tipe *Glomus* sp. memiliki kerapatan yang tinggi (18 jenis). *Glomus* sp.8 dengan jumlah spora terbanyak (42 spora) dari lokasi Desa Nano dan lokasi Demplot Cendana Sisimani (41 spora). Tipe *Acaulospora* sp.5 dengan jumlah spora terbanyak, dari lokasi Desa Nano (40 spora), Hutan Tanaman Cendana Bu'at (38 spora) dan Demplot Cendana Sisimani (3 spora). Ada beberapa tipe spora FMA yang tidak ditemukan pada semua lokasi yang berbeda, hal ini sangat erat hubungannya dengan kondisi sifat fisik dan kimia tanah serta jenis kondisi vegetasinya. Kondisi vegetasi yang beragam akan mengakibatkan tingkat jenis dari spora FMA yang beragam karena kecocokan dan spesifikasi setiap jenis spora FMA berbeda-beda terhadap setiap jenis tanaman inang. Tabel 2 menunjukkan kerapatan spora FMA lokal yang ditemukan pada saat isolasi awal dan setelah dilakukan kultur penangkaran (*trapping*).

Tabel 2. Kerapatan spora FMA dari risosfer tegakan cendana pada 3 lokasi di NTT

No.	Jenis spora FMA	Kerapatan spora/50 g tanah		
		Nano	Bu'at	Sisimani
1.	<i>Glomus</i> sp.1	25	23	35
2.	<i>Glomus</i> sp.2	27	29	21
3.	<i>Glomus</i> sp.3	27	17	28
4.	<i>Glomus</i> sp.4	15	11	9
5.	<i>Glomus</i> sp.5	21	32	7
6.	<i>Glomus</i> sp.6	17	30	3
7.	<i>Glomus</i> sp.7	31	23	21
8.	<i>Glomus</i> sp.8	42	19	41
9.	<i>Glomus</i> sp.9	21	16	7
10.	<i>Glomus</i> sp.10	31	25	0
11.	<i>Glomus</i> sp.11	10	7	5
12.	<i>Glomus</i> sp.12	38	27	15

13.	<i>Glomus</i> sp.13	37	26	21
14.	<i>Glomus</i> sp.14	31	21	35
15.	<i>Glomus</i> sp.15	32	15	5
16.	<i>Glomus</i> sp.16	22	12	0
17.	<i>Glomus</i> sp.17	27	0	0
18.	<i>Glomus</i> sp.18	15	2	0
19.	<i>Acaulospora</i> sp.1	15	9	5
20.	<i>Acaulospora</i> sp.2	23	37	9
21.	<i>Acaulospora</i> sp.3	32	27	2
22.	<i>Acaulospora</i> sp.4	10	17	1
23.	<i>Acaulospora</i> sp.5	40	38	3
24.	<i>Acaulospora</i> sp.6	9	11	1
25.	<i>Acaulospora</i> sp.7	15	19	0
26.	<i>Acaulospora</i> sp.8	12	4	2
	Total	625	497	276
	Rata-rata	24.04	19.12	10.62

Morfologi spora dari FMA merupakan karakter biologi yang mudah diamati dengan bantuan mikroskop. Karakter morfologi yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis spora adalah bentuk, warna, jumlah dan tebal dinding spora, ada tidaknya struktur khas, hiasan dinding spora (ornamen), ukuran spora serta reaksi spora terhadap larutan Melzer's. Berdasarkan identifikasi morfologi tersebut, fungi mikoriza arbuskula dapat ditentukan genus dan spesiesnya. Sistematika atau taksonomi FMA pada penelitian ini dibatasi hingga tingkat genus. Karakterisasi tiap jenis spora FMA ditunjukkan pada Tabel 3.

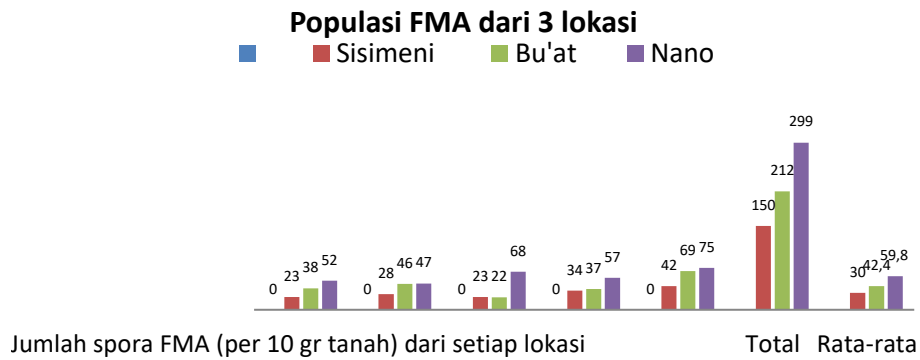
Ekstraksi dan isolasi merupakan tahapan awal untuk memisahkan spora dari contoh tanah. Gambar 2 menunjukkan populasi FMA lokal berdasarkan hasil isolasi awal dari risosfer tegakan cendana pada tiga lokasi di NTT sebelum dilakukan kultur penangkaran. Populasi FMA dengan total nilai tertinggi (299 spora) dengan rata-rata 59,8 (10 g tanah/pohon) adalah lokasi Nano yang merupakan tegakan alami dari cendana. Tingginya populasi FMA pada lokasi Nano diakibatkan vegetasi yang beragam. Demplot Sisimeni memiliki populasi dengan nilai yang sangat rendah dengan jumlah spora 130 dengan nilai rata-rata 30 spora (10 g tanah/pohon), hal ini disebabkan kegiatan pemupukan dan pendangiran terhadap gulma yang tumbuh yang dilakukan setiap tahun.

## Keragaman dan spora jenis FMA

Perbedaan kerapatan spora FMA diduga diakibatkan perbedaan karakteristik sifat fisik dan kimia dari tanah dari ketiga lokasi tegakan cendana di NTT. Kondisi lingkungan dengan vegetasi yang beragam juga berpengaruh terhadap perkembangan dan asosiasi dari spora FMA. Tingginya populasi FMA pada lokasi Nano diakibatkan vegetasi yang sangat beragam atau tegakan hutan yang heterogen, karena kemampuan FMA untuk berasosiasi dengan tanaman juga berbeda-beda. Tipe penggunaan lahan yang tidak efektif dalam pengolahannya, mengakibatkan tingkat kesuburan tanah rendah, dan kondisi demikian mampu meningkatkan populasi dari FMA. Rendahnya kerapatan spora FMA pada lokasi ini disebabkan kegiatan pemupukan dan pendangiran terhadap gulma yang tumbuh sehingga menekan sporulasi dari FMA. Variasi populasi dan keragaman FMA sangat dipengaruhi oleh variasi faktor yang meliputi tanah (terutama sifat kimia tanah), kondisi lingkungan (temperatur dan musim), jenis inang dan tingkat kerusakan (Wubet *et al.* 2003). Terkait dengan ketersediaan P tanah, beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa jumlah spora FMA tinggi ditemukan pada P tersedia yang rendah (Tian *et al.* 2011).

*Glomus* sp. adalah genus mikoriza dari famili *Glomeraceae*. *Glomus* sp adalah genus yang memiliki keberagaman jenis tertinggi dari genus lainnya. 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 *globuse*, *sub-globuse*, *ovoid*, ataupun *obovoid* dengan dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis, berwarna hialine sampai kuning, merah kecokelatan, coklat, dan hitam, berukuran antara 20-400  $\mu\text{m}$  (Morton dan Beny 1990; INVAM 2014).

*Acaulospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk dalam famili *Acaulosporaceae*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu memiliki 2-3 dinding spora, spora terbentuk di sisi samping leher *sporiferous saccule*, berbentuk *globuse* hingga *ellips*, berwarna hialine, kuning ataupun merah kekuningan, berukuran antara 100-400  $\mu\text{m}$  (Morton dan Beny 1990; INVAM 2014). Hasil isolasi dan karakterisasi FMA menunjukkan keanekaragaman genus yang rendah karena hanya terdapat 2 genus yaitu *Glomus* dan *Acaulospora*, namun memiliki keanekaragaman jenis yang tinggi dari kedua tipe genus. Tipe *Glomus* sp. terdiri atas 18 tipe spesies dan *Acaulospora* terdiri atas 8 tipe spesies.



Gambar 2 Hasil isolasi FMA lokal dari tegakan cendana pada tiga lokasi di NTT sebelum dilakukan kultur penangkaran (*trapping*).


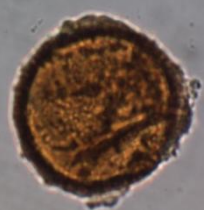
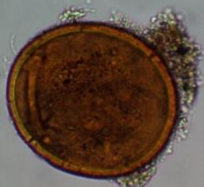


#### Keanekaragaman fungi FMA


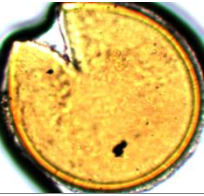
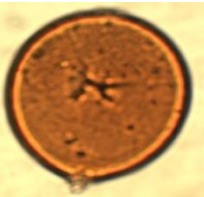
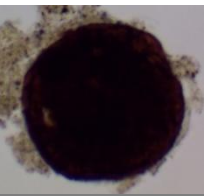

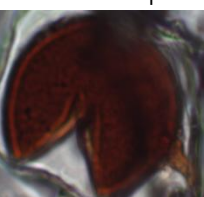

Morfologi spora dari FMA merupakan karakter biologi yang mudah diamati dengan bantuan mikroskop. Karakter morfologi yang digunakan untuk mengidentifikasi jenis spora adalah bentuk, warna, jumlah, dan tebal dinding spora, ada tidaknya struktur khas, hiasan didinding spora (ornamen), ukuran spora, serta reaksi spora terhadap larutan Melzer's. Berdasarkan identifikasi morfologi tersebut, fungi mikoriza arbuskula dapat ditemukan genus dan spesiesnya. Sistematika atau taksonomi FMA pada penelitian ini dibatasi hingga tingkat genus. Karakterisasi tiap jenis spora FMA ditunjukkan pada Tabel 3. Kepadatan spora setiap jenis FMA pada 3 lokasi tegakan cendana di NTT sangat beragam. *Glomus* sp. merupakan jenis yang paling mendominasi.





Spora merupakan struktur FMA yang memiliki daya tahan tinggi terhadap kondisi lingkungan yang marginal, dan pada kondisi tertentu mewakili propagul infeksi di lapangan atau lingkungan yaitu pada kondisi setelah periode yang lama tanpa vegetasi, atau setelah musim kemarau yang panjang. Kepadatan spora per unit berat tanah merupakan propagul FMA yang nyata ada di lapangan dan kepadatan spora sering juga dipakai untuk menghitung populasi FMA selama masa tumbuh tanaman (Sieverding, 1991). Menurut Daniels dan Skipper (1982), tanah mempunyai populasi spora FMA yang tinggi apabila kepadatan sporanya 20 per gram tanah (2000 per 100 gram tanah). Dengan demikian kepadatan spora FMA pada tiga tegakan cendana di NTT tergolong masih rendah (Tabel 2).


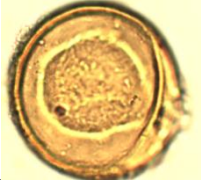

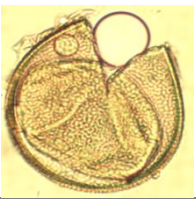
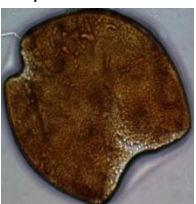

Penting artinya untuk mengetahui potensi dan peran FMA untuk pengolahan lahan terdegradasi, lahan marginal yang tidak subur, serta lahan-lahan kritis (Smith dan Read, 1997).

Tabel 3 Karakterisasi tipe spora FMA pada contoh tanah dari tegakan cendana dari tiga lokasi di NTT setelah dilakukan kultur penangkaran dengan tanaman inang shorgum dan cabai

No	Tipe spora FMA	Karakteristik Morfologi	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )/skala $\mu\text{m}$	20 x	Reaksi dengan Melzer's
1.	<i>Glomus</i> sp.1 	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat kemerahan, dinding spora tebal, dan memiliki <i>subtending hyphae</i> tunggal.	11.65-16.05 10.79-14.98	x	Tidak bereaksi
2.	<i>Glomus</i> sp.2 	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal dan berwarna lebih gelap.	75.5-107.6 25.38-106.87	x	Tidak bereaksi
3.	<i>Glomus</i> sp.3 	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat, dinding spora tebal, permukaan kasar.	109.87- 138.02x105.67- 138.01		Tidak bereaksi
4.	<i>Glomus</i> sp.4 	Spora berbentuk bulat, hyaline, permukaan spora kasar	86.18-108.87 76.19-106.87	x	Tidak bereaksi
5.	<i>Glomus</i> sp.5 	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat, dinding spora tebal dengan permukaan yang kasar.	157.8-194.58 148.41-184.69	x	Tidak bereaksi
6.	<i>Glomus</i> sp.6	Spora berbentuk bulat, berwarna cokelat agak kemerahan,	105.2-120.27 101.18-111.22	x	Tidak bereaksi

		bagian tengah menyerupai <i>sacule</i> berwarna hitam, dan mempunyai <i>subtending hyphae</i> tunggal.		
7.	<i>Glomus</i> sp.7 	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning, serta memiliki dinding spora yang tebal, dengan permukaan yang halus.	157.8-194.58 x 148.41-184.69	Tidak bereaksi
8.	<i>Glomus</i> sp.8 	Spora berbentuk elips, berwarna orange, memiliki dinding spora yang tebal dengan dinding bagian luar yang berwarna gelap.	142-243.56 x 127-241.3	Tidak bereaksi
9.	<i>Glomus</i> sp.9 	Spora berbentuk bulat, berwarna merah sampai kehitaman, dengan permukaan yang halus.	116.5-248.91 x 111.56-245.57	Tidak bereaksi
10.	<i>Glomus</i> sp.10 	Spora berbentuk bulat, berwarna merah pekat, dinding spora tipis, permukaan halus serta memiliki <i>bulbos suspensor</i> .	191.29-246.57 x 190-238.36	Tidak bereaksi
11.	<i>Glomus</i> sp.11 	Spora berbentuk bulat, berwarna merah pekat, permukaan kasar, dengan dinding spora yang tebal, dan memiliki <i>subtending hyphae</i> .	138.44-243.8 x 138-212.56	Tidak bereaksi
12.	<i>Glomus</i> sp.12 	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, permukaan kasar dengan dinding spora agak tipis.	109.87-153.77 x 105.6-153.1	Tidak bereaksi
13.	<i>Glomus</i> sp.13	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dengan dinding spora yang tipis, dan permukaan kasar.	99.42-177.9 x 94.67-154.44	Tidak bereaksi

					
14.	 <i>Glomus</i> sp.14	Spora berbentuk bulat, hyaline, dinding spora tebal dan memiliki <i>subtending hyphae</i> tunggal.	79.42-125.63 x 71.25-.93-120	Tidak bereaksi	
15.	 <i>Glomus</i> sp.15	Spora berbentuk bulat, berwarna kecokelatan, permukaan halus dengan dinding spora yang tebal.	243-246.57 x 238.36-241.2	Tidak bereaksi	
16.	 <i>Glomus</i> sp.16	Spora berbentuk bulat, berwarna kuning kecokelatan, dinding spora tebal dengan permukaan yang kasar	156.23-161 x 140.33-150.18	Tidak bereaksi	
17.	 <i>Glomus</i> sp.17	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari bening menjadi kuning kecokelatan, dinding spora tebal, serta permukaan yang kasar.	120.96-153.77 x 120-153.1	Bereaksi	
18.	 <i>Glomus</i> sp.18	Spora berbentuk lonjong, berubah warna dari bening menjadi orange, dinding spora tebal, ditemukan adanya <i>subtending hyphae</i> dan <i>germination shield</i> .	142-160.3 x 127.3-130.26	Bereaksi	
19.	 <i>Acaulospora</i> sp.1	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari kuning menjadi coklat kemerahan, dinding spora tebal, serta memiliki <i>cicatrix</i>	103.34-157.62 x 93.54-147.5	Bereaksi	
20.	<i>Acaulospora</i> sp.2	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari bening menjadi kuning kecokelatan, dinding	86.18-138.92 x 76.19-132.66	Bereaksi	

		spora tebal, dan memiliki <i>cicatrix</i> .			
21.	<i>Acaulospora</i> sp.3 	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari bening menjadi kuning kecokelatan, dinding spora tebal dan memiliki <i>saccule</i> .	132.45-184.3 129.65-181.9	x	Bereaksi
22.	<i>Acaulospora</i> sp.4 	Berbentuk lonjong, berubah warna dari bening menjadi agak kekuningan, dinding spora tipis, permukaan kasar dan nampak seperti kulit jeruk, ada <i>cicatrix</i> dan <i>saccule</i> .	125-142.38 120-140.37	x	Bereaksi
23.	<i>Acaulospora</i> sp.5 	Berbentuk lonjong, hyaline, dinding spora tipis, permukaan kasar dan nampak seperti kulit jeruk, ada <i>cicatrix</i> dan <i>saccule</i> .	121.5-142 140.26	x	Tanpa melzer's
24.	<i>Acaulospora</i> sp.6 	Berbentuk lonjong, berwarna cokelat, dinding spora tipis, permukaan kasar dan nampak seperti kulit jeruk.	119.5-142 140.26	x	Tanpa melzer's
25.	<i>Acaulospora</i> sp.7 	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari hyaline menjadi kuning kecokelatan, dinding spora tipis, permukaan halus, dinding spora tebal ada <i>cicatrix</i> dan <i>saccule</i> .	86.18-139 76.19-134.67	x	Bereaksi
26.	<i>Acaulospora</i> sp.8	Spora berbentuk bulat, berubah warna dari hyaline menjadi	139.03-239 134.67-235.86	x	Bereaksi



cokelat memiliki *subtending*  
*hyphae* tunggal, serta *cicatrix*.

---

*Glomus* sp. adalah genus mikorisa dari famili *Glomeraceae*. *Glomus* sp adalah genus yang memiliki keberagaman jenis tertinggi dari genus lainnya. 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 pelekat oleh sebuah sekat. Spora berbentuk *globuse*, *sub-globuse*, *ovoid*, ataupun *obovoid* dengan dinding spora terdiri atas lebih dari satu lapis, berwarna hyaline sampai kuning, merah kecokelatan, cokelat, dan hitam, berukuran antara 20-400  $\mu\text{m}$  (Morton dan Beny 1990; INVAM 2014).

*Acaulospora* sp. adalah genus mikorisa yang termasuk dalam famili *Acaulosporase*. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu 2-3 dinding spora, spora berbentuk di sisi samping leher *sporiferous saccule*, berbentuk *globuse* hingga *ellips*, berwarna hyaline, kuning ataupun merah kekuningan, berukuran antara 100-400  $\mu\text{m}$  (Morton dan Beny 1990; INVAM 2014).

#### SIMPULAN

1. Hasil isolasi dan karaterisasi spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizozfer cendana (*Santalum album* Linn.) di Nusa Tenggara Timur ditemukan 26 tipe spora FMA.
2. Keanekaragaman jenis FMA lokal asal Desa Nano, HTC Buat dan Demplot Cendana Sisimeni terdapat 18 tipe spora FMA dari genus *Glomus* dan 8 tipe spora FMA dari genus *Acaulospora*.
3. Kerapatan jenis spora FMA tertinggi berasal dari lokasi Desa Nano (229 spora/ 10 g tanah) yang merupakan tegakan alami dari tanaman cendana.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin W. 2011. Inokulasi fungi mikoriza arbuskula dalam meningkatkan produktivitas dan mutu benih cabai (*Capsicum anum L*) serta efisiensi penggunaan pupuk P [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Abdulah A, Mindawati N, Kosasi AS, Darwo. 2013. Evaluasi pertumbuhan awal jabon di Hutan Rakyat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 10(3):119-127.
- Binu NK, Ashokan PK, Balasundaran M. 2015. Influence of different arbuscular mycorrhiza fungi and shade on growth of sandal (*Santalum album*) seedlings. Kerala Agricultural University. Kerala, India. *Journal of Tropical Forest Science* 27(2):158-165.
- Brundrett MC, Bougherr N, Dells B, Grove T, Malajezuk N, 1996. *Working with mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for International Agriculture Research.
- Budi SW, Kemala IF, Turjaman M. 2013. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang tempurung kelapa untuk meningkatkan pertumbuhan semai *Falcataria moluccana* (Miq) Barneby & JW Grimes dan *Samanea saman* (Jacq) Merr. *Jurnal Silvikultur Tropika* 04(1):11-18.
- Daniel A, Skipper HD. 1982. Methode for the Recovery and Quantitative Estimation of Propagules from Soil. dalam: Schenk NC, Penyunting. *Methods and Principle of Mycorrhizal Research*. The American Phytopathological Society. Minnesota.
- Fauziah L. 2013. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula di bawah tegakan tanaman agroforestry jabon (*Anthocephalus cadamba*) di Purwakarta Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Hamzah Z. 1976. *Sifat Silvika dan Silvikultur Cendana (Santalum album L.) di Pulau Timor*. Bogor (ID): Lembaga Penelitian Hutan.
- Hill J, Simpson R, Ryan M, Chapman D. 2010. Root hair morphology and mycorrhizal colonisation of pasture species in response to phosphorus and nitrogen nutrition. *Crop and Pasture Science* 61: 122–131.
- Irianto RSB. 2009. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula terhadap pertumbuhan bibit jarak pagar di persemaian. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 6(2):195-201.
- [INVAM] International cultur colection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal fungi (US). 2014. The Fungi: clasification, nomenclature and species descriptions [Internet]. [diunduh 2016 Agust 9]; Tersedia pada: <http://invam.wvu.edu>

- Li T, Hu YJ, Hao ZP, Li H, Wang YS, Chen BD. 2013. First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *New Phytologist* 197: 617–630.
- Mansur I. 2003. *Teknik Perbanyakan dan Aplikasi FMA untuk Tanaman Pertanian*. Bogor (ID): Pusat Penelitian Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2013. *Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab*. Bogor (ID): IPB Press.
- Pocioni G. 1992. Wet-Sieving and decanting techniques for the extraction of spores of vesicular-arbuscular fungi. 317-322. *In*: Norris JR, Read DJ, Varma AK, editor. *Methods In Microbiology*. London (GB): Academic Press.
- Prihastuti. 2007. Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. *Berk. Penel. Hayati*: 12(99-106).
- Setiadi Y, Mansur I, Budi SW, Achmad. 1992. *Mikrobiologi Tanah Hutan*. (Petunjuk Laboratorium). Bogor (ID): Pusat Antar Universitas Bioteknologi Institut Pertanian Bogor.
- Sieverding E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Management in Tropical Agrosistem Technical Kooperation Federal Republic of Germany, Eschborn. P. 37-76.
- Smith SE, Read DJ. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Ed ke-2. Academic Press. California.
- Surata IK. 2006. *Teknik Budidaya Cendana*. Aisuli No.21 ISSN: 1410-1009 [internet]. [diacu 2015 Mei 14]. Tersedia pada: [http://www.foristkupang.org/downlot.php?file=juknis% 20-cendana.pdf](http://www.foristkupang.org/downlot.php?file=juknis%20-cendana.pdf).
- Zhang L, Zhang J, Christie P, Li X. 2009. Effect of inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in cucumber. *Journal of Plant Nutrition* 32: 967–979.
- Hill J, Simpson R, Ryan M, Chapman D. 2010. Root hair morphology and mycorrhizal colonisation of pasture species in response to phosphorus and nitrogen nutrition. *Crop and Pasture Science* 61: 122–131.
- Li T, Hu YJ, Hao ZP, Li H, Wang YS, Chen BD. 2013. First cloning and characterization of two functional aquaporin genes from an arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *New Phytologist* 197: 617–630.
- Zhang L, Zhang J, Christie P, Li X. 2009. Effect of inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in cucumber. *Journal of Plant Nutrition* 32: 967–979.