

**PENGARUH MIKORIZA ARBUSKULA DAN INANG *Portulaca* sp. TERHADAP
AKLIMATISASI *PLANTLET* CENDANA (*Santalum album* Linn.)**
*Influence of arbuscular mycorrhiza and Portulaca sp. host to acclimatization of
cendana (Santalum album Linn.) plantlets*

Toni Herawan dan Asri Insiana Putri

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan
Jl. Palagan Tentara Pelajar Km.15, Purwobinangun, Pakem, Sleman, Yogyakarta, Indonesia
email: t_herawan62@yahoo.co.id

Tanggal diterima: 2 Agustus 2018, Tanggal direvisi: 9 Agustus 2018, Disetujui terbit: 4 Desember 2018

ABSTRACT

Cendana (Santalum album Linn.) produces high-value aromatic timbers that are needed in various industries. Cendana is proclaimed by IUCN including critically endangered tree species. Tissue culture for conservation and propagation of cendana is a promising technique to lessen endangered level and increase industrial raw material supply. The main problems of cendana tissue culture are stunted growth and high mortality of plantlet at acclimatization stage. The purpose of this research is to identify the effect of arbuscular mycorrhizal application in acclimatization of cendana tissue cultured plantlets with and without hostplant. A.III.4.14 clones from Genetic Conservation Plot in Gunung Kidul, Yogyakarta were used as rooting plantlet material; Acaulospora sp. and Gigaspora sp. were used as MA isolates, and Portulaca sp. was used as hostplant. Sand and compost were used as media acclimatization in nurseries. Fungicide solution was used for sterilizing plantlets. Cendana plantlets were planted together with the host and MA added according to the treatment. Incubation was carried out in a greenhouse for 16 weeks. Observation of seedlings height was carried out 4 weeks after the polybag cover opened. The results of this study showed that 5 grams and 7 grams of mycorrhizal treatment on a cendana plantlet planted without Portulaca sp. produced the lower mortality (8%) after 12 weeks incubation. The best average seedling height growth was in 5 grams MA with hostplant (5,17 cm \pm 1,21) after 16 weeks incubation in green house. The results of this study prove the importance of exogenous mycorrhizal enrichment and hostplant in the acclimatization of cendana tissue culture.

Keywords: tissue culture, clone, bio-fertilizer, biotic factor

ABSTRAK

Cendana (*Santalum album* Linn.) menghasilkan kayu aromatik bernilai tinggi yang dibutuhkan di berbagai industri. Cendana ditetapkan oleh IUCN termasuk spesies pohon yang terancam punah. Kultur jaringan untuk konservasi dan perbanyakan cendana adalah teknik yang menjanjikan untuk mengurangi tingkat kepunahan dan meningkatkan pasokan bahan baku industri. Masalah utama dari kultur jaringan cendana adalah terhambatnya pertumbuhan dan mortalitas yang tinggi *plantlet* pada tahap aklimatisasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh aplikasi mikoriza arbuskula pada aklimatisasi *plantlet* kultur jaringan cendana dengan dan tanpa inang. Klon A.III.4.14 dari Plot Konservasi Genetik di Gunung Kidul, Yogyakarta digunakan sebagai bahan *plantlet*, *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. digunakan sebagai isolat MA dan *Portulaca* sp. digunakan sebagai tanaman inang. Pasir dan kompos digunakan sebagai media aklimatisasi di pembibitan. Larutan fungisida digunakan untuk mensterilkan *plantlet*. *Plantlet* cendana ditanam bersama dengan inang dan penambahan MA sesuai dengan perlakuan. Inkubasi dilakukan di rumah kaca selama 4 bulan. Pengamatan tinggi benih dilakukan 4 minggu setelah sungkup *polybag* dibuka. Penambahan mikoriza pada *plantlet* cendana yang ditanam tanpa *Portulaca* sp. dalam jumlah yang sesuai menghasilkan tingkat mortalitas yang lebih rendah (8%) setelah inkubasi 12 minggu. Rata-rata pertumbuhan tinggi semai terbaik adalah pada penambahan 5 g MA dan dengan inang (5,17 cm \pm 1,21) setelah inkubasi 16 minggu di rumah kaca. Hasil penelitian ini membuktikan pentingnya pengayaan dengan mikoriza eksogen dalam jumlah yang sesuai dan tanaman inang dalam aklimatisasi kultur jaringan cendana.

Kata kunci: kultur jaringan, klon, pupuk hayati, faktor biotik

I. PENDAHULUAN

Kultur jaringan cendana telah mempunyai sejarah lebih dari 50 tahun (sejak tahun 1963)

(Cheng, Zhang, Niu, Yan, Zhang, Teixeira da Silva & Ma, 2017) dengan lebih dari 50 publikasi penelitian (Webster, Seymour, Mitchell, & Achmad, 2003) Kemajuan kultur

jaringan cendana telah diperoleh secara signifikan diantaranya respon eksplan untuk embrio zygote/endosperm hipokotil (Crovadore, Schalk, & Lefort, 2012), nodul/inter-nodul (Da Silva, Winarto, Dobránszki, Cardoso, & Zeng, 2016), organogenesis tunas pucuk, embriogenesis somatik, kultur sel (Sita, Ram, & Vaidyanathan, 1979), kultur protoplas (Bapat, Gill, & Rao, 1985) dan *synthetic seeds* (Bapat & Rao, 1984). Namun demikian masih banyak masalah yang menghambat penerapan kultur jaringan cendana, diantaranya yaitu adanya penyimpangan pada embrio somatik (Aslam, Ilah, Mujib, Zainul & Abdin, 2013), kemampuan berakar yang rendah dari pemotongan tunas serta tingginya persentase mortalitas aklimatisasi *plantlet* (Bele, Tripathi, Tiwari, Baghel, & Tiwari, 2012).

Plantlet in vitro merupakan kultur aksenik, tanpa terkontaminasi oleh mikrobia termasuk mikoriza arbuskular (MA) sebelum ditransfer ke kondisi *ex vitro* pada saat aklimatisasi. MA dikenal sebagai jamur yang bersimbiosis dengan tanaman melalui perakaran yang dapat meningkatkan kemampuan penyerapan air dan nutrisi mineral, terutama fosfor (P). MA dapat melindungi tanaman dari patogen akar dan mengurangi pengaruh variasi ekstrim suhu, pH dan tekanan air (Siqueira, Safir, & Nair, 1991) pada saat aklimatisasi. Inokulasi MA pada awal periode aklimatisasi telah berhasil dilakukan oleh Geneviève, Chêneverta, Moutoglis, Gagnéb, Piché, Vierheilig, (2002) dan selama penanaman *in vitro* (Mathur & Vyas, 1999). Inokulasi tanaman hasil kultur jaringan dengan MA selama pertumbuhan awal *ex vitro* dapat berkontribusi pada tingkat kolonisasi yang tinggi (Adriana, Yano-Melo, Melo, Lima-Filho & Maia, 1999). Hipotesis ini didukung oleh hasil penelitian yang dilakukan oleh Fusconi, Hooker, Morini, Tisserant, Atkinson, Trotta, Gianinazzi-Pearson, Munro, Fortuna, Giovannetti, Berta, Gianinazzi (2012), yang menunjukkan bahwa asosiasi MA mengubah pola percabangan akar *Prunus cerasifera*. Jenis

inokulum MA yang digunakan dalam aklimatisasi merupakan faktor penting. Spesies MA yang efektif dan efisien pada suatu tanaman menunjukkan perbedaan kecepatan peningkatan pertumbuhan tanaman. Lima-Filho, Maia, Saggin, Yano-Melo, & Melo (2003) merekomendasikan bahwa penggunaan spesies MA yang efektif dan efisien mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Penelitian hemiparasit *Pedicularis tricolor* yang dilakukan oleh Li & Guan (2008) menunjukkan tingginya kolonisasi MA dan struktur MA yang dapat berkembang dengan baik pada risosfer sehingga ditengarai jamur MA berperan signifikan pada akuisisi nutrisi. Hasil penelitian (Li, Guan, Stonor, Smith, & Smith, 2013) menambahkan bahwa dengan atau tanpa kehadiran tanaman inang, tetap terlihat adanya interaksi langsung antara jamur MA dan akar hemiparasit. Sebagai komponen mikroflora terbanyak di wilayah terestrial, spesies jamur mikoriza arbuskula (MA) mempunyai peran ekologis yang signifikan untuk penyerapan hara (Smith & Read, 2008). Penelitian ekstensif telah banyak dilakukan mengenai asosiasi MA dengan banyak spesies tanaman, namun karena sebagian besar tanaman parasit tidak membentuk asosiasi dengan mikoriza (Brundrett, 2002) maka penelitian mengenai hal tersebut tidak banyak dilakukan (Li et al., 2013).

Pada beberapa periode terakhir, interaksi tanaman hemiparasit dengan tanaman inang dan organisme tanah menjadi fokus utama penelitian cendana (Press & Phoenix, 2005), hal ini berkaitan dengan tingkat mortalitas bibit cendana yang menjadi keterbatasan penyediaan materi budidaya di lapangan. Perbanyak cendana secara kultur jaringan menjadi penting karena secara konvensional mengalami hambatan ketidakmampuan secara seksual, waktu yang lama, sifat heterozigot dan perbanyak vegetatif makro yang belum tersedia (Sukmadjaja, 2005). Investigasi interaksi multi spesies terhadap cendana belum banyak dilaporkan di habitat alam maupun pada

plantlet hasil kultur jaringan Spesies tanaman (inang dan bukan inang) maupun spesies bukan tanaman (mikrobia tanah) pada lingkungan di atas maupun di bawah tanah saling berinteraksi mempengaruhi parasitisme antara cendana dan inang (Van Hovel, Evans, & Borowicz, 2011).

Cendana merupakan angiospermae parasit yang membentuk parasitisasi dengan akar tanaman inang (Cameron & Tennakoon, 2011). Cendana adalah hemiparasit karena memiliki kloroplas fungsional untuk melakukan fotosintesis sementara sebagian bergantung pada tanaman inangnya untuk mengambil air dan nutrisi melalui haustorium, struktur penyerap khusus tanaman parasit, terutama untuk senyawa nitrogen (Lu, Xu, Kang & He, 2015). Oleh karena itu, preferensi inang adalah aspek penting tanaman parasit untuk memperoleh manfaat tersebut (Bell & Adams, 2011). Di sisi lain, tanaman parasit memiliki efek langsung dan tidak langsung yang merusak pada inangnya dalam hal pertumbuhan, fotosintesis dan karakteristik fisiologis lainnya. Efek ini secara substansial dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup tanaman inang dan / atau parasit (Lu et al., 2015). Selama hidupnya cendana memerlukan inang untuk membantu menyerap sebagian unsur hara melalui haustoria (Barrett & Fox, 1997). Cendana hanya menyerap beberapa unsur hara pada inang yaitu Ca, Fe, N, P, K, Mg, Cu dan Zn (Barrett & Fox, 1997).

Inang primer (inang jangka pendek) yang baik harus mempunyai beberapa ketentuan antara lain dapat membantu pertumbuhan cendana, tidak menimbulkan kompetisi, tajuknya kecil, sistem perakaran sukulen, mudah tumbuh kembali setelah dipangkas, berumur panjang, mudah didapat dan sesuai dengan kondisi tempat tumbuhnya. Beberapa penelitian inang primer telah dilakukan, di antaranya di Balai Penelitian Kehutanan Kupang, Nusa Tenggara Timur, telah dilakukan pemilihan jenis inang primer untuk cendana. Hasil penelitian tersebut menunjukkan inang primer yang terbaik adalah menggunakan tanaman krokot

(*Portulaca* sp.) (Surata & Idris, 2001). Penggunaan tanaman inang *Portulaca* sp. dan pengaruh aplikasi jamur MA terhadap tanaman hemiparasit cendana perlu dikaji dalam upaya meningkatkan pertumbuhan perakaran dan menurunkan tingkat mortalitas *plantlet* pada aklimatisasi kultur jaringan cendana. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh aplikasi mikoriza arbuskular dengan berbagai konsentrasi pada aklimatisasi *plantlet* kultur jaringan cendana dengan dan tanpa inang. Klon A.III.4.14 dari Plot Konservasi Genetik di Gunung Kidul, Yogyakarta (Herawan, Na'iem, Indrioko, & Indrianto, 2017) digunakan sebagai bahan *plantlet*, sedangkan *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. digunakan sebagai isolat MA dan *Portulaca* sp. digunakan sebagai tanaman inang.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan tempat

Kegiatan dilakukan di persemaian Kultur Jaringan, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta. Persiapan *plantlet* dilakukan pada bulan Juli 2017, perlakuan dimulai pada bulan Agustus sampai dengan bulan Nopember dilanjutkan observasi hasil perlakuan. Analisis dan pengolahan data serta penulisan hasil penelitian dilakukan pada bulan Desember 2017.

B. Bahan dan alat penelitian

1. Bahan

Bahan *plantlet* penelitian ini adalah hasil perbanyakan tunas aksiler kultur jaringan klon A.III.4.14 dari rejuvinasi rendaman cabang pohon plus cendana di Plot Konservasi Genetik di Gunung Kidul, Yogyakarta (Herawan et al., 2017). Klon yang digunakan pada penelitian ini termasuk 11 klon penghasil senyawa santalon tinggi. Inisiasi, multiplikasi dan perakaran *plantlet* menggunakan media MS (Murashige & Skoog, 1962) dan media GD (Gresshoff & Doy, 1972) dengan penambahan hormon 6-BAP (*Benzylaminopurine*), NAA (*Naphthaleneacetic*

acid), IBA (*Indole-3-butyric acid*) dan kinetin. Media dalam *polybag* di persemaian menggunakan tanah, pasir dan kompos dengan perbandingan 1:1:1. Larutan fungisida untuk sterilisasi *plantlet*. Spora mikoriza arbuskula menggunakan isolat *Acaulospora* sp. dan *Gigaspora* sp. sebanyak 10 spora/g pada media tanah lempung sebagai pembawa (*carier*). Tanaman inang menggunakan krokot merah (*Portulaca* sp.).

2. Alat

Peralatan utama aklimatisasi di rumah kaca adalah saringan tanah, pengaduk tanah, pinset, kuas kecil, bak plastik, *sprayer*, label dan spidol.

C. Rancangan penelitian

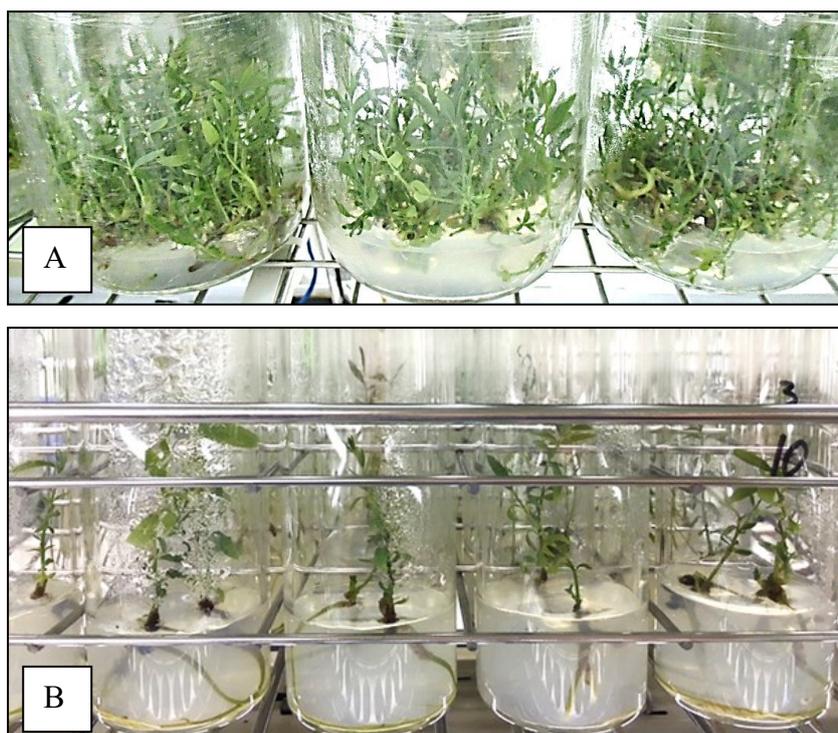
Pengaruh mikoriza dirancang berdasarkan perlakuan inokulum yang diaplikasikan di sekitar risosfer *plantlet* pada lubang tanam saat aklimatisasi bersamaan dengan perlakuan penanaman satu bibit inang setiap *polybag*. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan 8 kombinasi (4 tingkat dosis inokulum mikoriza dan 2 tingkat inang), 1 unit eksperimen terdiri dari 10 ulangan untuk 4 dosis inokulum (0 g, 5 g, 7,5 g dan 10 g) dengan inang dan tanpa inang dalam 1 kali waktu penanaman di rumah kaca, sehingga total diperlukan 80 *plantlet* cendana dan 40 bibit inang. *Plantlet* cendana yang digunakan merupakan hasil pengakaran *in vitro* pada media ½ GD dengan penambahan IBA 20 mg/l; IAA 0,15 mg/l dan kinetin 0,15 mg/l. Aklimatisasi cendana dilakukan dengan transfer *plantlet* dari ruang inkubasi ke rumah kaca. *Plantlet*

dipindahkan dari tabung dalam bak yang berisi larutan fungisida menggunakan pinset. Akar *plantlet* dibersihkan dari agar yang menempel secara hati-hati dengan kuas kecil agar akar tidak terputus atau membusuk. Setelah bersih *plantlet* ditanam pada media tanam dalam *polybag*. *Polybag* disungkup dengan kantung plastik secara individual, setelah bulan pertama sungkup dilubangi dan setelah inkubasi selama 12 minggu seluruh sungkup dibuka kemudian dilakukan pemeliharaan dengan penyiraman. Pada tahap ini dilakukan penghitungan mortalitas *plantlet*. Pengamatan tinggi bibit dilakukan 4 minggu setelah pembukaan sungkup. Variabel pengamatan yang diukur adalah persentase kematian dan tinggi bibit pada media dengan inang maupun tanpa inang. Analisis data dilakukan dengan uji ANOVA menggunakan SPSS versi 16 untuk variabel penambahan tinggi bibit.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh mikoriza dan inang terhadap mortalitas *plantlet* cendana

Kultur jaringan cendana tahap multiplikasi dan tahap perakaran sebelum dilakukan aklimatisasi ditunjukkan pada Gambar 1. Kemampuan berakar yang tinggi (80 %) pada cendana *in vitro* di penelitian sebelumnya (Herawan, Na'iem, Indrioko, & Indrianto, 2017) digunakan sebagai materi *plantlet* dalam penelitian ini untuk menunjukkan pengaruh penting MA dalam upaya menurunkan persentase mortalitas aklimatisasi *plantlet* seperti dilaporkan oleh Chandra, Bandopadhyay, Kumar & Chandra (2010).



Gambar 1. *Plantlet* cendana pada tahap multiplikasi (A) dan *plantlet* cendana pada tahap perakaran (B) sebelum aklimatisasi ke rumah kaca

Perlakuan mikoriza menghasilkan respon mortalitas *plantlet* yang beragam pada media dengan inang maupun tanpa inang *Portulaca sp.* Semakin tinggi dosis mikoriza yang diaplikasikan, semakin tinggi pula persentase mortalitas *plantlet* pada perlakuan dengan inang (Gambar 2) maupun tanpa inang (Gambar 3). Secara keseluruhan terdapat fenomena menarik yaitu bahwa *plantlet* cendana yang ditanam bersama inang mempunyai persentase mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan tanpa inang sampai dengan 12 minggu waktu pengamatan di rumah kaca. Tanaman hemiparasit cendana mampu memfiksasi karbondioksida dari udara melalui fotosintesis untuk memproduksi karbohidrat walaupun dalam fase pertumbuhannya memerlukan interaksi parasitisme dengan tanaman sebagai inang (Sunaryo & Saifudin, 2001). *Plantlet* cendana *in vitro* tidak berinteraksi dengan inang dan mempunyai ketersediaan nutrisi maupun hormon yang tinggi secara aksenik (tanpa persaingan dengan makro maupun mikro organisme). Periode 12 minggu inkubasi ditengarai belum cukup lama untuk penyesuaian

terhadap lingkungan, kemampuan berinteraksi dengan inang dan kemampuan mempertahankan regenerasi jaringan menggunakan senyawa nutrisi *in vivo*. Perakaran, daun maupun tunas *plantlet* yang lemah, kemampuan fotosintesis yang rendah, stomata yang belum berfungsi dengan baik dan lapisan lilin kutikula yang tidak berkembang baik menyebabkan proses transpirasi menjadi tinggi dan menjadi keterbatasan pada proses aklimatisasi (Chirinéa, Pasqual, Araujo, Pereira, & Castro, 2012).

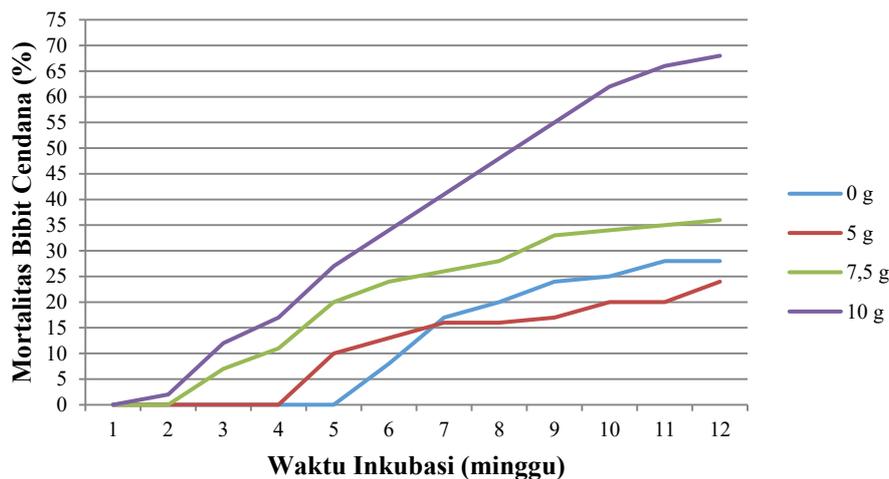
Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa perlakuan dengan inang mempunyai waktu mortalitas lebih cepat yaitu pada minggu pertama inkubasi, sedangkan pada perlakuan tanpa inang mempunyai waktu mortalitas lebih lama yaitu pada minggu ke-8 inkubasi. Kurun waktu terjadinya awal mortalitas cendana tanpa inang yang lebih lama dibandingkan cendana dengan inang pada semua perlakuan termasuk kontrol, berkaitan dengan interaksi cendana, inang dan kompetisi nutrisi. Kecilnya kompetisi nutrisi dan penyesuaian interaksi parasitisme kemungkinan terjadi dengan lebih baik pada perlakuan tanpa inang, sehingga dapat

memperkecil mortalitas dan waktu awal mortalitas lebih panjang. Kecenderungan tingkat mortalitas pada semai kontrol yang lebih rendah dengan dan tanpa inang selama 12 minggu dapat dikarenakan efisiensi energi *plantlet* yang lebih tinggi pada kontrol untuk pertumbuhan dibandingkan untuk interaksi dengan mikoriza. Di samping itu aktivasi yang kuat respon pertahanan tanaman dapat mengakibatkan hilangnya kebugaran tanaman (Read & Francis, 1995). Hal ini dapat untuk menjelaskan bahwa sebagai tanaman hemiparasit, cendana memerlukan kondisi aklimatisasi tanpa inang paling tidak selama 8 minggu setelah transfer *plantlet*, atau aklimatisasi *plantlet* cendana dan inang *Portulaca* tidak dalam waktu yang bersamaan untuk penyesuaian respon pertahanan cendana. Perkembangan mikoriza pada awal waktu aklimatisasi tersebut dapat pula mempengaruhi mortalitas *plantlet*. Seperti halnya pada percobaan yang dilakukan oleh Veiga et al. (2013) yaitu adanya interaksi negatif dengan penambahan mikoriza *Rhizophagus irregularis* walaupun MA dapat menginfeksi lebih dari 43 % jaringan akar tanaman *Arabidopsis thaliana*. Penelitian mengenai hal ini belum banyak dilaporkan, diantaranya telah dibuktikan bahwa pelepasan senyawa alelopatik oleh miselium MA dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Francis & Read, 1995; Veiga et al. 2012).

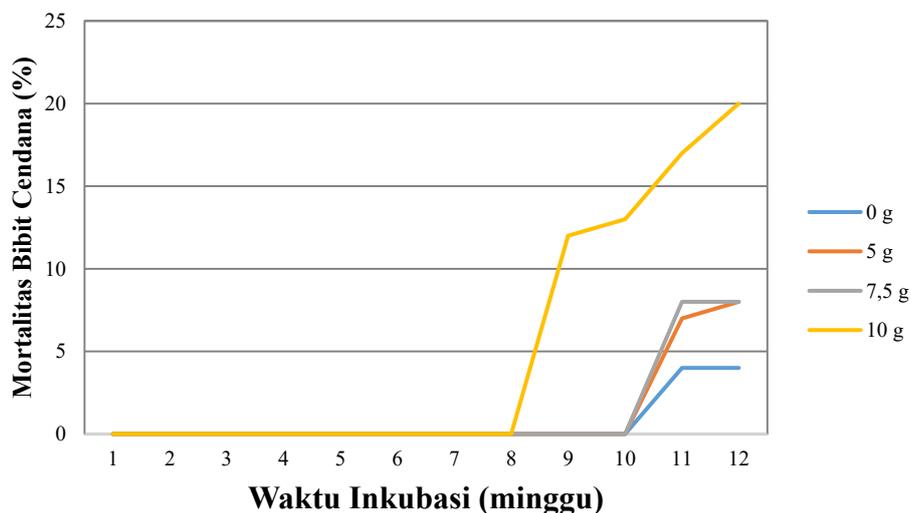
Rendahnya mortalitas *plantlet* pada aklimatisasi cendana tanpa inang dapat disebabkan oleh lebih rendahnya tekanan kompetisi penyerapan nutrisi terhadap inang. Hal ini mendukung penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh (Press & Phoenix, 2005) untuk hemiparasit *Pedicularis*. Mortalitas atau tekanan pertumbuhan akar hemiparasit dapat pula disebabkan oleh aplikasi pupuk kimia (Mudrak & Lepš, 2010; Borowicz & Armstrong, 2012). Respon pertumbuhan

terhadap nutrisi sangat bervariasi antara akar spesies (Davies & Graves, 2000) maupun dengan inang. Penambahan mikoriza menjadi penting untuk upaya stimulasi agar perakaran dapat berfungsi baik. Infeksi mikoriza pada perakaran *plantlet* membantu memperluas risosfer untuk meningkatkan serapan nutrisi dan diharapkan meningkatkan kemampuan akar cendana membentuk haustoria (Cameron & Tennakoon, 2011).

Tingkat mortalitas yang paling rendah cendana dengan inang adalah pada penambahan 5 g mikoriza (24 %) dibandingkan kontrol (28%), 7,5 g mikoriza (36%) dan 10 g mikoriza (68%). Hal ini menunjukkan bahwa *plantlet* cendana yang bertahan hidup dapat tumbuh lebih baik pada kondisi kompetitif dengan inang pada dosis tersebut (Gambar 2). Cendana tanpa inang menunjukkan mortalitas yang lebih rendah (Gambar 3), dengan penambahan 5 g dan 7.5 g tidak memberikan perbedaan mortalitas (8%), lebih rendah dibandingkan penambahan 10 g MA (20%) namun lebih tinggi dibandingkan kontrol (4%). Jiang, Gou, dan Ding (2013) membuktikan bahwa transfer nutrisi dari inang ke xylem tanaman parasit sebagian besar tidak selektif, semua nutrisi dapat mengalami reduksi setelah inokulasi jamur mikoriza. Penelitian yang dilakukan oleh Veiga et al. (2013) untuk MA *R. irregularis* pada tanaman *A. thaliana* dengan inang *Trifolium pretense* dan *Lolium multiflorum* menunjukkan bahwa pertumbuhan *A. thaliana* menurun dengan inokulasi MA tanpa inang namun dapat terbentuk kolonisasi pada akar walaupun tak terbentuk arbuskules (penetrasi sel kortikal akar), sedangkan pada perlakuan dengan inang dan MA, pertumbuhan *A. thaliana* lebih baik dibandingkan kontrol. Beragamnya variasi mortalitas memerlukan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan kemungkinan cendana termasuk dalam tanaman non-mikoriza.



Gambar 2. Mortalitas bibit cendana yang ditanam bersama inang dengan perlakuan mikoriza (0, 5 g; 7,5 g; dan 10 g) dibandingkan kontrol selama 12 minggu inkubasi



Gambar 3. Mortalitas bibit cendana yang ditanam tanpa inang dengan perlakuan mikoriza (0 g, 5 g; 7,5 g; dan 10 g) dibandingkan kontrol selama 12 minggu inkubasi

B. Pengaruh mikoriza dan inang terhadap tinggi bibit cendana

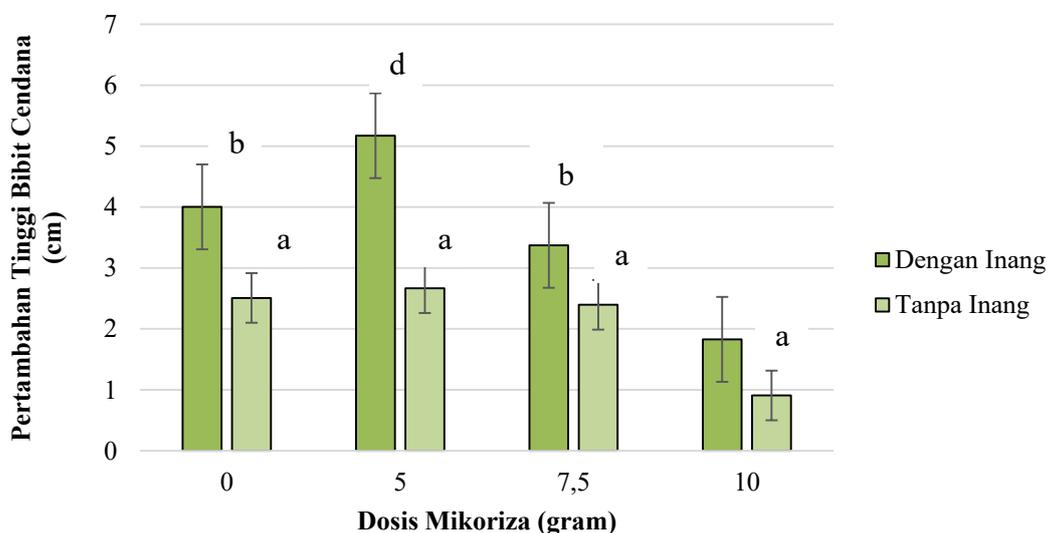
Observasi pengaruh MA dan inang terhadap tinggi bibit tahap aklimatisasi *plantlet* cendana menunjukkan perbedaan pada beberapa perlakuan setelah 16 minggu inkubasi di rumah kaca (Gambar 4 dan Gambar 5). Rata-rata pertambahan tinggi bibit cendana yang ditanam bersama inang lebih baik dibandingkan tanpa inang. Untuk perlakuan tanpa inang, tingkat pertumbuhan tinggi antara perlakuan dosis MA tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan,

meskipun dari kecenderungan yang ada, dosis 5 g memberikan tingkat pertumbuhan yang terbaik sedangkan dosis 10 g memberikan tingkat pertumbuhan terendah. Sementara itu, untuk perlakuan dengan inang, nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan 5 g MA ($5,17 \text{ cm} \pm 1,21$), diikuti perlakuan dosis 7,5 g ($3,37 \text{ cm} \pm 1,64$) yang tidak berbeda secara nyata dengan kontrol ($4,00 \text{ cm} \pm 1,39$). Dosis 10 g ($1,82 \text{ cm} \pm 1,28$) menunjukkan pertambahan tinggi yang paling rendah secara signifikan baik dengan inang maupun tanpa inang. Hal ini

menunjukkan bahwa kondisi tersebut lebih dikarenakan faktor kemampuan *plantlet* cendana dalam berinteraksi dengan MA, bukan dari faktor inang. *Plantlet* hasil mikropropagasi mempunyai karakter spesifik abnormalitas secara morfologi maupun anatomi yang disebut sebagai *vitriified* atau *hyper-hydrich* yang menjadi salah satu faktor pembatas kondisi *plantlet* pada aklimatisasi (Heydová, M., Hronková H., Zahradníčková M., Šimková P., 2003). Berbeda dengan aplikasi MA pada bibit bukan dari hasil propagasi kultur jaringan, *plantlet* cendana saat awal waktu aklimatisasi belum dapat menyediakan sepenuhnya fotosintat, bagi kelimpahan aplikasi MA di daerah risosfer, sehingga infeksi miselia ke jaringan akar dan proses absorpsi air serta nutrisi bagi pertumbuhan tinggi *plantlet* tidak dapat berjalan optimal.

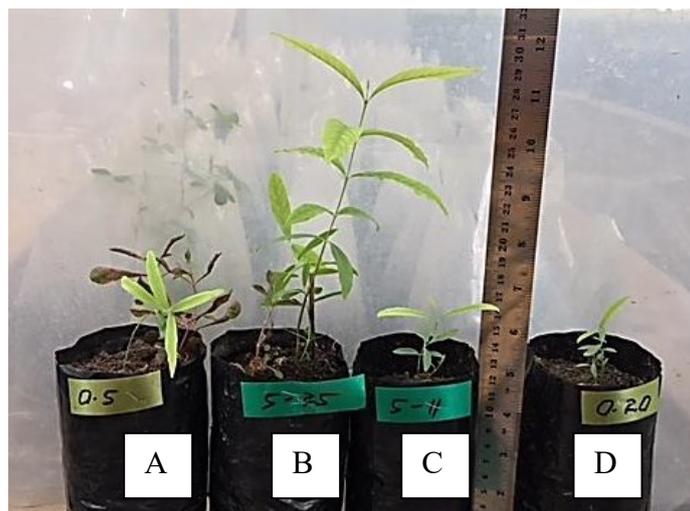
Beragam anggota biota tanah yang terkait dengan tanaman, berinteraksi di antara mikrobia, antara mikrobia dengan tanaman maupun dengan tanaman inang, sehingga dapat

mempengaruhi kebugaran tanaman itu sendiri. Interaksi antara MA, tanaman dan biota tanah sangat kompleks dan sifat serta efek interaksi ini tergantung pada spesies (Hol & Cook, 2005) dan kondisi lingkungan yang terlibat (Calvet, Pinochet, Hernández, Dorrego, Estaún, Camprubí, 2001). Aplikasi MA sampai dosis tertentu dapat menjadi salah satu faktor pemicu tekanan lingkungan *ex vitro* biotik bagi pertumbuhan *plantlet* saat aklimatisasi sehingga meningkatkan keterbatasan simbiosis MA dengan inang maupun tanpa inang. Paparan mendadak aklimatisasi oleh komunitas biotik dan abiotik pada sistem akar dalam tanah dan penyesuaian abnormalitas pada saat transfer eksplan *ex vitro* menyebabkan terhambatnya pertumbuhan karena *plantlet* belum memiliki daya tahan yang cukup (Kumar & Rao, 2012), dengan demikian observasi mengenai periode waktu transfer eksplan *ex vitro* dan aplikasi MA penting dilakukan untuk penelitian lebih lanjut dalam upaya mengurangi tekanan paparan tersebut.



Keterangan: huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata (α 0,05) pada uji LSD

Gambar 4. Tinggi bibit cendana dengan inang dan tanpa inang pada perlakuan mikoriza (5 g; 7,5 g dan 10 g) setelah 16 minggu inkubasi di rumah kaca



Gambar 5. Aklimatisasi *plantlet* cendana terbaik setelah 4 bulan inkubasi di rumah kaca yaitu dengan perlakuan 5 gram mikoriza dengan inang (B) dibandingkan dengan kontrol dengan inang (A) maupun dengan perlakuan 5 gram mikoriza tanpa inang (C) dan kontrol tanpa inang (D). (Dokumentasi foto: Putri, 2017)

Diperkirakan 18% dari semua spesies vascular (mempunyai jaringan pembuluh angkut untuk translokasi nutrisi dan air ke seluruh jaringan tanaman) tidak berhubungan dengan mikoriza (Brundrett 2009). Tumbuhan ini, berdenominasi sebagai tanaman non-mikoriza yang dapat hidup secara dominan dalam berbagai lingkungan terestrial. Meskipun jumlah tanaman non-mikoriza di alam tidak berbeda dengan tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza, namun interaksi tanaman non-mikoriza dengan mikoriza belum banyak dipahami. Beragamnya variasi mortalitas *plantlet* dan pertumbuhan tinggi bibit memerlukan penelitian lebih lanjut berkaitan dengan waktu aplikasi mikoriza, penggunaan tanaman inang dan kemungkinan cendana termasuk dalam tanaman non-mikoriza.

IV. KESIMPULAN

Plantlet cendana yang ditanam bersama inang *Portulaca* sp mempunyai persentase mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan tanpa inang. Rata-rata pertambahan tinggi bibit cendana yang ditanam bersama inang *Portulaca* sp. lebih baik dibandingkan tanpa inang. Rata-rata pertumbuhan tinggi bibit cendana terbaik

secara signifikan adalah pada penambahan 5 gram mikoriza arbuskula. *Plantlet* cendana memerlukan penambahan mikoriza di awal aklimatisasi tanpa menggunakan inang, setelah 12 minggu inkubasi memerlukan inang untuk meningkatkan pertumbuhan bibit. Pengkayaan mikoriza arbuskula dan penggunaan inang merupakan interaksi penting dalam upaya menurunkan tingkat mortalitas *plantlet* dan meningkatkan pertumbuhan bibit pada aklimatisasi kultur jaringan cendana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Suprihati, Endin Izudin dan Rudi Hartono yang telah mendukung secara teknis kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana M., Yano-Melo, O. J., Melo S., Lima-Filho J. M., N. F., & Maia, L. C. (1999). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. *Mycorrhiza*, 9(2), 119–123. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s005720050009>
- Aslam, J., Ilah, A. Mujib, A., Zainul, M., A. (2013). Proteomics during Somatic Embryogenesis. In J. Aslam, P. S. Srivastava, & M. P. Sharma

- (Eds.), *Somatic Embryogenesis and Gene Expression* (pp. 246–258). Narosa Publishing House, New Delhi. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/263930193_Book_chapter_Ilah_2013
- Bapat, V. A., & Rao, P. S. (1984). Regulatory factors for in vitro multiplication of sandalwood tree (*Santalum album* Linn.) I. Shoot bud regeneration and somatic embryogenesis in hypocotyl cultures. *Proceedings: Plant Sciences*, 93(1), 19–27. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03053003>
- Bapat, V. A., Gill, R., & Rao, P. S. (1985). Regeneration of Somatic Embryos and Plantlets from Stem Callus Protoplasts of Sandalwood Tree (*Santalum album* L.). *Current Science*, 54(19), 978–982. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/24087466?seq=1#page_scan_tab_contents
- Barrett D. R.; & Fox, J. E. D. (1997). *Santalum album*: Kernel Composition, Morphological and Nutrient Characteristics of Pre-parasitic Seedlings under Various Nutrient Regimes, 59–66.
- Bele, D., Tripathi, M. . K., Tiwari, G., Baghel, B. S., & Tiwari, S. (2012). Microcloning of sandalwood (*Santalum album* Linn .) from cultured leaf discs. *Journal of Agricultural Technology*, 8(2), 571–583.
- Bell, T. L., & Adams, M. A. (2011). Invited review Attack on all fronts : functional relationships between aerial and root parasitic plants and their woody hosts and consequences for ecosystems, 3–15. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpq108>
- Brundrett, M. C. (2002). Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytologist*, 154(2), 275–304. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2002.00397.x>
- Calvet, C., Pinochet, J., Hernández, A., Dorrego, Estaún, V., Camprubí, A. (2001). Field microplot performance of the peach-almond hybrid GF-677 after inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi in a replant soil infested with root-knot nematodes. *Mychoriza*, 10(6), 295–300. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2FPL00009998>
- Cameron D. D.; Tennakoon, K. U. (2011). The anatomy of *Santalum album* (Sandalwood) haustoria. *Canadian Journal of Botany*, 84(10), 1608–1616. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/237155221_The_anatomy_of_Santalum_album_Sandalwood_haustoria
- Cheng, Q.; Zhang, Y.; Niu, M.; Yan, H.; Zhang, X; Jaime A. Teixeira da Silva, J. A.; Ma, G. (2017). Limitations in the tissue culture of Indian sandalwood tree (*Santalum album* L.). In *Advancis in Biotechnology* (pp. 1–13). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/313247828>
- Crovadore, J., Schalk, M., & Lefort, F. (2012). Selection and mass production of santalum album L. Calli for induction of Sesquiterpenes. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 26(2), 2870–2874. <https://doi.org/10.5504/bbeq.2012.0028>
- Da Silva, J. A. T., Winarto, B., Dobránszki, J., Cardoso, J. C., & Zeng, S. (2016). Tissue disinfection for preparation of *Dendrobium* in vitro culture. *Folia Horticulturae*, 28(1), 57–75. <https://doi.org/10.1515/fhort-2016-0008>
- Fusconi, A., Hooker, J. E., Morini, S., Tisserant, B., Atkinson, D., Trotta, A., Gianinazzi-Pearson, V. Munro, M., Fortuna, P., Giovannetti, M., Berta, G., Gianinazzi, S. (2012). Arbuscular mycorrhizal induced changes to plant growth and root system morphology in *Prunus cerasifera*. *Tree Physiology*, 15(5), 281–293. <https://doi.org/10.1093/treephys/15.5.281>
- Geneviève, L., Chêneverta, R., Moutoglis, P., Serge Gagnéb, S., Pichéc, Y., Vierheilig, H. (2002). Flavonoid levels in roots of *Medicago sativa* are modulated by the developmental stage of the symbiosis and the root colonizing arbuscular mycorrhizal fungus. *Journal of Plant Physiology*, 159(12), 1329–1339. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161704703624>
- Herawan, T., Na'iem, M., Indrioko, S., & Indrianto, A. (2017). Pengaruh jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh pada induksi kalus embriogenik klon cendana (*Santalum album* Linn.). *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, 11(2), 151–158. <https://doi.org/10.20886/jpth.2017.11.2.151-158>
- Heydová, M., Hronková H., Zahradníčková M., Šimková P., & Š. A. (2003). The Role of Abscisic Acid in Acclimation of Plants Cultivated in vitro to ex vitro Conditions. *Biologia Plantarum*, 46(4), 535–541. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024811527499>

- Hol, W. H. G., & Cook, R. (2005). An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6(6), 489–503.
- Kumar, K., & Rao, I. U. (2012). Morphophysiological Problems in Acclimatization of Micropropagated Plants in - Ex Vitro Conditions- A Reviews. *Journal of Ornamental and Horticultural Plants*, 2(4), 271–283.
- Li, A. R., & Guan, K. Y. (2008). Arbuscular mycorrhizal fungi may serve as another nutrient strategy for some hemiparasitic species of Pedicularis (Orobanchaceae). *Mycorrhiza*, 18(8), 429–436. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00572-008-0196-z>
- Li, A. R., Guan, K. Y., Stonor, R., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2013). Direct and indirect influences of arbuscular mycorrhizal fungi on phosphorus uptake by two root hemiparasitic Pedicularis species: Do the fungal partners matter at low colonization levels? *Annals of Botany*, 112(6), 1089–1098. <https://doi.org/10.1093/aob/mct177>
- Lima-Filho, J. M., Maia, L. C., Saggin Jr., O.J., Yano-Melo, A. M., Melo, N. F. (2003). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. *Mycorrhiza*, 9(2), 119–123. <https://doi.org/10.1007/s005720050009>
- Lu, J. K., Xu, D. P., Kang, L. H., & He, X. H. (2015). Host-species-dependent physiological characteristics of hemiparasite *Santalum album* in association with N₂-fixing and non-N₂-fixing hosts native to southern China, 1006–1017. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpu073>
- Mathur, N., Vyas, A. (1999). Improved Biomass Production, Nutrient Uptake and Establishment of In Vitro Raised *Ziziphus mauritiana* by VA Mycorrhiza. *Journal of Plant Physiology*, 155(1), 129–132. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161799801539>
- Press, I. C., & Phoenix, G. K. (2005). Impacts of parasitic plants on natural communities. *New Phytologist*, 166(3), 737–751. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2005.01358.x/full>
- Siqueira, J. O., Safir, G. R., & Nair, M. G. (1991). Stimulation of vesicular-arbuscular mycorrhizae formation by flavonoid compounds. *New Phytologist*, 118, 87–93.
- Sita, G. L., Ram, N. V. R., & Vaidyanathan, C. S. (1979). Differentiation of embryoids and plantlets from shoot callus of sandalwood. *Plant Science Letters*, 15(3), 265–270. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0304421179901184?via%3Dihub>
- Smith, S. E., & Read, D. (2008). *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123705266500015>
- Sukmadjaja, D. (2005). Embriogenesis somatik langsung pada tanaman cendana. *Jurnal Bioteknologi Pertanian*, 10(1), 1–6. Retrieved from <http://blog.ub.ac.id/fahriansyahnurafandi/files/2013/03/Embriogenesis-somatik-langsung-pada-tanaman-cendana.pdf>
- Surata, I. K; Idris, M. M. (2001). Status Penelitian Cendana. *Berita Biologi, Edisi Khusus Masalah Cendana NTT*, 5, 521–537.
- Van Hovel, M. D., Evans, B. A., & Borowicz, V. A. (2011). Hemiparasite – host plant interactions and the impact of herbivory: a field experiment. *Botany*, 89(8), 537–544. <https://doi.org/10.1139/b11-045>
- Webster, Seymour, Mitchell, S. A., & Achmad, M. H. (2003). A novel surface sterilization method for reducing fungal and bacterial contamination of field grown medicinal explants intended for in vitro culture., (June 2014).

