

**REGENERASI PERAKARAN *PLANTLET IN VITRO* DAN *EX VITRO* PADA
KULTUR JARINGAN CENDANA (*Santalum album* Linn.)**
*Rooting regeneration of in vitro and ex vitro plantlets of cendana (Santalum album Linn.)
tissue culture*

Asri Insiana Putri dan Toni Herawan

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

Tanggal diterima: 2 April 2018, Tanggal direvisi: 5 April 2018, Disetujui terbit: 24 September 2018

ABSTRACT

Cendana (Santalum album Linn.) is one of the important hemiparasite species due to its high value essential oil for pharmaceutical industries. However, since 1998 this species has been categorized as vulnerable by the IUCN Red List. The propagation of cendana has been hampered by inadequacy in regeneration, either through sexual or vegetative propagation. Regeneration of cendana through in vitro technique is still limited due to the difficulty in rooting and acclimatization. The purpose of this study is to observe the effect of clones, in vitro and ex vitro techniques on the primary and secondary root development. Two clones of cendana: Clone A.III.4.14 and WS28 were tested in Gresshoff & Doy culture media enriched by IBA 20 mg/l; IAA 0.15 mg/l and kinetin 0.15 mg/l. Root development was observed for six months of culture for in vitro and three months after acclimatization in a greenhouse for ex vitro. The results of this study showed that Clone A.III.4.14 formed primary root in lower percentage rate (41.85%) than Clones WS28 (60.44%), on the contrary it grew secondary root in higher percentage rate (58.15%) than Clone WS28 (39.56%). The ex vitro following the acclimatization showed that the root hairs grew only in the plantlets which formed secondary root during in vitro. This result indicates an important of clone's selection for secondary root development during in vitro to obtain a better root system in the success of acclimatization of cendana.

Keywords: primary root, secondary root, tissue culture, clones, acclimatization

ABSTRAK

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan tumbuhan hemiparasit bernilai tinggi, digunakan secara luas dalam industri farmasi. Sejak 1998, spesies ini dinyatakan termasuk kategori rentan oleh *IUCN Red List*. Perbanyak cendana sampai saat ini mengalami hambatan karena tidak mampu berkembang-biak secara seksual, sementara perbanyak vegetatif makro cendana belum tersedia. Regenerasi perakaran cendana melalui pendekatan *in vitro* masih terbatas karena sulitnya pengembangan tahap perakaran dan aklimatisasi. Tujuan penelitian ini adalah mempelajari pengaruh klon, teknik perbanyak melalui fase *in vitro* dan *ex vitro* terhadap pertumbuhan akar primer maupun sekunder. Dua klon cendana: A.III.4.14 dan WS28 diuji pada media media Gresshoff & Doy yang ditambahkan IBA 20 mg/l; IAA 0,15 mg/l dan kinetin 0,15 mg/l. Regenerasi perakaran diamati selama enam bulan pada fase *in vitro*, dan selama tiga bulan setelah aklimatisasi di rumah kaca pada fase *ex vitro*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Klon A.III.4.14 mempunyai presentase akar primer lebih rendah (41,85%) dibandingkan Klon WS28 (60,44%). Namun sebaliknya Klon A.III.4.14 mempunyai presentase akar sekunder lebih tinggi (58,15%) dibandingkan Klon WS28 (39,56%). Pengamatan pada fase *ex vitro* setelah aklimatisasi menunjukkan bahwa rambut akar hanya tumbuh pada *plantlet* yang telah membentuk akar sekunder pada fase *in vitro*. Hasil penelitian ini mengindikasikan pentingnya seleksi klon berdasarkan pertumbuhan akar sekunder selama fase *in vitro* untuk mendapatkan sistem perakaran yang lebih baik pada tahap aklimatisasi dan perbanyak cendana.

Kata kunci: akar primer, akar sekunder, kultur jaringan, klon, aklimatisasi

I. PENDAHULUAN

Cendana (*Santalum album* Linn.) merupakan salah satu tumbuhan hemiparasit bernilai tinggi dari famili Antalaceae. Kandungan minyak atsiri di pohon kayu ini

digunakan secara luas dalam industri farmasi dan wewangian (Teixeira, Kher, Soner, & Nataraj, 2016). Eksploitasi illegal, serangan penyakit dan kebakaran (cendana sangat sensitif terhadap api) menyebabkan penurunan populasi cendana di alam. Tingkat regenerasi yang lebih

rendah dari tingkat panen menyebabkan hilangnya keragaman genetik dan karakter agronomi (Sanjaya, Muthan, Rathore, & Rai, 2006). Sebagai tanaman hemiparasit, cendana mempunyai kapasitas melakukan fotosintesis, namun sumber air, hara mineral dan zat organik diperoleh melalui tanaman inang (Radomiljac, Pate, & McComb, 1999). Hal ini menyebabkan regenerasi yang terjadi secara alami atau pembentukan buatan bergantung pada keberadaan tanaman inang serta kondisi lingkungan yang sesuai. Selain itu, cendana rentan terhadap berbagai faktor abiotik dan biotik termasuk penebangan liar, perburuan liar, perubahan penggunaan lahan dan regenerasi alaminya yang rendah (Durairaj & Kamaraj, 2013). Penyerbukan silang dan heterozigositas yang tinggi pada cendana menyebabkan keseragaman genetik secara alami sulit dipertahankan, dengan demikian pengembangan teknik perbanyakan alternatif untuk meningkatkan reproduksi cendana yang bermutu tinggi penting dilakukan (Arunkumar, Joshi, Warriar, & Breeding, 2016). Pada tahun 1998, spesies ini dinyatakan termasuk kategori "rentan" oleh *International Union for the Conservation of Nature's (IUCN) Red List* (Barpanda, Beura, Rout, & Jagadev, 2017).

Perbanyakan pohon cendana secara konvensional mengalami hambatan karena ketidak-mampuan berkembang-biak secara seksual, sementara perbanyakan vegetatif kayu cendana masih terbatas belum tersedia (Singh et al., 2016). Sebagian besar teknik perbanyakan cendana diberikan melalui mikrografting (Muthan, Rathore, & Rai, 2006), organogenesis dan embriogenesis somatik (Herawan, Na'iem, Indrioko, & Indrianto, 2017; Tripathi, Bele, Tiwari, Patel, & Ahuja, 2017). Regenerasi cendana melalui pendekatan *in vitro* masih terbatas karena sulitnya pengembangan tahap perakaran dan aklimatisasi (Muthan et al., 2006; Herawan et al., 2017). Sebagaimana umumnya tumbuhan dikotil, cendana memiliki sistem perakaran berupa akar pancang (akar tunggang) dan ditunjang oleh akar-akar samping yang

diperengkapi dengan serabut dan bulu-bulu akar. Akar pancangnya relatif tebal, namun jika dilihat dari proporsi panjang batang bebas-cabang maka akar pancang tersebut tidak cukup dalam masuk menembus ke dalam tanah. Secara ekofisiologis perubahan sistem perakaran cendana dapat terjadi sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang kurang sesuai. Perubahan tersebut berlangsung sepanjang proses pertumbuhan dengan terbentuknya haustorium yang berfungsi sebagai jembatan yang menghubungkan secara parsial dan langsung antara cendana dengan tanaman inangnya (Sunaryo & Saifudin, 2001). Di alam, penyerapan mineral oleh akar cendana sampai ke daun terjadi melalui dua cara dari dua sumber yang berbeda dan dengan dua metode ekstraksi yang berbeda secara seimbang antara akar dan haustoria. Berkaitan dengan fisiologi parasitisme akar cendana, hara utama yang mampu secara langsung diserap akar cendana dari risosfer adalah kapur dan kalium sedangkan unsur utama yang harus didapatkan secara parasitik dari inang adalah nitrogen dan fosfor (Gomes & Adnyana, 2017). Perubahan ini sulit terjadi pada regenerasi perakaran *in vitro* cendana, yang dapat disebabkan karena kondisi lingkungan yang terkendali dan ketersediaan hara yang tinggi pada perbanyakan kultur jaringan, sehingga seluruh hara yang diperlukan dapat terpenuhi tanpa diperlukan perubahan haustorium (Arunkumar et al., 2016). Perbedaan regenerasi perakaran di alam dan *in vitro* ini menyebabkan keterbatasan pengembangan aklimatisasi cendana sampai saat ini, sehingga diperlukan pengamatan yang lebih mendalam mengenai hal tersebut. Untuk itu, penelitian ini dilakukan dengan tujuan mempelajari: (1) perbedaan klon dalam menumbuhkan akar primer maupun sekunder dan (2) perbedaan perkembangan rambut akar dari akar primer dan sekunder saat *in vitro* dan *ex vitro* dalam rangka meningkatkan keberhasilan tahap aklimatisasi kultur jaringan cendana.

II. BAHAN DAN METODE

A. Waktu dan tempat

Kegiatan *in vitro* dilakukan di laboratorium sedangkan kegiatan *ex vitro* dilakukan di persemaian Kultur Jaringan, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan *plantlet* (tanaman yang sudah terbentuk tunas daun dan akar *in vitro*) sebagai sumber eksplan (bagian jaringan tanaman *in vitro*) untuk memperbanyak dan perakaran. Persiapan *plantlet* dilakukan pada bulan Januari 2017, pengamatan *in vitro* dilakukan mulai bulan Februari sampai dengan bulan Agustus 2017, sedangkan aklimatisasi dilakukan pada bulan September 2017 dan pengamatan *ex vitro* dilakukan pada bulan Nopember 2017. Analisis dan pengolahan data serta penulisan hasil penelitian dilakukan pada bulan Februari 2018.

B. Bahan dan alat penelitian

1. Bahan

Bahan *plantlet* penelitian ini adalah hasil memperbanyak tunas aksiler kultur jaringan dari dua klon tanaman cendana, yaitu Klon A.III.4.14 dari Pulau Rote, NTT dan Klon WS28 dari Plot Konservasi Genetik di Gunungkidul, Yogyakarta. Materi eksplan cendana yang digunakan pada penelitian ini merupakan hasil rejuvenasi dari rendaman cabang dan telah dilakukan subkultur untuk memperbanyak sampai dengan tahap perakaran sejak tahun 2016. Media *in vitro* untuk inisiasi, pelipat gandaan dan perakaran menggunakan media MS (Murashige & Skoog, 1962) dan media $\frac{1}{2}$ GD (Gresshoff & Doy, 1972) dengan penambahan hormon IAA (*Indole-3-acetic acid*) IBA (*Indole-3-butyric acid*) dan kinetin (Herawan et al., 2017). Media *ex vitro* dalam *polybag* di persemaian menggunakan tanah, pasir dan kompos dengan perbandingan 2:1:1. Larutan fungisida digunakan untuk sterilisasi *plantlet* pada waktu aklimatisasi dengan tanaman inang jenis *Portulaca*.

2. Alat

Peralatan utama pada fase *in vitro* adalah alat standar untuk kultur jaringan, sedangkan alat pada fase *ex vitro* di rumah kaca adalah saringan tanah, pengaduk tanah, pinset, kuas kecil, bak plastik, *sprayer*, label dan spidol.

3. Rancangan penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian *in vitro* adalah RCBD (*Randomized Complete Block Design*) faktorial pada 2 klon cendana, 1 unit eksperimen terdiri dari 20 eksplan, dan 5 kali ulangan penanaman, masing-masing klon A.III.4.14 dan klon WS28 terdiri 100 eksplan, sehingga total sejumlah 200 eksplan. Ulangan penanaman di *lamina air flow* tersebut digunakan sebagai blok. Pengamatan *in vitro* dilakukan 6 bulan setelah transfer eksplan meliputi persentase terbentuknya akar serta persentase akar primer maupun sekunder.

Pada penelitian *ex vitro* di rumah kaca menggunakan rancangan CRD (*Completely Random Design*), 1 unit eksperimen terdiri 40 *plantlet* (dari 100 eksplan) akar primer dan 40 *plantlet* (dari 100 eksplan) akar sekunder yang dipilih secara acak dari 2 kultur aksenik klon A.III.4.14 dan klon WS28, sehingga total terdiri 160 *plantlet*, aklimatisasi *plantlet* dilakukan satu tahap transfer pada media *polybag* bersama tanaman inang. *Polybag* disungkup dengan kantong plastik secara individual, setelah bulan pertama sungkup dilubangi dan setelah inkubasi selama 3 bulan seluruh sungkup dibuka dan dilakukan pengamatan. Pengamatan *ex vitro* meliputi panjang akar primer dan panjang akar sekunder yang dilakukan 3 bulan setelah transfer *plantlet* ke media tanah. Akar primer adalah tunas akar yang tumbuh langsung dari batang *plantlet*, sedangkan akar sekunder adalah akar yang tumbuh pada akar primer dan akar yang tumbuh pada akar sekunder adalah rambut akar.

C. Analisis data

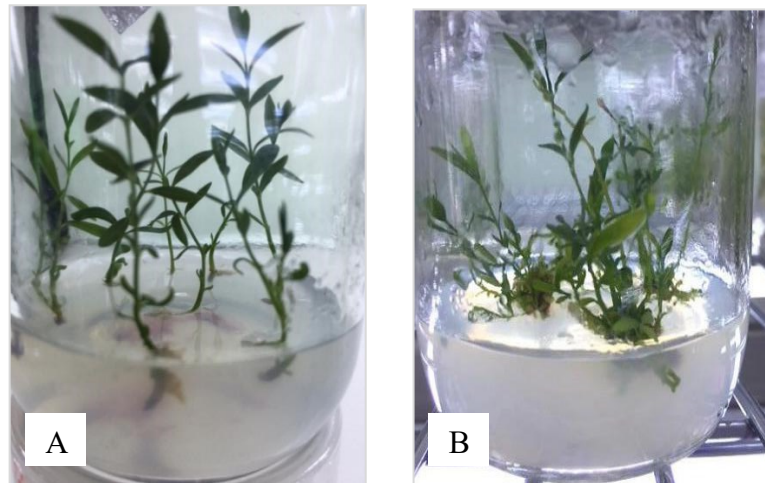
Analisis data dilakukan dengan menggunakan program Excel, Microsoft Office.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

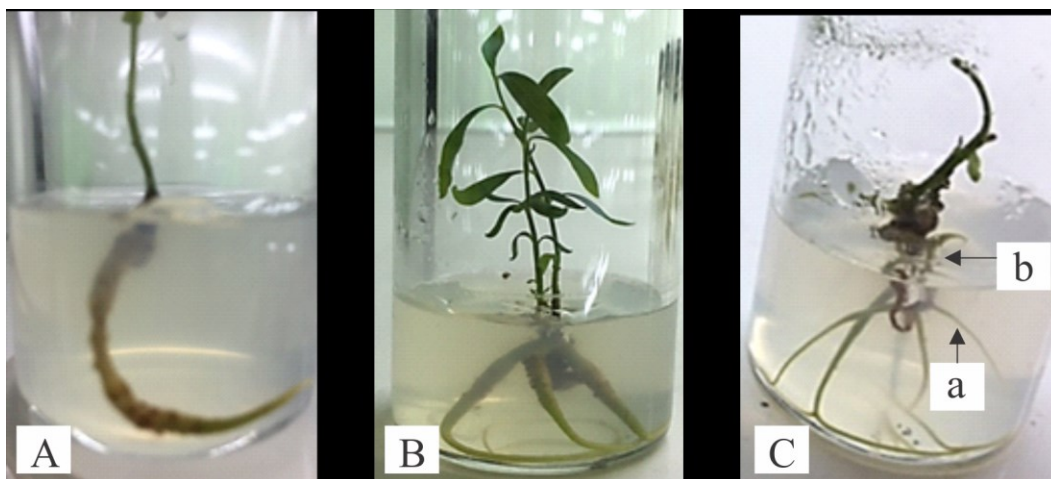
A. Perkembangan perakaran fase *in vitro*

Hasil pemindahan eksplan cendana klon A.III.4.14 maupun WS28 dari media pelipatgandaan ke media perakaran, mulai dari 1 bulan pertama menunjukkan tanggapan pertumbuhan calon tunas akar baru di seluruh eksplan yang diamati (Gambar 1). Hal ini

menunjukkan kesesuaian media dengan setengah standar dari komposisi dan persentase hara yang dikemukakan oleh Gresshoff & Doy (1972). Demikian pula penelitian ini membuktikan kesesuaian imbang hormon auksin (IBA dan IAA) dan sitokinin (kinetin) pada media perakaran hasil penelitian Herawan et al. (2017).



Gambar 1. Eksplan cendana klon A.III.4.14 (A) dan klon WS28 (B) pada media pelipatgandaan setelah 3 bulan subkultur, sebelum tahap perakaran



Gambar 2. *Plantlet* cendana pada media perakaran *in vitro* dengan beberapa bentuk perakaran setelah 6 bulan inkubasi. Akar primer tunggal (A), akar primer jamak (B) dan akar sekunder yang tumbuh pada akar primer (C). Akar sekunder (a), akar primer (b)

Berbagai bentuk akar *plantlet in vitro* setelah 6 bulan pada media perakaran ditunjukkan pada Gambar 2. Secara ekofisiologis perubahan sistem perakaran cendana *in vitro* dan di alam mengalami

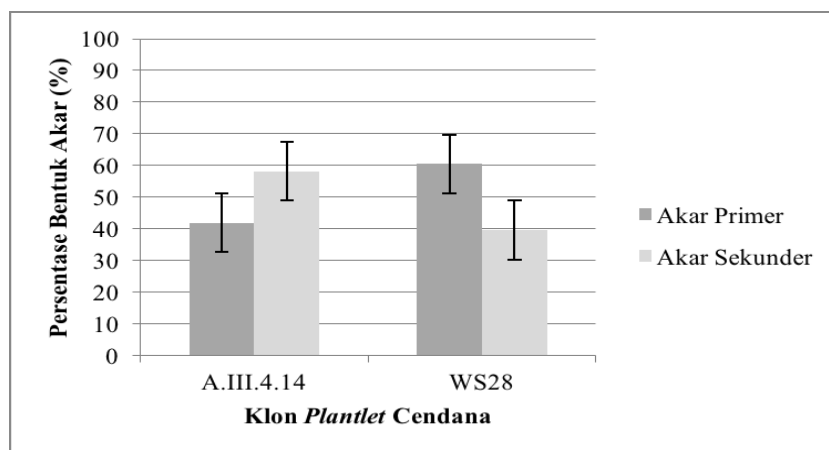
adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. Ketersediaan hara yang tinggi dan lingkungan yang terkontrol pada kultur *in vitro* merupakan lingkungan sangat kondusif untuk *plantlet* sehingga dengan mudah menjangkau

sumber hara tanpa membentuk organel akar seperti rambut akar sehingga sistem perakaran menjadi kurang berkembang. Hal ini sesuai dengan pendapat Sunaryo & Saifudin, (2001) yang mengemukakan bahwa pada lingkungan kurang kondusif, cendana mempunyai sistem perakaran yang lebih lengkap berupa akar pancang (akar tunggang) dan ditunjang oleh akar-akar samping yang diperlengkapi dengan serabut dan bulu-bulu akar.

Pembentukan akar primer dan sekunder *in vitro* (Gambar 3) menunjukkan bahwa klon A.III.4.14 cenderung membentuk akar primer dengan persentase yang lebih rendah (41,85%) dibandingkan klon WS28 (60,44%), sebaliknya klon A.III.4.14 cenderung membentuk akar sekunder lebih banyak (58,15%) dibandingkan klon WS28 (39,56%). Bentuk akar yang berbeda pada regenerasi cendana dengan media maupun lingkungan *in vitro* ditengarai dipengaruhi oleh sifat genetik klon. Kondisi ini merupakan salah satu keunggulan teknik kultur jaringan, yaitu dapat melakukan seleksi *in vitro* untuk memperoleh klon dengan kemampuan membentuk akar. Sampai saat ini seleksi klonal secara konvensional memerlukan waktu dan

capaian yang lebih lambat untuk memperoleh pemuliaan tanaman berkualitas pada tingkat yang sama dibandingkan dengan pendekatan bioteknologi (Ayer, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan, Tripathi et al. (2017) melaporkan bahwa dari 29 kombinasi media MS yang dipergunakan dengan 5 kombinasi hormon pada inisiasi cendana sampai bulan keempat, hanya 10,34% eksplan yang menunjukkan berakar, demikian pula pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Bele, Tripathi, Tiwari, Baghel, & Tiwari, 2012) belum diperoleh hasil sampai tahap perakaran. Tingginya tanggapan perakaran *in vitro* cendana yang mencapai 100% pada penelitian ini dimungkinkan karena beberapa hal yang tidak dilakukan pada penelitian-penelitian tersebut yaitu: (1) pengaruh rejuvinasi rendaman cabang untuk memperoleh sumber eksplan, (2) dilakukannya lebih banyak subkultur pada media yang berbeda antara tahap inisiasi, tahap pelipatgandaan dan tahap perakaran, dan (3) perbedaan jenis dan imbalan hormon auksin maupun sitokinin yang dipergunakan dan (4) perbedaan genetik materi eksplan yang digunakan.



Gambar 3. Persentase perakaran primer dan sekunder cendana pada klon A.III.4.14 dan klon WS28 *in vitro* selama 6 bulan inkubasi

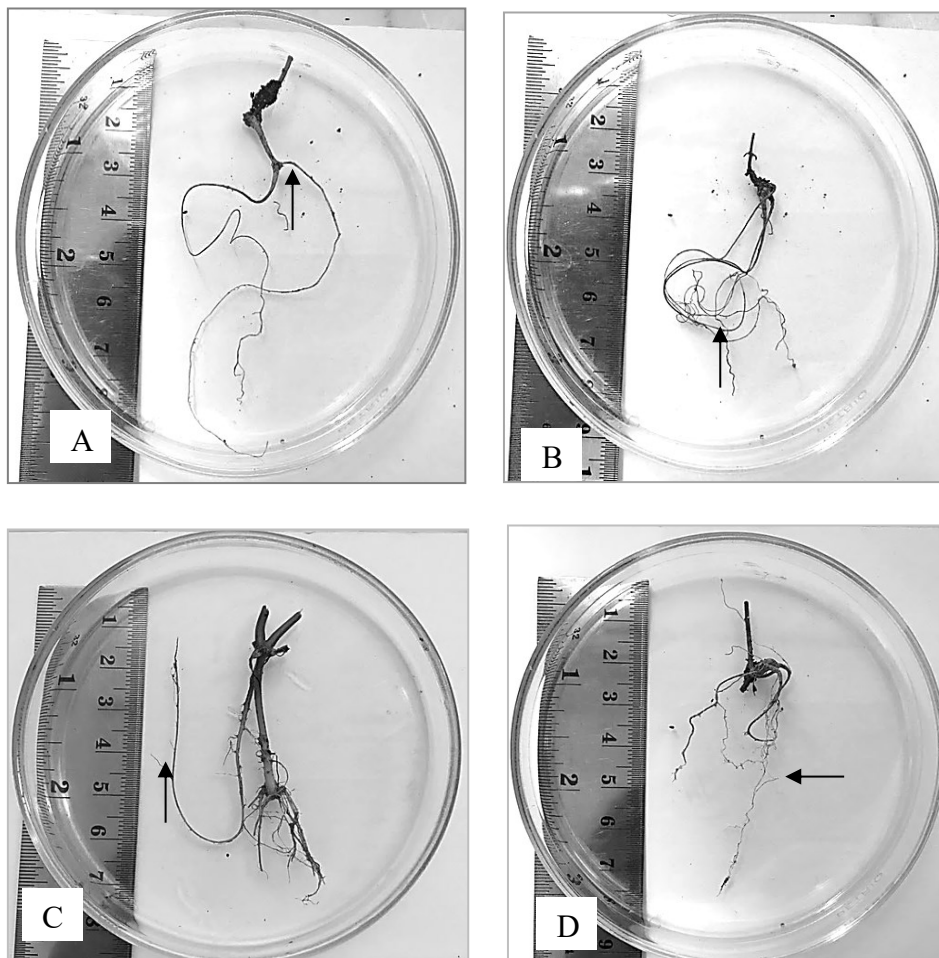
B. Perkembangan perakaran fase *ex vitro*

Pada perkembangan perakaran fase *ex vitro* menunjukkan terbentuknya akar primer maupun sekunder pada *plantlet* dari kedua klon

cendana yang diperoleh. Berdasarkan perbandingan perubahan bentuk akar *in vitro* dan *ex vitro* dijumpai fenomena menarik, yaitu 67 % akar primer yang terbentuk secara *in vitro* tidak terbentuk rambut akar secara *ex vitro*

(Gambar 4A dan Gambar 4b), sementara 74 % akar sekunder yang terbentuk secara *in vitro* membentuk rambut-rambut akar secara *ex vitro* (Gambar 4C dan Gambar 4D). Sampai 30 hari pengamatan aklimatisasi, pembentukan rambut akar pada penelitian ini tidak seluruhnya dapat membentuk bibit siap tanam, yaitu sekitar 30 % bibit yang membentuk rambut akar dari kedua klon mati. Secara ekofisiologis perubahan sistem perakaran cendana yang terjadi dapat

dilihat sebagai bentuk adaptasi terhadap kondisi lingkungan (Tennakoon, Pate, & Arthur, 1997). Walaupun demikian terbentuknya akar sekunder dapat digunakan sebagai salah satu seleksi awal *in vitro* untuk mendapatkan sistem perakaran *ex vitro* yang lebih lengkap dan memerlukan penelitian lebih lanjut untuk proses aklimatisasi selanjutnya sampai dengan bibit siap tanam.



Gambar 4. Akar *plantlet ex vitro* cendana setelah 3 bulan aklimatisasi di rumah kaca: akar primer jamak dengan 2 cabang akar, tanpa rambut akar (A), akar jamak primer dengan 3 cabang akar tanpa rambut akar (B), 1 akar sekunder dari 1 akar primer yang ditumbuhi rambut akar (C) dan 2 akar sekunder dari 1 akar primer yang ditumbuhi rambut akar (D)

Sebagaimana umumnya tumbuhan dikotil, cendana memiliki sistem perakaran berupa akar pancang (akar tunggang) dan ditunjang oleh akar-akar samping yang diperlengkapi dengan serabut dan bulu-bulu akar dengan dominansi pertumbuhan horisontal

(Sunaryo & Saifudin, 2001). Perkembangan akar pada kondisi *in vitro* lebih terbatas untuk mengalami perubahan karena ketersediaan hara yang tinggi dan tidak disertai tumbuhan inang. Hal ini berbeda dengan pertumbuhan akar *ex vitro* hasil aklimatisasi yang terpacu untuk

membentuk sistem dan bahan organik dipenuhi melalui tanaman inang (Radomiljac et al., 1999). Pendapat tersebut ini mendukung penelitian yang dilakukan bahwa regenerasi cendana secara alami atau buatan bergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan, seperti pada lingkungan *in vitro* yang dapat memenuhi nutrisi dalam bentuk yang siap digunakan oleh akar cendana tanpa melalui tanaman inang. Terjadinya pemanjangan akar maupun tunas dan terbentuknya daun *plantlet* cendana *in vitro* dan *ex vitro* setelah aklimatisasi menunjukkan proses fisiologis yang tetap berjalan tanpa adanya inang. Namun demikian pertumbuhan cendana pada media tanah yang dipengaruhi faktor biotik maupun abiotik di rumah kaca memerlukan pengamatan lebih lanjut setelah disertai dengan tanaman inang yang sesuai.

Tabel 1. Rata-rata panjang akar cendana klon A.III4.14 dan WS28 *in vitro* dan *ex vitro* setelah 30 hari pengamatan

Klon	Karakter	
	PAP (cm)	PAS (cm)
<i>In Vitro</i>		
A.III4.14	5,25 ± 0,46	6,01 ± 1,33
WS28	5,53 ± 0,44	5,25 ± 0,46
<i>Ex Vitro</i>		
A.III4.14	5,14 ± 0,811	5,11 ± 0,814
WS28	5,15 ± 0,814	5,14 ± 0,815

Keterangan: PAP (rata-rata panjang akar primer), PAS (rata-rata panjang akar sekunder), nilai pada tabel berdasarkan rata-rata ulangan ± SE

Pada Tabel 1 menunjukkan bahwa selama pengakaran cendana *in vitro* diperoleh rata-rata panjang akar primer maupun sekunder yang lebih baik dibandingkan pengakaran *ex vitro*. Ketersediaan nutrisi *in vitro* memacu pertumbuhan akar lebih baik, semakin banyak dilakukan subkultur (ketersediaan nutrisi pada periode waktu yang lebih lama *in vitro*) menghasilkan perakaran *ex vitro* yang lebih baik (Singh & Agarwal, 2016). Tidak adanya perbedaan waktu dan jumlah subkultur antar klon *in vitro* pada penelitian ini dan tidak terdapatnya perbedaan rata-rata panjang akar

secara *ex vitro* menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan kemampuan perakaran pada kedua klon yang diamati.

IV. KESIMPULAN

Perbedaan sumber genetik materi eksplan berpengaruh pada tanggapan bentuk perakaran primer dan sekunder *in vitro* cendana. Stimulasi perkembangan akar sekunder pada fase *in vitro* meningkatkan keberhasilan aklimatisasi pada kultur jaringan cendana.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ibu Suprihati atas bantuannya dalam mempersiapkan eksplan, sterilisasi, pembuatan media, pengamatan kultur dan aklimatisasi *plantlet* selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Arunkumar, A. N., Joshi, G., Warriar, R., & Breeding, T. (2016). Allozyme Variations to Measure Genetic Diversity in Clonal Accessions of Indian Sandalwood (*Santalum album*). *International Journal of Forestry and Horticulture*, 4(January), 2454–9487. Retrieved from <https://www.arcjournals.org/pdfs/ijfh/v4-i1/1.pdf>
- Ayer, D. K. (2017). Breeding for quality improvement in turmeric (*Curcuma longa* L.): a review, 6(6), 201–204. <https://doi.org/10.15406/apar.2017.06.00238>
- Barpanda, S., Beura, S., Rout, S., & Jagadev, P. N. (2017). Studies on *in vitro* regeneration of Sandalwood (*Santalum album* Linn.) from Leaf disc explant. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 982–986.
- 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.
- Durairaj, P., & Kamaraj, M. (2013). Assessment and Conservation Strategies for *Santalum album* in Manmalai Rf of Thuraiyur Range At Tiruchirappalli District. *BEST: International Journal of Humanities, Arts, Medicine and Sciences (BEST: IJHAMS)*, 1(1), 1–12.
- Gomes, D., & Adnyana. (2017). The Effect of Legume and Non Legume to the Sandalwood

- (*Santalum album* Linn.) Growth in Timor Leste. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 4531, 207–237.
- 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.) Effects of type and concentration of plant growth regulator on embryogenic callus induction of sandalwood (*Santalum album* Linn.) clon, 11(2), 151–158.
- 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>
- Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A Revised for Rapid Growth and Bio Assay with Tobacco Tissue Culture. *Physiologia Plantarum*, 15, 26.
- Muthan, B., Rathore, T. S., & Rai, V. R. (2006). Micropropagation of an endangered Indian sandalwood (*Santalum album* L.). *Journal of Forest Research*, 11(3), 203–209.
- Radomiljac, A. M., McComb, J. A., & Pate, J. S. (1999). Heterotrophic carbon gain and mineral nutrition of the root hemi-parasite *Santalum album* L. in pot culture with different hosts. *Australian Forestry*, 62(2), 128–138. <https://doi.org/10.1080/00049158.1999.10674774>
- Singh, A., & Agarwal, P. K. (2016). Enhanced micropropagation protocol of ex vitro rooting of a commercially important crop plant *Simmondsia chinensis* (Link) Schneider. *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, 62, 2016 (3): 107–115, 62(3), 107–115. Retrieved from <https://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/179116.pdf>
- Singh, C. K., Raj, S. R., Jaiswal, P. S., Patil, V. R., Punwar, B. S., Chavda, J. C., & Subhash, N. (2016). Effect of plant growth regulators on in vitro plant regeneration of sandalwood (*Santalum album* L.) via organogenesis. *Agroforestry Systems*, 90(2), 281–288. <https://doi.org/10.1007/s10457-015-9853-3>
- Sunaryo, & Saifudin. (2001). KAJIAN PARASITISME TUMBUHAN CENDANA (*Santalum album* L.). *Berita Biologi, Volume 5, Nomor 5*, 5, 575–579.
- Teixeira, J. A., Kher, M. M., Soner, D., & Nataraj, M. (2016). Sandalwood spike disease : a brief synthesis. *Environmental and Experimental Biology*, 14, 199–204. <https://doi.org/10.22364/eeb.14.26>
- Tennakoon, K. U., Pate, J. S., & Arthur, D. (1997). Ecophysiological aspects of the woody root hemiparasite *Santalum acuminatum* (R. Br.) A. DC and its common hosts in South Western Australia. *Annals of Botany*, 80(3), 245–256. <https://doi.org/10.1006/anbo.1997.0432>
- Tripathi, M. K., Bele, D., Tiwari, G., Patel, R. P., & Ahuja, A. (2017). High frequency in vitro regeneration of sandalwood (*Santalum album* Linn.). *Medicinal Plants*, 9(3), 154–166. <https://doi.org/10.5958/0975-6892.2017.00024.7>