

# PEMANFAATAN FMA DAN TANAMAN INANG UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN BIBIT CENDANA (*Santalum album* Linn.)

*Utilization of AMF and Host Plant to Increase The Growth of Sandalwood Seedlings  
(Santalum album Linn.)*

Magdalena Sunarti Pareira<sup>1\*</sup>, Irdika Mansur<sup>2</sup>, dan Dewi Wulandari<sup>3</sup>

(Diterima Maret 2018/Disetujui Mei 2018)

## ABSTRACT

The sandalwood tree (*Santalum album* Linn.) is an important tree species as well as a primadonna for the people of East Nusa Tenggara (NTT). It has high economic value for its aromatic wood and essential oil content that have a very distinctive aroma used to make various products such as handicrafts, woodcarvings, incense, and oil for the perfume and cosmetics industry. Sandalwood is a semi parasite plant that part of its life phase requires a host plant to get the nutrients and water. There are many types of host plants that have been used, among others, *Casuarina equisetifolia*, *Acacia mangium*, *Terminalia microcarpa*, *Sesbania grandiflora*, *Alternanthera sp* and *Capsicum annum*. In this research will be tested to try sandalwood planted with *Cymbopogon nardus* host plants, in terms of economics can provide benefits.

Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) is a group of fungi from glomeromycota phylum that can symbiosis mutualism with root system of high level plant. The working principle of the mycorrhiza is to infect the root system of the host plant, producing intensive hyphae tissue so that the plant containing mycorrhiza will be able to increase the capacity in nutrient uptake. The utilization of host plants *Alternanthera sp*, *Capsicum annum*, and its application with AMF is the best solution to overcome the problem of developing sandalwood in TTU on the nursery. The purpose of this study was to analyze the effectiveness of AMF and utilization of the atsiri host plant to increase the growth of sandalwood seedlings in TTU. This study was designed using a complete random method (RAL) in split plot design. If the treatment has a significant effect then followed by Duncan Multiple Range Test (DMRT). Parameters observed were height (cm), number of leaf, diameter of sandalwood (mm), dry weight of root, seed quality index, ratio of root buds, and haustorium observation of Sandalwood, and also number of spore, root colonization and AMF dependency of Sandalwood.

The results showed that the treatment of AMF with *Capsicum annum* host plant was 19.8 of high, number of leaf 18.9 on FMA treatment with host plant *Capsicum annum*, diameter of stem 2.24 mm on *Alternanthera sp* host treatments without AMF and 1.83 mm at AMF treatment with host plant *Capsicum annum*, dry weight of buds 2.00g on AMF treatment with *Capsicum annum* host plant, dry weight of roots AMF (M1) with *alternanthera sp* 0.70 g, root buds ratio of AMF with host plant *alternanthera sp* 4.05, seed quality index AMF with *Alternanthera sp* 4.16 and 82 % of root colonization on AMF with host plant *Capsicum annum*.

Key words: *Santalum album* Linn., AMF, host plant.

## PENDAHULUAN

Pohon cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan salah satu jenis pohon penting bagi masyarakat Nusa Tenggara Timur (NTT) karena mempunyai nilai ekonomi tinggi dan menjadi jenis endemik terbaik di dunia. Kayu cendana dan kandungan minyak atsiri yang ada di dalamnya memiliki aroma yang sangat khas dan dapat dimanfaatkan untuk berbagai produk seperti kerajinan tangan, ukiran kayu, dupa, dan minyak untuk industri parfum dan kosmetik (Matsuo dan Mimaki

2010). Cendana pernah memberikan kontribusi untuk Pendapatan Asli Daerah (PAD) provinsi NTT, sebesar 2 458 594 kg pada tahun 1989-1994 (BanoEt 2001), dengan rata-rata kontribusinya mencapai 38.26%, dan mengalami penurunan menjadi 12.17% pada tahun 1996-2000 (Kemenhut dan Pemprov NTT 2010). Hal ini terjadi karena eksploitasi cendana secara terus menerus tanpa diimbangi dengan upaya penanaman kembali cendana. Selain itu kondisi ini juga terjadi disebabkan oleh kesalahan pengelolaan cendana pada masa lalu dengan kebijakan pemerintah melalui peraturan daerah (Njurumana *et al.* 2013) yang mengutamakan aspek ekonomi tanpa memperhatikan aspek sosial dan aspek kelestarian (Butar-butur dan Faah 2008). Upaya pemulihan kembali cendana di NTT telah dituangkan secara sistematis dan terencana melalui Master Plan dan Rencana Aksi Pengembangan dan Pelestarian Cendana di Provinsi NTT pada 2010-2030 yakni dengan melakukan penanaman sebanyak 4 750 000 bibit

<sup>1</sup> Peneliti di Universitas Timor, Kefamenanu, NTT

\* Penulis korespondensi:

e-mail : magdalena\_parera@yahoo.com

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

<sup>3</sup> Staf Peneliti Ilmu Tanah, Nutrisi tumbuhan, & Mikrobiologi dan Bioteknologi Tanah SEAMEO BIOTROP

cendana dalam kurun waktu empat tahun (Balitbang Kehutanan NTT 2009). Upaya lain yang dapat dilakukan untuk mendukung pengembangan budidaya cendana adalah dengan pemanfaatan berbagai jenis tanaman inang yang tepat dengan tujuan tanaman inang tersebut dapat mengambil unsur hara seperti nitrogen (N), pospor (P), kalium (K), dan asam amino yang diperlukan oleh tanaman cendana dalam menunjang pertumbuhannya di persemaian. Ada banyak tanaman inang yang sudah digunakan antara lain cemara laut, acacia mangium, turi, johar, krokot dan cabai (Surata 2012). Namun tingkat keberhasilan tumbuh pohon cendana di NTT masih sangat rendah, karena sulit mendapatkan benih yang bagus, kurangnya dukungan informasi dan teknologi pembudidayaan cendana. Hal ini menyebabkan petani NTT berasumsi bahwa penanaman cendana dengan pembibitan sulit dilakukan, bahkan kemungkinan cendana tidak bisa tumbuh (Rahayu *et al.* 2002), sehingga dalam penelitian ini akan mencoba mengaplikasikan pohon cendana bersama tanaman inang yang bernilai ekonomis seperti krokot, cabai dan inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA).

FMA merupakan kelompok fungi dari filum Glomeromycota (Schüßler and Walker 2010), yang bersimbiosis mutualisme dengan sistem akar tanaman tingkat tinggi (Smith and Read 2008). Prinsip kerja mikoriza adalah dapat menginfeksi sistem perakaran tanaman inang, memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang berkolonisasi mikoriza akan mampu meningkatkan kapasitas dalam penyerapan hara (Rungkat 2009). FMA juga mampu bertahan hidup di lahan kering (Kartika 2006). Jenis tanaman inang yang sering digunakan untuk penanaman cendana awal persemaian yakni tanaman inang krokot dan cabai yang belum pernah diaplikasikan dengan FMA (Surata 2012). Kedua jenis tanaman ini sering digunakan karena tanaman inang krokot memiliki sistem perakaran lunak, tajuknya kecil, berumur panjang, mudah tumbuh, dan dapat bertahan hidup di lahan kering (Surata 2012) dan tanaman inang cabai yang memiliki akar tunggang, mudah tumbuh, memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Prajnanta 2011). Berdasarkan hasil penelitian Purnomo (2008) dan Agustin (2011), FMA mampu menginfeksi akar tanaman cabai dengan baik. Maka dari itu pemanfaatan tanaman inang krokot, cabai dan aplikasinya dengan FMA merupakan solusi terbaik untuk mengatasi masalah pengembangan cendana di kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) pada skala pembibitan. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis efektivitas FMA dan pemanfaatan tanaman inang untuk meningkatkan pertumbuhan bibit cendana.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan November 2016 – Maret 2017 di laboratorium Silviculture dan rumah kaca SEAMEO BIOTROP. Sampel tanah diambil dari rizosfer tegakan cendana di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU) yang berasal dari 2 lokasi yang berbeda yaitu lahan agroforestri TTU dan hutan alam TTU.

## Analisis Data

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan petak terbagi (*split plot design*) yang terdiri dari dua faktor perlakuan yaitu faktor pertama FMA sebagai petak utama terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa FMA (M0), FMA dari lahan agroforestri (M1) dan FMA asal hutan alam (M2). Faktor kedua adalah penanaman bersama inang (anak petak) yang terdiri dari tiga taraf yaitu cendana tanpa tanaman inang (T0), cabai (T1) dan krokot (T2). Dari 2 faktor tersebut di atas terdapat 9 kombinasi perlakuan, tiap perlakuan di ulangan sebanyak 5 kali dan masing masing ulangan terdiri dari 4 unit sehingga terdapat 180 bibit.

Analisis data menggunakan sidik ragam pada tingkat kepercayaan 95% sesuai dengan model rancangan acak lengkap dengan petak terbagi (*split plot design*) (Mattjik dan Sumertajaya 2013). Uji lanjut menggunakan *duncan multiple range test* (DMRT) pada taraf 5% dilakukan jika hasil sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata.

## Prosedur Kerja

### a. Pengambilan contoh tanah dan penangkaran FMA

Contoh tanah diambil dari bawah tegakan cendana sebanyak 500 g pada setiap pohon. Tanah diambil dari empat sisi yang berbeda pada zona perakaran (area rizosfer). Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit pada kedalaman 0-20 cm dari permukaan tanah, kemudian tanah hasil komposit diambil sebanyak 500 g, dimasukkan dalam kantong plastik dan diberi label (Nusantara *et al.* 2012). Kemudian contoh tanah dibawa ke laboratorium untuk diproses lebih lanjut. *Trapping* menggunakan kultur pot terbuka sesuai dengan teknik yang dilakukan Brundrett *et al.* (1996). Tanaman inang yang digunakan adalah sorgum (*Sorghum vulgare*).

### b. Isolasi dan Kolonisasi FMA

Isolasi FMA merupakan tahapan awal untuk memisahkan FMA dari contoh tanah. Teknik yang digunakan adalah teknik tuang saring dari Pacioni (1992) dan dilanjutkan dengan sentrifugasi dari Brundrett *et al.* (1996). Setelah tanaman cendana dipanen (pada umur 16 minggu setelah tanaman), akar tanaman diwarnai menggunakan teknik pewarnaan dari Phillips dan Hayman (1970) dengan tahapan pewarnaan yakni 1) akar dicuci sampai bersih dengan air destilata; 2) akar direndam dalam KOH 10% selama 12 jam; 3) akar dicuci dengan air hingga bersih dengan menggunakan saringan, kemudian direndam pada HCl 2% selama 12 jam; 4) tanpa dicuci, akar direndam pada larutan pewarna biru tripan selama 12-18 jam; 5) akar direndam dengan larutan destaining untuk menghilangkan kelebihan larutan pewarna biru tripan; 6) akar dipotong dengan ukuran 1 cm, kemudian akar disusun berjajar pada gelas objek dan ditutupi

dengan kaca penutup. Persentase kolonisasi akar dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ Kolonisasi akar} = \frac{\sum \text{bidang pandang yang terkoloni FMA}}{\sum \text{Keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

Peubah yang diamati dalam percobaan ini adalah persentase kolonisasi akar. Dengan kategori persentase kolonisasi akar menurut Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi (Nusantara *et al.* 2012):

- 0 = tidak dikolonisasi
- < 10 = rendah
- 10-30 = sedang
- >30 = tinggi

#### c. Ekstraksi Benih Cendana dan Tanaman Inang

Benih cendana diperoleh dari pohon induk cendana di Kabupaten TTU yang menjadi sumber benih. Ekstraksi dilakukan dengan mengeluarkan biji dari daging buahnya kemudian dicuci dengan air sampai bersih, setelah itu dilakukan seleksi biji yang baik dengan cara memilih biji yang berwarna coklat dan padat, tidak keriput dan berbentuk bulat. Jika warna biji yang berwarna pucat dan hitam, ada kemungkinan lembaganya sudah mati, tidak dapat digunakan dalam pembibitan. Kemudian dilakukan proses perendaman benih. Benih di rendam dalam benih air panas selama 15 menit dengan tujuan untuk pematihan dormansi benih lalu dikeringanginkan dan kemudian benih direndam lagi dengan air dingin selama 6 jam (proses ini dilakukan selama 3 hari). Media yang digunakan adalah campuran pasir, topsoil dan arang sekam perbandingan volume 3:1:1, lalu dikecambahkan dalam bak kecambah. Setelah cendana berumur 1 bulan (tinggi 6.5 cm) bibit cendana dipindahkan ke polibag dan ditanam bersama bibit tanaman inang krokot dan cabai. Perbanyak cabai dilakukan dengan mengkecambahkan benih sedangkan untuk krokot dilakukan dengan cara stek batang.

#### d. Persiapan media sapih dan inokulasi FMA

Media yang digunakan untuk menyapih bibit adalah tanah top soil dari kebun percobaan SEAMEO BIOTROP. Sebelum dimasukkan ke dalam polibag, media tanah diayak terlebih dahulu kemudian disterilkan dengan autoklaf (121<sup>o</sup>C, 1 atm) selama 7 jam. Sehari sesudah sterilisasi, tanah dimasukkan ke dalam polibag berukuran 15 x 20 cm dengan volume  $\pm$  3/4 bagian, dan ditambahkan inokulum FMA lokal hasil *trapping* (4 bulan) yang berasal dari 2 lahan di Kabupaten TTU, sebanyak 5 g inokulum per polibag atau  $\pm$  30 spora, kemudian ditambahkan media tanam hingga volume polibag penuh. Tanaman inang yang sudah tumbuh (2 minggu), disapih dan langsung ditanam pada masing-masing polibag sesuai perlakuan. Seminggu sesudah penyapihan tanaman inang, bibit cendana yang berumur 1 bulan (tinggi tanaman 6.5 – 7.5 cm) siap disapih dan ditanam berdampingan dengan tanaman inang. Pemeliharaan meliputi penyiraman yang dilakukan satu kali dalam sehari (pagi hari)

dan penyiangan atau pembersihan terhadap gulma yang tumbuh.

#### e. Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati dan diukur selama 16 minggu setelah tanam yakni tinggi tanaman cendana (cm), diameter batang cendana (mm), jumlah daun cendana. Parameter yang diukur pada saat panen yakni berat kering pucuk (BKP), berat kering akar (BKA), nisbah pucuk akar (NPA), Indeks mutu bibit cendana dan kolonisasi akar cendana dan jumlah spora.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik FMA Lokal

Hasil isolasi tipe spora FMA lokal dari rizosfer tegakan cendana yang berasal dari dua lahan di Kabupaten TTU terdapat 2 tipe genus spora FMA yakni *Acaulospora* dan *Glomus*. Kerapatan spora FMA tertinggi adalah pada lahan agroforestri (410/20 g tanah), tingginya populasi FMA pada lahan agroforestri dikarenakan memiliki vegetasi yang beragam atau heterogen. Rendahnya kerapatan spora FMA disebabkan oleh kegiatan pemupukan dan pengemburan terhadap gulma yang tumbuh sehingga dapat menekan sporulasi FMA. Kerapatan spora FMA rendah terdapat pada lahan hutan alam (397/20 g tanah).

### Jumlah Spora

Spora yang dihitung berasal dari sampel tanah di bawah tegakan pohon cendana yang berasal dari lahan agroforestri dan lahan hutan alam TTU, sebanyak 20 g yang telah melalui proses *sieving* dan sentrifugasi.

Tabel 2 Jumlah spora di bawah tegakan cendana (*Santalum album* Linn.) di lahan agroforestri dan lahan hutan alam di Kabupaten Timor Tengah Utara (TTU).



Lokasi	rata-rata jumlah spora
Lahan Agroforestri	82
Lahan Hutan Alam	79

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah spora pada tanaman cendana tertinggi terdapat di lahan agroforestri yaitu 410/20 g tanah, sedangkan di lahan hutan alam terdapat 397 spora/20 g tanah. Pada penelitian ini jenis FMA yang ditemukan adalah tipe genus spora FMA yakni *Acaulospora* dan *Glomus*. *Glomus* memiliki ciri-ciri yaitu berbentuk kecil dan berwarna coklat atau berbentuk besar dan berwarna kekuningan (Nusantara *et al.* 2012). *Glomus* juga dapat bersimbiosis hampir diberbagai habitat yang mempunyai sifat toleransi yang tinggi dengan faktor lingkungan (Börstler *et al.* 2008).

### Respon Pertumbuhan Bibit Cendana dan Tanaman Inang

Aplikasi FMA dan tanaman inang mempengaruhi pertumbuhan tinggi tanaman, diameter bibit, jumlah daun, berat kering pucuk, berat kering akar dan nisbah pucuk akar. Hasil sidik ragam memperlihatkan pengaruh yang sangat nyata pada semua peubah yang diamati.

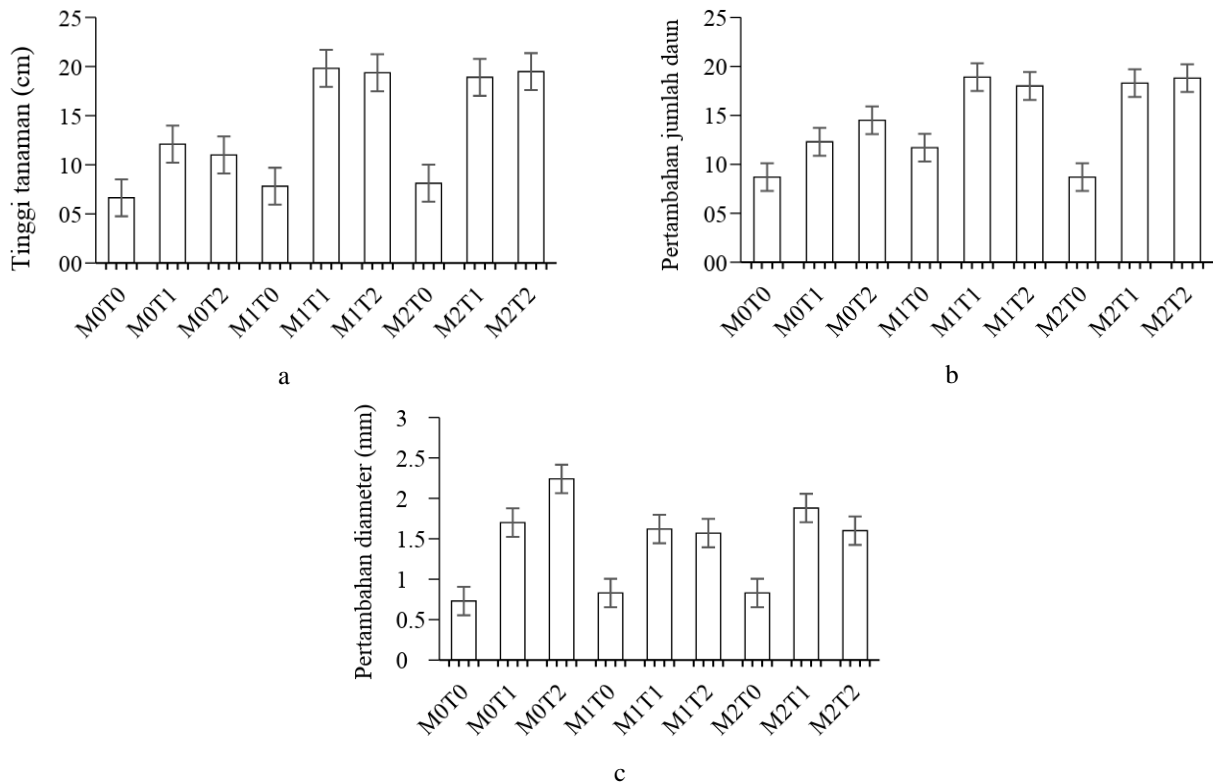
Tabel 1 Karakterisasi tipe spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) dari rhizosfer tegakan cendana (*Santalum album* Linn.) pada lahan agroforestri dan lahan hutan alam di Timor Tengah Utara (TTU).

Tipe Spora	Deskripsi Morfologi	Asal
	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat, memiliki dinding spora tipis dan permukaan kasar, Tidak terjadi perubahan warna saat diberi larutan Melzer.	Lahan Hutan Alam Kab. TTU
<i>Acaulospora sp</i>		
	Spora berbentuk bulat, berwarna coklat kekuningan, memiliki dinding spora berlapis-lapis, tidak memiliki ornamen, ada kedudukan hifa, memiliki warna putih bening (transparan), putih kekuningan dan coklat. Tidak beraksi dengan larutan Melzer.	Lahan Agroforestri Dinas Kab. TTU
<i>Glomus sp</i>		

Tabel 3 Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA), tanaman inang dan interaksinya terhadap pertumbuhan bibit cendana (*Santalum album* Linn.)

Umur (MST)	Perlakuan		
	FMA	Tanaman Inang	Interaksi FMA dan Tanaman Inang
	Pertambahan tinggi (cm)		
2	tn	tn	tn
4	tn	tn	tn
6	tn	tn	tn
8	*	*	**
10	**	**	**
12	**	**	**
14	**	**	**
16	**	**	**
	Pertambahan jumlah daun		
2	tn	**	tn
4	tn	**	*
6	tn	**	tn
8	*	**	tn
10	**	**	*
12	**	**	*
14	**	**	*
16	**	**	*
	Pertambahan diameter batang (mm)		
2	*	tn	tn
4	**	*	**
6	**	*	**
8	tn	tn	tn
10	**	**	*
12	**	**	**
14	**	**	**
16	**	**	**
Berat kering pucuk	*	**	*
Berat kering akar	**	**	**
Nisbah pucuk akar	*	tn	*
Kolonisasi akar	**	**	*

Ket : \*\*Sangat nyata = P-value <  $\alpha$  (0.01), \* nyata =  $\alpha$  (0.01) < P-value <  $\alpha$  (0.05), tn tidak nyata = P-value  $\geq \alpha$  (0.05). MST ; Minggu setelah tanam.



Gambar 1 Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) 16 minggu setelah tanam terhadap (a), pertambahan tinggi, (b) jumlah daun dan (c) diameter batang. M0 tanpa FMA, M1= FMA asal lahan agroforestri, M2= FMA asal lahan hutan alam. T0 =Tanpa tanaman inang, T1= Tanaman inang cabai dan T2 = Tanaman inang krokot.

### Tinggi jumlah daun dan diameter batang

Pertumbuhan tanaman diindikasikan dengan adanya pertambahan jumlah dan dimensi tanaman baik tinggi, jumlah daun maupun diameter. Jenis FMA *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp. Yang diinokulasikan memberikan pertambahan dimensi yang berbeda-beda (Gambar 1). Hasil uji duncan pada minggu 16 menunjukkan bahwa interaksi tertinggi untuk pertambahan tinggi yakni pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang cabai, tidak berbeda nyata dengan perlakuan FMA asal lahan hutan alam dengan tanaman inang krokot (Gambar 1a). Perlakuan tertinggi pada jumlah daun yakni pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang cabai tidak berbeda nyata dengan FMA asal lahan hutan alam dengan tanaman inang krokot (Gambar 1b). Perlakuan tertinggi pada pertambahan diameter batang yakni pada perlakuan tanpa FMA dengan tanaman inang krokot yang berbeda nyata dengan perlakuan FMA asal hutan alam dengan tanaman inang krokot (Gambar 1c).

Gambar 1a memperlihatkan bahwa interaksi FMA dan tanaman inang sama-sama memberikan pertambahan tinggi Cendana yang lebih baik kecuali perlakuan kontrol. FMA yang berasal dari TTU lahan agroforestri dan hutan alam meningkatkan rata-rata pertambahan tinggi dengan peningkatan sebesar 67.0%. Tanaman Cendana yang diinokulasikan dengan FMA tanpa tanaman inang (T0) tidak mengalami pertambahan tinggi yang signifikan berbeda pada perlakuan tanaman inang tanpa FMA (M0) mengalami pertumbuhan yang cukup signifikan. Hal ini menegaskan bahwa tanaman

cendana bersifat semiparasit, yang membutuhkan tanaman lain sebagai penyuplai unsur hara seperti nitrogen, pospor, kalium dan asam amino yang dibutuhkan untuk pertumbuhannya (Wawo 2008). Inokulasi FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang cabai, tanaman inang krokot dan FMA asal hutan alam dengan tanaman inang cabai dan krokot, sama-sama memberikan pertambahan tinggi yang lebih baik pada bibit cendana dibandingkan dengan perlakuan kontrol Mansur 2000, mengemukakan bahwa isolasi FMA dari tanaman lokal akan lebih efektif untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman lokal tersebut dari pada digunakan isolat dari luar daerah tersebut. Setiap spesies FMA memberikan tanggap yang berbeda dalam memacu pertumbuhan tanaman inang.

Peningkatan pertambahan tinggi tanaman juga erat kaitannya dengan pembentukan daun (Gambar 1b). Daun terbentuk pada ruas atau buku batang sehingga meningkatnya tinggi bibit yang juga diikuti oleh bertambahnya jumlah daun. Menurut Byrne *et al.* (2003), pertambahan tinggi tanaman merupakan aktifitas sel-sel meristematik pada daerah paling ujung suatu pucuk dan senantiasa membelah secara lateral maupun basal menghasilkan jaringan yang terdeferensiasi secara terminal antara lain daun.

Pertambahan diameter batang tidak selalu diikuti oleh pertambahan tinggi tanaman (Gambar 1c). Pertambahan diameter tertinggi pada perlakuan tanpa FMA dengan tanaman inang krokot sedangkan pada perlakuan yang lainnya bervariasi. Pada perlakuan tanpa FMA dengan tanaman inang krokot dan FMA asal lahan

hutan alam dengan tanaman inang cabai memberikan pengaruh yang nyata pada pertambahan diameter batang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol.

#### Berat Kering Pucuk (g), Berat Kering Akar (g).

Tabel 4 menunjukkan bahwa interaksi antara inokulasi FMA dan tanaman inang memberikan pengaruh yang nyata pada berat kering pucuk dan berat kering akar. Interaksi antara inokulasi FMA dan jenis tanaman inang, bobot tertinggi pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dan tanaman inang cabai yakni sebesar 2.00 g. Interaksi tanaman inang tanpa FMA memberikan pengaruh yang nyata pada perlakuan tanpa FMA dengan tanaman inang krokot yakni sebesar 1.58 g dari perlakuan tanaman kontrol MOTO 0.25 g. Berat kering akar interaksi antara inokulasi FMA dan jenis tanaman inang, bobot tertinggi pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang krokot 0.70 g.

#### Nisbah Pucuk Akar dan Indeks Mutu Bibit

Nisbah pucuk akar (NPA) merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan bibit yang menunjukkan perbandingan antara kemampuan akar menyerap air dan unsur hara dari tanah dengan proses transpirasi dan

luasan fotosintesis pada bagian pucuk tanaman (Santosa *et al.* 2013). Bibit yang dinilai layak untuk di tanam apabila nilai nisbah pucuk akar ada pada kisaran 2-5 (Alrasyid 1972). Nilai NPA dari bibit cendana pada penelitian ini berkisar antara 1.68 – 4.13 (Tabel 5). Nilai NPA tertinggi pada penelitian ini 4.13 pada perlakuan FMA dari lahan agroforestri dan tanaman inang cabai dan nilai terendah pada perlakuan kontrol yakni 1.68. Indeks Mutu bibit sebagian besar dari perlakuan lebih dari 0.09 (Tabel 5), sesuai dengan standar mutu bibit (Dickson *et al.* 2000) baik yang diberi perlakuan maupun kontrol.

#### Kolonisasi Akar

Kolonisasi FMA akan menyebabkan naiknya laju fotosintat dari daun ke akar sehingga terjadi peningkatan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Budi *et al.* 2015). Fungi mikoriza arbuskula memiliki ciri khas berupa adanya struktur hifa, vesikela dan arbuskula (Simanungkalit *et al.* 2006).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan kategori yang dibuat oleh Rajapakse dan Miller (1992) yang dimodifikasi (Nusantara *et al.* 2012), kemampuan FMA untuk mengkolonisasi akar dan menghasilkan kolonisasi tertinggi pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang cabai yakni 82.0 %, tergolong sedang pada perlakuan FMA asal lahan agroforestri dengan tanaman inang krokot yakni 68.0 % dan FMA asal hutan alam dengan tanaman inang krokot yakni 32.0%. Tergolong rendah pada perlakuan FMA asal hutan alam dan tanaman inang cabai yakni 24.0%, FMA lahan agroforestri tanpa tanaman inang yakni 14.0%, tanpa FMA dan tanaman inang krokot dan tanpa FMA dan tanaman inang cabai yakni 12.0%, FMA hutan alam tanpa tanaman inang yakni 10.0%, dan tergolong sangat rendah pada perlakuan kontrol yakni 2.0%. Struktur FMA yang terbentuk yakni hifa Ekstraradikal, hifa intraradikal dan vesikule . Hifa terbentuk dari perkecambahan spora yang berperan dalam menyerap unsur hara dan air selanjutnya akan digunakan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman inang. Hifa ini terbentuk antara dinding sel dan membran plasma. Selanjutnya spora yang merupakan organ perbanyakan dari FMA, terbentuk dari hifa ekstraradikal yang memiliki bentuk tunggul maupun berkoloni (sporocarps). Vesikula merupakan struktur berdinding tipis yang terbentuk dari pembengkakan pada ujung hifa, berbentuk bulat, lonjong, atau tidak teratur. Vesikula berperan sebagai organ penyimpan cadangan makanan seperti lipid. Spora memiliki komposisi yang terdiri dari polisakarida, lipid, protein, dan kitin. Spora memiliki organ seperti

Tabel 4 Pengaruh interaksi fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan tanaman inang terhadap berat kering pucuk dan berat kering akar cendana (*Santalum album* Linn.)

Asal FMA lokal	Tanaman Inang		
	Kontrol	Cabai	Krokot
Berat Kering Pucuk (g)			
tanpa FMA	0.25 e	1.13 bc	1.58 ba
FMA lahan agroforestri	0.39 ed	2.00 a	1.46 bac
FMA Lahan Hutan Alam	0.46 ed	0.87 dc	0.95 dc
Berat Kering Akar (g)			
tanpa FMA	0.09 b	0.67 a	0.63 a
FMA lahan agroforestri	0.09 b	0.69 a	0.70 a
FMA Lahan Hutan Alam	0.12 b	0.23 b	0.23 b

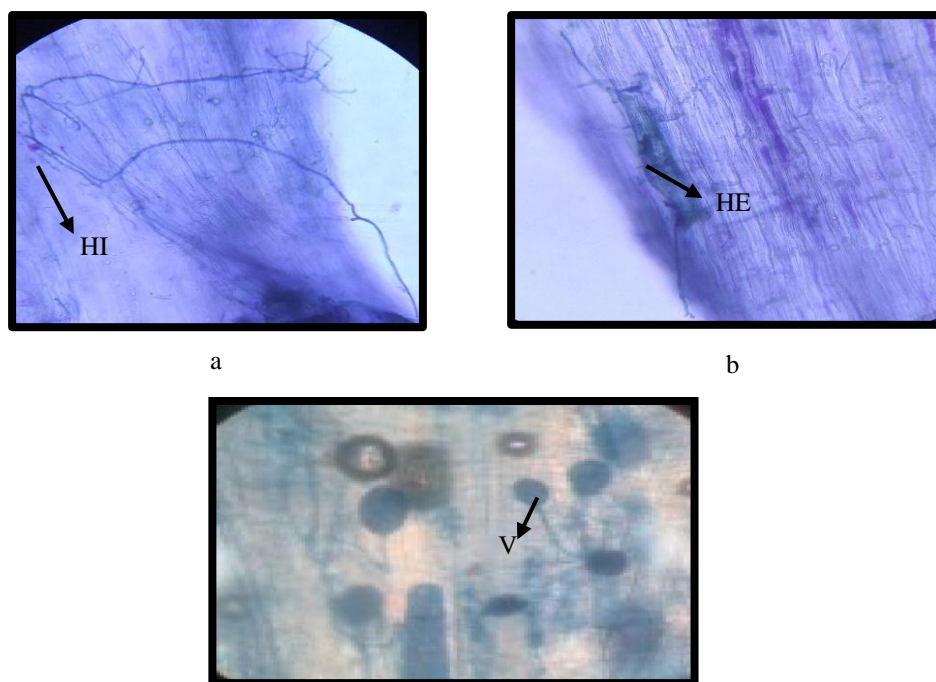
Ket: angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf  $\alpha$  5%

Tabel 5 Pengaruh interaksi fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan tanaman inang terhadap nisbah pucuk akar dan indeks mutu bibit cendana (*Santalum album* L)

Asal FMA lokal	Tanaman Inang		
	Kontrol	Cabai	Krokot
Nisbah Pucuk Akar (NPA)			
tanpa FMA	1.68	2.78	2.49
FMA lahan agroforestri	2.07	4.13	2.90
FMA Lahan Hutan Alam	2.04	3.69	4.05
Indeks Mutu Bibit			
tanpa FMA	1.99	3.04	2.78
FMA lahan agroforestri	2.24	4.08	3.28
FMA Lahan Hutan Alam	2.36	3.82	4.16

Tabel 6 Presentase kolonisasi fungsi mikoriza arbuskula (FMA) pada akar tanaman inang cabai dan tanaman inang krokot pada bibit cendana (*Santalum album* Linn.)

Asal FMA lokal	Tanaman inang		
	Kontrol	Cabai	Krokot
tanpa FMA	2.0	12.0	12.0
FMA Lahan Agroforestri	14.0	82.0	46.0
FMA Lahan Hutan Alam	10.0	24.0	32.0



Gambar 2 Struktur fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada akar bibit cendana umur 16 minggu setelah tanam. Hifa intradikal (a), Hifa ekstradikal (b), vesikula (c)

mitokondria, retikulum endoplasma, dan vakuola. Dalam memperbanyak diri, spora terlebih dahulu mengalami perkecambahan untuk menghasilkan hifa yang dapat menginfeksi akar tanaman inangnya (Peterson *et al.* 2004). Masing-masing struktur memiliki peran yang berbeda-beda (Smith dan Read 2008). Presentase kolonisasi FMA membuktikan bahwa FMA yang diinokulasikan dapat berkembang pada akar tanaman inang cabai dan krokot. Menurut Allen (2001), kolonisasi menggambarkan adanya simbiosis dan kesesuaian antara FMA dengan tanaman inangnya. Struktur FMA yang terbentuk yakni hifa ekstradikal, hifa intradikal dan vesikula (Gambar 2).

Fungi mikoriza arbuskula berperan untuk membantu penyerapan unsur hara tanaman, peningkatan pertumbuhan dan hasil produk tanaman. Secara khusus, FMA berperan penting dalam meningkatkan penyerapan ion dengan tingkat mobilitas rendah, seperti fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dan ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) dan unsur hara tanah yang relatif immobil lain seperti belerang (S), tembaga (Cu), seng (Zn), dan juga boron (B) (Suharno *et al.* 2005). Mikoriza tidak hanya meningkatkan laju transfer nutrisi ke akar tanaman inang, tetapi dapat meningkatkan ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik (Smith and Read 2008). Mikoriza mampu membantu mempertahankan stabilitas pertumbuhan tanaman pada kondisi tercemar (Khan 2005). Dengan adanya hifa dari FMA dapat membantu meningkatkan serapan hara. Fungi mikoriza arbuskula yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa eksternal yang dapat tumbuh secara ekspansif, sehingga meningkatkan kapasitas akar dalam penyerapan hara, terutama P dan N (Cruz *et al.* 2004).

## SIMPULAN

Inokulum FMA yang baik untuk digunakan yakni inokulum yang berasal dari lahan agroforestri kabupaten TTU. Aplikasi FMA dan tanaman inang yang baik digunakan untuk penanaman awal bibit cendana yakni FMA asal lahan agroforestri dan tanaman inang cabai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allen MF. 2001. Modeling arbuscular mycorrhizal infection: is percent infection an appropriate variable. *Mycorrhiza J.* 10:255–258.
- Balai Penelitian Kehutanan [BPK] Kupang 2009. Perkembangan Penelitian dan Pengembangan Cendana di Nusa Tenggara. Kupang (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan dan Konservasi Alam.
- Barret DR. 1985. *Santalum album {Indian Sandalwood} Literature Review*. Mulga Research Centre, Western Australian Institute of Technology.
- Börstler B, Raab PA, Thiery O, Morton J B, Redecker D. 2008. Genetic diversity of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* as determined by mitochondrial large subunit RNA gene sequences is considerably higher than previously expected. *New Phytologist*, 180(2): 452-465.
- BanoEt HH. 2001. Peranan Cendana dalam Perekonomian NTT: Dulu dan Kini. *Berita Biologi Volume 5 Nomor 5 Agustus 2001. Edisi Khusus Masalah Cendana NTT*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi-LIPI. Hal 469-474.
- Budi SW, Sukendro A, Karlinasari L. 2015. Penggunaan pot berbahan dasar organik untuk

- pembibitan *Gmelina arborea roxb.* di persemaian. *J. Agron. Indonesia.* 40(3):239-245.
- 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.
- Butarbutar T, Faah G. 2008. Perlunya perbaikan kebijakan pengelolaan cendana di NTT. *Jurnal Analisis Kebijakan* Vol. 5 No 2:121-130.
- Chairiyah RR, Guchi H, Rauf A. Bioremediasi tanah tercemar logam berat Cd,Cu, dan Pb dengan menggunakan endomikoriza. *Jurnal Online Agroekoteknologi.* 2 (1): 348-361.
- Cruz C, JJ Green, CA Wat son, F Wilson, MA Martin-Luca. 2004. Functional aspects of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. *Mycorrhiza* 14:177-184.
- Darmokusumo S, Nugroho AA, Botu EU, Jehamat A, Benggu M. 2001. Upaya memperluas kawasan ekonomi cendana di NTT. *Prosiding Cendana (Santalum album L.) Sumber Daya Otonomi Daerah Nusa Tenggara Timur. Berita Biologi Edisi Khusus.* Pusat Penelitian Biologi. LIPI. Hal 509-515.
- Departemen Kehutanan Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. 2009. Masterplan Pengembangan dan Pelestarian Cendana Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2010-2030. Kupang.
- Dishut Kehutanan Propinsi NTT. 2010. Laporan inventarisasi Cendana (*santalum album L.*) di P. Timor. Dishut Kehutanan Propinsi NTT, Kupang.
- Dwiana WP. 2008. Keefektifan Fungi Mikoriza Arbuskula dalam meningkatkan hasil dan adaptasi cabai (*Capsicum annum*) pada tanah bercekaman Aluminium. [Thesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ferguson JJ, Woodhead SH. 1982. Increase and maintenance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. 47-54.
- Kartika E. 2006. Tanggapan Pertumbuhan, Serapan Hara, dan Karakter Morfofisiologi terhadap Cekaman Kekeringan pada Bibit Kelapa Sawit yang Bersimbiosis dengan CMA [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kementerian Kehutanan dan Pemerintah Provinsi NTT. 2010. Masterplan Pengembangan dan Pelestarian Cendana Provinsi Nusa Tenggara Timur Tahun 2010 – 2030. Kupang : Balai Penelitian Kehutanan Kupang.
- Khan AG. 2005. Role of soil microbes in rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *J Trace Element Med Biol* 18: 355-364.
- Mansur I. 2000. *Diversity of rhizobia nodulating the tree legumes Acacia magium and Paraseranthes falcataria and their interaction with arbuscular mycorrhizal fungi in young seedling.* PhD Dissertation, University of Kent at Canterbury, Kent, Inggris.
- Mattjik AA, Sumertajaya. 2013. Perancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab. Bogor (ID): IPB Press.
- Matsuo Y, Mimaki Y. 2010. Lignans from *Santalum album* and their cytotoxic activities. *Chem Pharm Bull* 58: 587-590.
- Njurumana GN, Marsono D, Irham, Sadono R. 2013. Konservasi cendana (*Santalum album* Linn) berbasis masyarakat pada sistem Kaliwu di Pulau Sumba. *Ilmu Lingkungan* 11 (2): 51-61.
- 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 fungi associations in the southern. Southern Simpson desert. *Aust J Bot.* 49:493-499.
- Pacioni G. 1992. Wet-sieving and decanting techniques for the extraction of spores of vesicular-arbuskular fungi. 317-322. In : Norris JR. Read DJ. Varma AK. Editor. *Methods In Microbiology.* London (GB):Academic Press.
- Peterson RL, Massicotte HB, Melville LH. 2004. *Mycorrhizas : Anatomy and Cell Biology.* Ottawa (CA). NRC Research Press.
- Phillips JM, Hayman DS. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mychorizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact Brit Mycol Soc.* 55:158-161.
- Prajnanta F. 2011. Mengatasi Permasalahan Bertanam Cabai. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rungkat JA. 2009. Peranan MVA dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. *FORMAS* 4: 270-276.
- Santosa AC, Harwati T, Siswadi. 2013. Pengaruh pemberian mikoriza arbuskula dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit jati putih (*Gmelina arborea Roxb.*). *Jurnal Inovasi Pertanian.* 12(2): 53-66.
- Schüßler A, Walker C. 2010. The Glomeromycota. A species list with new families and new genera. Kew (GB): The Royal Botanic Garden Kew.
- Simanungkalit RDM, Suriadikarta DA, Saraswati R, Setyorini D, Hartatik W. 2006. Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati. Bogor(ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Suharno S. 2005. Pertumbuhan tanaman kedelai [*Glycine max (L.) Merr*] yang diinokulasi jamur mikoriza, legin dan penambahan seresah daun matoa (*Pometia pinnata* Forst) pada tanah berkapur. *Sains dan Sibernatika* 18 (3): 367-378.
- Surata IK. 2012. Pertumbuhan semai cendana (*Santalum album L.*) pada beberapa ukuran kantong plastik di daerah semi arid. *J Penelitian Kehutanan Wallacea* 1(1): 13-25.
- Smith SE dan Read D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis.* Third Edition. UK : Academic Press.
- Turjaman M, Tamai Y, Santoso E, Osaki M, Tawaraya K. 2006. Arbuscular mychorizal fungi increased early growth of two nontimber forest product species *Dyera polyphylla* and *Aquilaria filaria*



- under greenhouse condition. *Mycorrhiza*. 16:459-464.
- Wawo AH. 2008. Studi perkecambahan biji dan pola pertumbuhan semai cendana (*Santalum album* L.) dari beberapa pohon induk di Kabupaten Belu, NTT. *J Biodiversitas* 9(2):117-122.
- Widi A. 2011. Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskula untuk meningkatkan produktivitas dan mutu benih cabai (*Capsicum annum*) serta efisiensi penggunaan Pupuk P. [Desertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.