

PENGARUH MIKORIZA ARBUSKULA DAN INANG *Portulaca* sp. TERHADAP AKLIMATISASI *PLANTLET* CENDANA (*Santalum album* L.)
Influence of arbuscular mycorrhiza and Portulaca sp. host to acclimatization of cendana (Santalum album L.) 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 L.) produces high-value aromatic timbers are needed in various industries. Cendana is proclaimed by IUCN including critically endangered trees. Tissue culture for conservation and propagation of cendana is a promising technique to degrade endangered level and industrial raw materials supply. The effect of biotic environment on acclimatization in this research is an important step to increase root growth and decrease plantlet mortality as the main problem of cendana tissue culture to date. The main problems of cendana tissue culture are stunted to grow and high mortality of plantlet at acclimatization stage. Cendana hemi-parasitic roots with host plant biotic and soil microorganism interaction were acclimatization determinant factor. The purpose of this research is to observe the influence of arbuscular mycorrhizal (5 g, 7.5 g and 10 g) for bio-nutrition and Portulaca sp. for host plant in acclimatization of cendana tissue cultured plantlets. Mortality rates of plantlet and high increase of seedlings were used as parameters for 30 replications in each treatment. The results of this study indicate that 5 grams of mycorrhizal treatment on a cendana plantlet planted with Portulaca sp. has the lowest mortality (24%) after 12 weeks' incubation with the best average seedling height (6.72 cm ± 1.33) after 16 weeks' incubation in green house. The results of this study prove the importance of exogenous mycorrhizal enrichment equilibrium in the acclimatization of cendana tissue culture.

Keywords: *cendana (Santalum album L.), endangered, tissue culture*

ABSTRAK

Cendana (*Santalum album* L.) menghasilkan kayu aromatik bernilai ekonomi tinggi yang dibutuhkan pada berbagai industri. Cendana dicanangkan oleh IUCN sebagai pohon kritis terancam punah. Kultur jaringan untuk penyelamatan maupun perbanyak cendana merupakan teknik yang menjanjikan untuk menurunkan tingkat kelangkaan dan penyediaan bahan baku industri. Penelitian pengaruh lingkungan biotik pada aklimatisasi ini merupakan tahap penting untuk meningkatkan pertumbuhan perakaran dan menurunkan mortalitas plantlet sebagai permasalahan utama kultur jaringan cendana sampai saat ini. Interaksi akar hemiparasit cendana dengan biotik tanaman (inang) dan mikroorganisme tanah merupakan penentu aklimatisasi. Tujuan penelitian ini adalah melakukan observasi pengaruh mikoriza arbuskula (5 gram, 7,5 gram dan 10 gram) sebagai bionutrisi dan *Portulaca* sp. sebagai tanaman inang terhadap aklimatisasi kultur jaringan cendana. Tingkat mortalitas plantlet dan pertambahan tinggi bibit cendana digunakan sebagai parameter untuk 30 ulangan pada masing-masing perlakuan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan 5 gram mikoriza pada plantlet cendana yang ditanam bersama inang *Portulaca* sp. mempunyai nilai mortalitas terendah (24 %) setelah 12 minggu inkubasi dengan rata-rata tinggi bibit terbaik (6,72 cm ± 1,33) setelah 16 minggu inkubasi di rumah kaca. Hasil penelitian ini membuktikan pentingnya keseimbangan pengayaan mikoriza eksogen pada aklimatisasi kultur jaringan cendana.

Kata kunci: *cendana (Santalum album L.), hampir punah, kultur jaringan*

I. PENDAHULUAN

Kultur jaringan cendana telah mempunyai sejarah lebih dari 50 tahun (sejak tahun 1963) (Rangaswamy & Rao, 2017) dengan lebih dari 50 publikasi penelitian (Teixeira da Silva et al., 2016). Kemajuan kultur jaringan cendana telah

diperoleh secara signifikan diantaranya respon eksplan untuk embrio zygote/endosperm (Rao, K. S., Chrungoo Amares, N. K., 1996), hipokotil (Bapat, & Rao, 1984; Crovadore, Schalk, & Lefort, 2012), nodul/inter-nodul (Teixeira da Silva et al., 2016), daun muda (Herawan, Na'iem, Indrioko, & Indrianto, 2017),

organogenesis tunas pucuk, embriogenesis somatik, kultur sel (Sita, Ram, & Vaidyanathan, 1979), kultur protoplas (Bapat, Gill, & Rao, 1985) dan *synthetic seeds* (Bapat & Rao, 1988). 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 pematangan tunas (“Micropropagation of an endangered Indian sandalwood (*Santalum album* L.)” 2006) serta tingginya persentase mortalitas aklimatisasi planlet (Bele, Tripathi, Tiwari, Baghel, & Tiwari, 2012).

Cendana termasuk jenis pohon hemiparasit yaitu mempunyai kemampuan memfiksasi CO₂ udara melalui proses fotosintesa untuk memproduksi karbohidrat dan pada fase pertumbuhannya memerlukan interaksi dengan tanaman inang yang bersifat parasitisme (Sunaryo, Saifudin, 2001). Pada beberapa periode terakhir, interaksi tanaman hemiparasit dengan tanaman inang dan organisme tanah menjadi fokus utama penelitian cendana (Press & Phoenix, 2005), hal ini berkaitan terhadap tingkat mortalitas bibit cendana yang menjadi keterbatasan penyediaan materi budidaya di lapangan. Perbanyakannya cendana secara kultur jaringan menjadi penting karena secara konvensional mengalami hambatan ketidak-mampuan secara seksual, waktu yang lama, sifat heterozigot dan perbanyakannya vegetatif makro yang belum tersedia (Sukmadjaja, 2005). Investigasi interaksi multi spesies terhadap cendana belum banyak dilaporkan di habitat alam (Van Hovel, Evans, & Borowicz, 2011) maupun pada *plantlet* hasil kultur jaringan (“Micropropagation of an endangered Indian sandalwood (*Santalum album* L.)” 2006). 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.

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, Guan, Stonor, Smith, & Smith, 2013). Penelitian hemiparasit *Pedicularis tricolor* yang dilakukan oleh Li dan Guan (2008) menunjukkan tingginya kolonisasi MA dan struktur MA yang dapat berkembang dengan baik pada risosferm, maka ditengarai jamur MA berperan signifikan pada akuisisi nutrisi. Hasil penelitian (Li et al., 2013) menambahkan bahwa dengan atau tanpa kehadiran tanaman inang menunjukkan adanya interaksi langsung antara jamur MA dan akar hemiparasit. Dengan demikian penelitian mengenai pengaruh jamur MA terhadap tanaman hemiparasit cendana selama koinfeksi tanaman inang perlu dikaji untuk meningkatkan pertumbuhan perakaran dan menurunkan tingkat mortalitas planlet pada aklimatisasi hasil kultur jaringan.

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 planlet 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 perbanyak tunas aksiler kultur jaringan klon A.III.4.14 dari rejuvinasi rendaman cabang pohon plus cendana di plot konservasi genetik di Gunung Kidul, Yogyakarta. Klon yang digunakan pada penelitian ini termasuk 11 klon penghasil senyawa santalon tinggi. Inisiasi, multiplikasi dan perakaran plantlet menggunakan media (Murashige & Skoog, 1962a) dan media (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 seresah daun jati. Larutan fungisida untuk sterilisasi *plantlet*. Spora mikoriza arbuskula menggunakan isolat *Acaulospora sp.* dan *Gigaspora sp.*. 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 berat inokulum (5 gram, 7,5 gram dan 10 gram) yang diaplikasikan di sekitar risosfer *plantlet* sebanyak 10 *polybag*, masing-masing dengan 3 ulangan pada media dengan inang maupun tanpa 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*. Media yang digunakan adalah campuran tanah, pasir dan kompos seresah daun jati dengan perbandingan sebanyak 2:1:1 yang sudah disiram air sampai kapasitas lapang. *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.

D. Analisis data

Analisis rata-rata dan persentase respon *plantlet* terhadap perlakuan yang diberikan dilakukan dengan analisis data program Excel, Microsoft Office 2010.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian aplikasi mikoriza arbuskula sebagai bionutrisi dan penggunaan *Portulaca sp.* sebagai tanaman inang merupakan upaya menangani masalah tahap aklimatisasi kultur jaringan cendana yang sampai saat ini belum menunjukkan keberhasilan pemenuhan bibit secara massal. Pengaruh mikoriza dan inang terhadap mortalitas *plantlet* dan tinggi bibit pada aklimatisasi cendana hasil kultur jaringan adalah sebagai berikut:

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

Hasil observasi perlakuan mikoriza pada penelitian menunjukkan respon mortalitas *plantlet* yang beragam pada media dengan inang maupun tanpa inang *Portulaca sp.*. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 menunjukkan persentase mortalitas pada semua perlakuan dengan maupun tanpa inang mempunyai nilai yang lebih rendah dibandingkan kontrol, hal ini mengindikasikan pengaruh positif mikoriza terhadap keberhasilan aklimatisasi *plantlet* cendana. Namun secara keseluruhan terdapat

fenomena menarik yaitu bahwa planlet cendana yang ditanam bersama inang (Gambar 1) mempunyai persentase mortalitas yang lebih tinggi dibandingkan tanpa inang (Gambar 2) sampai dengan 12 minggu waktu pengamatan di rumah kaca. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan 5 gram mikoriza pada planlet cendana yang ditanam bersama inang *Portulaca* sp. mempunyai nilai mortalitas terendah (24 %).

Tanaman hemiparasit cendana mampu memfiksasi karbondioksida dari udara melalui fotosintesa untuk memproduksi karbohidrat walaupun dalam fase pertumbuhannya memerlukan interaksi parasitisme dengan tanaman sebagai inang (Sunaryo & Saifudin, 2001). Planlet cendana *in vitro* tidak berinteraksi dengan inang dan mempunyai ketersediaan nutrisi maupun hormon yang tinggi secara aksenik (tanpa persaingan dengan makro maupun mikro organisme). Dalam waktu 12 minggu inkubasi ditengarai belum cukup waktu untuk penyesuaian terhadap lingkungan, kemampuan berinteraksi dengan inang dan kemampuan mempertahankan regenerasi jaringan menggunakan senyawa nutrisi *in vivo*. Perakaran, daun maupun tunas planlet yang lemah, kemampuan fotosintesa rendah, stomata belum berfungsi dengan baik dan lapisan lilin kutikula tidak berkembang baik menyebabkan proses transpirasi menjadi tinggi menjadi keterbatasan pada proses aklimatisasi (Chirinéa, Pasqual, Araujo, Pereira, & Castro, 2012).

Rendahnya mortalitas planlet pada aklimatisasi cendana tanpa inang ditengarai 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 (Mudrák & Lepš, 2010; Borowicz & Armstrong, 2012). Respon pertumbuhan terhadap nutrisi sangat bervariasi antara akar spesies (Davies & Graves, 2000) maupun dengan inang. Penambahan bionutrisi mikoriza

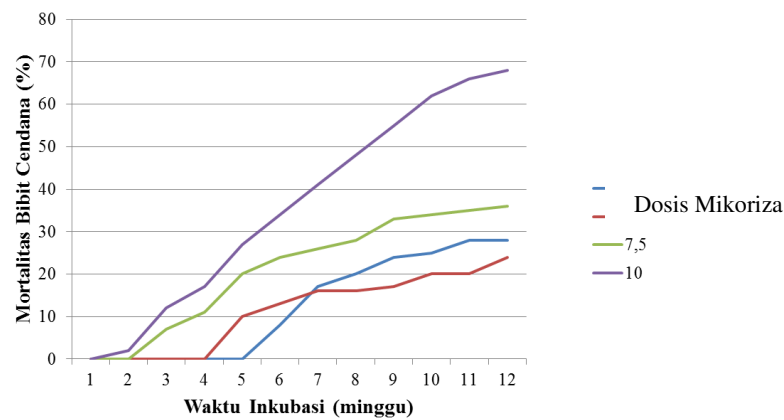
menjadi penting untuk upaya stimulasi perakaran agar dapat berfungsi baik. Infeksi mikoriza pada perakaran planlet membantu memperluas risosfer untuk meningkatkan serapan nutrisi dan diharapkan meningkatkan kemampuan akar cendana membentuk haustoria. Kurun waktu terjadinya awal mortalitas cendana tanpa 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 lebih baik pada perlakuan tanpa inang dapat memperkecil mortalitas dan waktu awal mortalitas lebih panjang. Kecenderungan tingkat mortalitas kontrol yang lebih rendah pada cendana dengan dan tanpa inang selama 12 minggu dapat dikarenakan efisiensi energi planlet yang lebih tinggi pada kontrol untuk pertumbuhan dibandingkan untuk interaksi dengan mikoriza. Hal ini ditengarai sampai batas kemampuan perakaran kontrol tanpa bionutrisi eksogen seperti ditunjukkan pada Gambar 3 (pertumbuhan tinggi bibit).

B. Pengaruh mikoriza dan inang terhadap tinggi bibit cendana

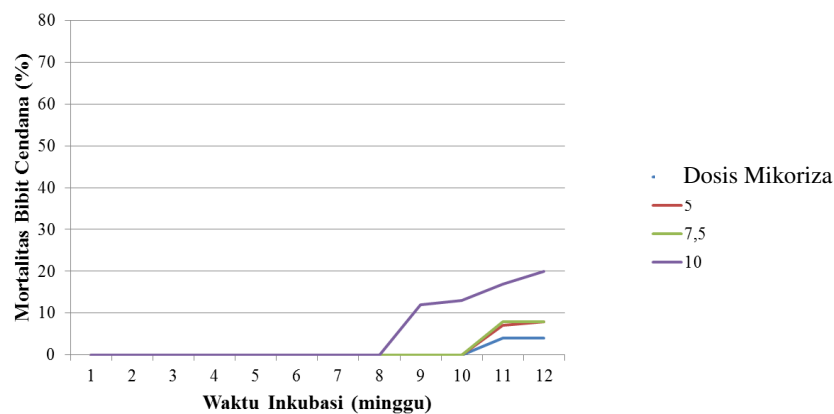
Observasi pengaruh mikoriza arbuskula dan inang terhadap tinggi bibit tahap aklimatisasi planlet cendana hasil kultur jaringan menunjukkan perbedaan pada beberapa perlakuan setelah 16 minggu inkubasi di rumah kaca (Gambar 3). Rata-rata tinggi bibit cendana yang ditanam bersama inang lebih baik dibandingkan tanpa inang, tertinggi diperoleh pada perlakuan 5 gram mikoriza dengan inang ($6,72 \text{ cm} \pm 1,33$) (Gambar 5) pada aklimatisasi planlet hasil kultur jaringan tahap multiplikasi dan tahap perakaran (Gambar 4). Penggunaan materi planlet yang telah berhasil menunjukkan kemampuan berakar yang tinggi (80%) pada cendana *in vitro* di penelitian sebelumnya (Herawan et al., 2017) merupakan bukti yang tidak mendukung rendahnya kemampuan berakar yang dilaporkan oleh Muthan et al.,

(2006). Penelitian ini sebagai lanjutan penelitian sebelumnya menunjukkan pengaruh penting mikrobiotik dalam upaya menurunkan

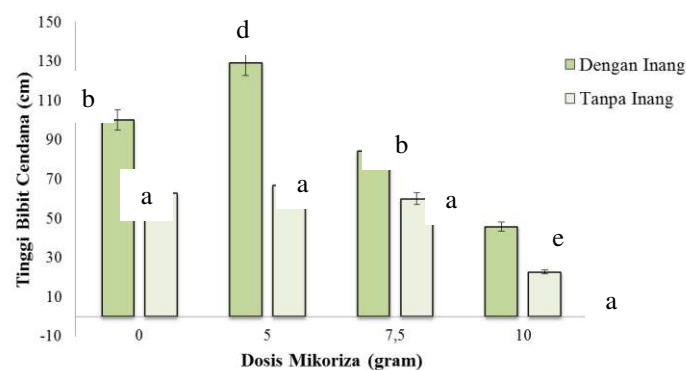
persentase mortalitas aklimatisasi plantlet seperti dilaporkan oleh Chandra, Bandopadhyay, Kumar, dan Chandra (2010).



Gambar 1. Mortalitas bibit cendana yang ditanam bersama inang dengan perlakuan mikoriza (5 g; 7,5 g; dan 10 g) dibandingkan kontrol selama 12 minggu inkubasi

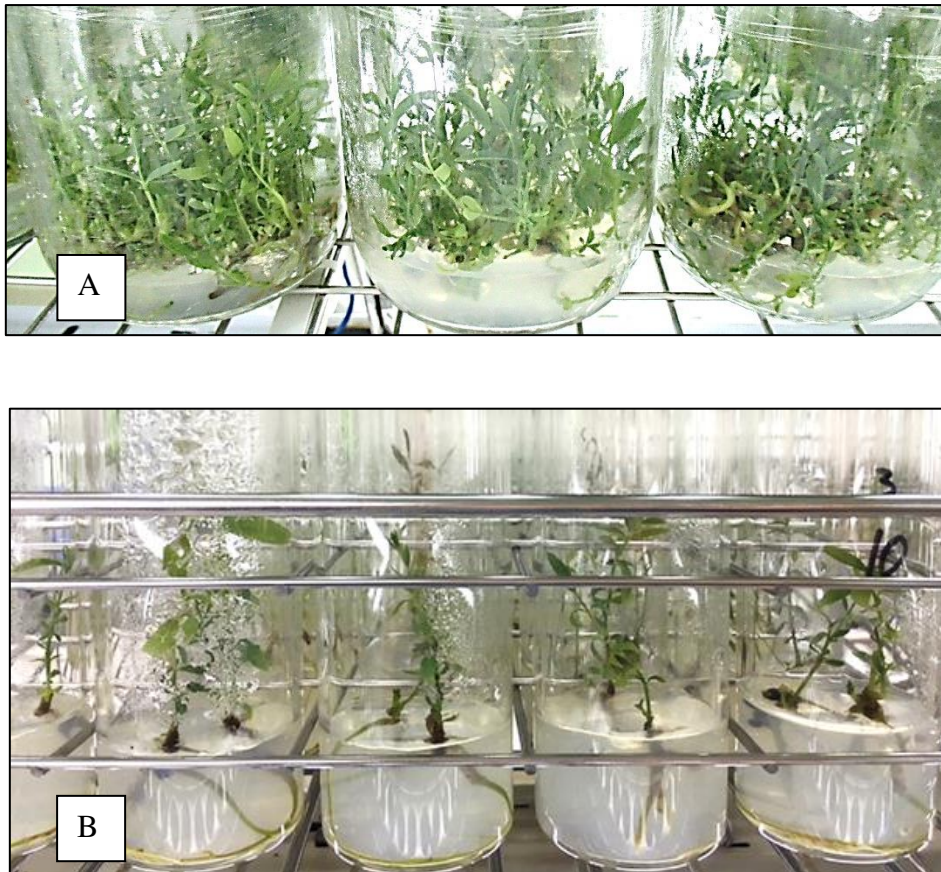


Gambar 2. Mortalitas bibit cendana yang ditanam tanpa inang dengan perlakuan mikoriza (5 g; 7,5 g; dan 10 g) dibandingkan kontrol selama 12 minggu inkubasi

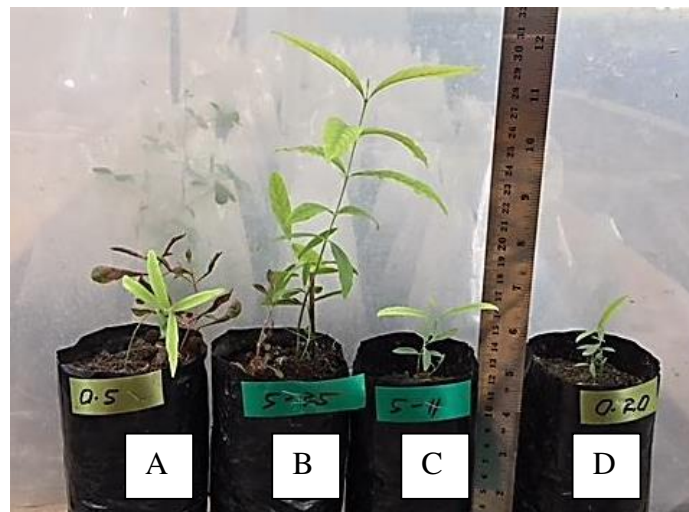


Keterangan: huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata ($\alpha 0,05$) pada uji LSD

Gambar 3. 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 4. Planlet cendana pada tahap multiplikasi (A) (Herawan, 2017) dan *plantlet* cendana pada tahap perakaran (B) (Putri, 2017) sebelum aklimatisasi ke rumah kaca



Gambar 5. Aklimatisasi planlet 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) (Putri, 2017)

Berkaitan dengan tingkat mortalitas yang lebih tinggi pada cendana dengan inang, hal ini

menunjukkan bahwa planlet cendana yang bertahan hidup dapat tumbuh lebih baik pada

kondisi kompetitif dengan inang pada penambahan 5 gram mikoriza. Bukti kuantitatif pertama kali telah dilakukan oleh Li et al. (2013) bahwa mikoriza arbuskula berperan penting dalam perolehan nutrisi oleh akar parasit tanaman. 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. Mikoriza juga berperan dalam pengaturan interaksi nutrisi tanaman dan inang yang dapat meminimalkan potensi eksploitasi berlebihan dari tanaman inang. Penelitian ini mendukung penelitian tersebut dan membuktikan bahwa mikoriza berperan dalam pengaturan interaksi nutrisi antara tanaman hemiparasit cendana dengan inang *Portulaca sp.*

IV. KESIMPULAN

Keseimbangan pengkayaan mikoriza eksogen merupakan hal penting dalam upaya meningkatkan pertumbuhan akar dan menurunkan mortalitas pada aklimatisasi kultur jaringan cendana. Perlakuan 5 gram mikoriza pada plantlet cendana yang ditanam bersama inang *Portulaca sp.* mempunyai nilai mortalitas terendah (24%) setelah 12 minggu inkubasi dengan rata-rata tinggi bibit terbaik ($6,72 \text{ cm} \pm 1,33$) setelah 16 minggu inkubasi di rumah kaca.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

Aslam, J., Ilah, A., Mujib, A., Zainul, M., & Abdin. (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., 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
- Bapat, V. A., & Rao, P. S. (1988). Sandalwood plantlets from “Synthetic seeds.” *Plant Cell Reports*, 7(6), 434–436. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00269531>
- 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>
- 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.
- Borowicz, V. A., & Armstrong, J. E. (2012). Resource limitation and the role of a hemiparasite on a restored prairie. *Oecologia*, 169, 783–702. <https://doi.org/10.1007/s00442-011-2222-7>
- 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>
- Chandra, S., Bandopadhyay, R., Kumar, V., & Chandra, R. (2010). Acclimatization of tissue cultured plantlets: from laboratory to land. *Biotechnol Letter*, 32(9), 1199–1205. <https://doi.org/10.1007/s10529-010-0290-0>
- Chirinéa, C. F., Pasqual, M., Araujo, A. . G. de, Pereira, A. R., & Castro, E. M. de. (2012). Acclimatization and leaf anatomy of micropropagated fig plantlets. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4), 1180–1188. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000400027>
- Crovadore, J., Schalk, M., & Lefort, F. (2012). Selection and mass production of sandalwood (*Santalum album L.*) Calli for induction of Sesquiterpenes. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 26(2), 2870–2874. <https://doi.org/10.5504/bbeq.2012.0028>

- Davies, D. M., & Graves, J. D. (2000). The impact of phosphorus on interactions of the hemiparasitic angiosperm *Rhinanthus minor* and its host *Lolium perenne*. *Oecologia*, *124*(1), 100–106. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs004420050029>
- Gresshoff, P. M., & Doy, C. H. (1972). Development and differentiation of haploid *Lycopersicon esculentum* (tomato). *Planta*, *107*(2), 161–170. <https://doi.org/10.1007/BF00387721>
- 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>
- Jiang, W., Gou, G., & Ding, Y. (2013). Influences of arbuscular mycorrhizal fungi on growth and mineral element absorption of chenglu hybrid bamboo seedlings. *Pakistan Journal of Botany*, *45*(1), 303–310.
- 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>
- Micropropagation of an endangered Indian sandalwood (*Santalum album* L.). (2006). *Journal of Forest Research*, *11*(3), 203–209. <https://doi.org/10.1007/s10310-006-0207-x>
- Mudrak, O., & Lepš, J. (2010). Interactions of the Hemiparasitic Species *Rhinanthus minor* with its Host Plant Community at Two Nutrient Levels. *Folia Geobotanica*, *45*(4), 407–424. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/23064945?seq=1#page_scan_tab_contents
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962b). A Revised for Rapid Growth and Bio Assay with Tobacco Tissue Culture. *Physiologia Plantarum*, *15*, 26. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- 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>
- Rangaswamy, N. S., Rao, P. S., in Qingwei Cheng, Q., Zhang, Y., Niu, M., Yan, H., Zhang, X., Jaime, A., Teixeira da Silva, Ma, G. (2017). Experimental studies on *Santalum album* L. establishment of tissue culture of endosperm In Limitations in the tissue culture of Indian sandalwood tree (*Santalum album* L.). In *Advancen in Biotechnology* (pp. 1–13). Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/313247828_Limitations_in_the_tissue_culture_of_Indian_sandalwood_tree_Santalum_album_L
- Rao, K. S., ChrungooAmares, N. K. (1996). Characterization of somatic embryogenesis in sandalwood (*Santalum album* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, *32*(3), 123–128. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02822754>
- 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>
- Sunaryo, & Saifudin. (2001). Kajian Parasitisme Tumbuhan Cendana (*Santalum album* L.). *Berita Biologi, Volume 5, Nomor 5,5*, 575–579.
- Teixeira da Silva, J. A., Kher, M. M., Soner, D., Page, T., Zhang, X., Nataraj, M., & Ma, G. (2016). Sandalwood: basic biology, tissue culture, and genetic transformation. *Planta*, *243*(4), 847–887. <https://doi.org/10.1007/s00425-015-2452-8>
- 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>

