



PROPAGASI *IN VITRO* KALIANDRA MERAH (*Calliandra calothyrsus* Meisn.) II: INDUKSI PERAKARAN TUNAS DAN AKLIMATISASI PLANLET

Muhammad Idris^{1*}, Auzia Asman², Deni Sorel³, Edi Joniarti⁴, Ulfa Mohtar⁵, Harmailis⁶, John Nefri⁷, & Salvia⁸

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Limau Manis, Padang, Sumatera Barat 25163, Indonesia

^{2&3}Jurusan Budidaya Tanaman, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jalan Raya Negara Km. 7, Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271, Indonesia

^{4&6}Jurusan Rekayasa Pertanian dan Komputer, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jalan Raya Negara Km. 7, Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271, Indonesia

^{5&8}Jurusan Peternakan dan Kesehatan Hewan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jalan Raya Negara Km. 7, Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271, Indonesia

⁷Jurusan Bisnis Pertanian, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, Jalan Raya Negara Km. 7, Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271, Indonesia

*Email: midris@sci.unand.ac.id

Submit: 29-12-2023; Revised: 05-03-2024; Accepted: 07-03-2024; Published: 30-06-2024

ABSTRAK: Tanaman kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus* Meisn.) merupakan tanaman berkayu yang saat ini banyak dikembangkan sebagai sumber energi terbarukan atau biofuel. Pengembangan teknik kultur jaringan dalam upaya penyediaan bibit kaliandra dalam jumlah banyak, seragam dan dalam waktu yang relatif pendek dilakukan melalui teknik kultur jaringan. Sebelumnya telah dilakukan tahapan inisiasi dan multiplikasi tunas dari kaliandra secara *in vitro* dengan hasil yang menjanjikan. Tunas yang dihasilkan pada tahapan multiplikasi perlu diinduksi perakarannya untuk menghasilkan planlet yang siap diaklimatisasi, sehingga bisa ditanam di lingkungan. Penelitian ini dilakukan dalam dua tahapan utama, yaitu induksi perakaran tunas menggunakan modifikasi media MS setengah komposisi (MS ½) dengan penambahan 1-4 mg/L 1-Naphthaleneacetic Acid (NAA), dan aklimatisasi planlet hasil induksi perakaran pada media tanah untuk menyiapkan bibit kaliandra siap ditanam di lapangan. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa media MS ½ dan penambahan 1 mg/L NAA sudah mendukung untuk penginduksian perakaran terutama untuk panjang akar. Selanjutnya, media MS ½ dengan penambahan 1-2 mg/L NAA mampu memacu peningkatan tinggi dan jumlah daun planlet. Planlet yang ditanam pada media tanah memperlihatkan pertumbuhan yang baik selama 3 minggu proses aklimatisasi dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%. Hasil ini memperlihatkan bahwa teknik kultur jaringan memberikan peluang besar dalam penyediaan bibit kaliandra untuk pengembangan biofuel ke depannya.

Kata Kunci: Tunas, Induksi Perakaran, 1-Naphthaleneacetic Acid (NAA), Planlet, Aklimatisasi.

ABSTRACT: Red calliandra is one of woody plants that has been extensively developed as biofuel. Tissue culture techniques are employed to produce a large and uniform quantity of seedlings in a relatively short period. Previous stages of *in vitro* initiation and multiplication of shoot from calliandra explants have shown promising results. The shoots that were multiplied by *in vitro* technique need to be induced for rooting process to produce plantlets. These plantlets are then prepared for the subsequent acclimatization process. This research was conducted in two stages; root induction of shoots using a modification of MS half-strength media (MS ½) supplemented with 1-4 mg/L 1-naphthaleneacetic acid (NAA), and acclimatization of the plantlets into soil media. The results shown that MS ½ medium and media supplemented with 1 mg/L NAA were suitable for root induction, particularly to induce the root length. Furthermore, MS ½ media supplemented with 1-2 mg/L NAA stimulates the increment of plantlet height and leaves numbers. Plantlets which were transferred into soil exhibit robust growth during 3-weeks of acclimatization process, up to 100% plantlets survived during this stage. These results underscore the potential of



tissue culture techniques in providing large scale calliandra seedlings production for future biofuel development.

Keywords: Shoots, Root Induction, 1-Naphthaleneacetic Acid (NAA), Plantlet, Acclimatization.

How to Cite: Idris, M., Asman, A., Sorel, D., Joniarti, E., Mohtar, U., Harmailis, H., Nefri, J., & Salvia, S. (2024). Propagasi *In Vitro* Kaliandra Merah (*Calliandra calothyrsus* Meisn.) II: Induksi Perakaran Tunas dan Aklimatisasi Planlet. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*, 12(1), 351-366. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v12i1.10341>



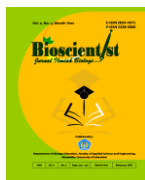
Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi is Licensed Under a CC BY-SA [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

PENDAHULUAN

Kaliandra merah (*Calliandra calothyrsus* Meisn.) merupakan jenis tumbuhan berkayu yang berasal dari Amerika Tengah dan diperkenalkan ke wilayah Indonesia sejak zaman penjajahan Belanda. Tanaman ini telah banyak dimanfaatkan sebagai tanaman pagar dan sumber bahan bakar bagi masyarakat di pedesaan. Saat ini, kaliandra digolongkan sebagai spesies invasif, karena kemampuan tumbuhnya yang baik dan cepat di berbagai kondisi lahan. Tanaman ini mampu bertahan hidup di lingkungan yang ekstrim. Dikarenakan oleh faktor di atas, pengembangan kaliandra sebagai sumber ekonomi bagi masyarakat sangat penting dilakukan agar pemanfaatannya menjadi lebih maksimal, serta efek invasif yang ditimbulkan dapat dikendalikan (Maulidani *et al.*, 2019; Danu *et al.*, 2020; Fatimah *et al.*, 2023). Salah satu bentuk penggunaan kaliandra yang sangat penting saat ini adalah sebagai sumber energi terbarukan dalam bentuk biofuel (Prasetyo *et al.*, 2018; Maulana *et al.*, 2021). Kaliandra sudah dikembangkan dalam beberapa tahun ini sebagai sumber energi, seperti yang dilakukan oleh PT. Semen Padang di wilayah Sumatera Barat (Sulistiyono, 2023). Mengingat besarnya kebutuhan terhadap kayu kaliandra ini untuk biofuel, penyediaan bibit kaliandra menjadi penting untuk dilakukan.

Secara umum, kaliandra dikembangkan dengan menggunakan biji sebagai sumber bibit. Permasalahan yang dihadapi adalah keberagaman genetika yang tinggi pada biji menyebabkan perbedaan yang cukup besar terhadap kualitas kayu yang dihasilkan sebagai sumber biofuel. Salah satu alternatif pengembangan bibit kaliandra yang seragam dan memiliki kualitas yang sama dengan waktu penyediaan bibit yang relatif pendek adalah melalui teknik kultur jaringan. Sebelumnya, penelitian terkait dengan studi inisiasi dan multiplikasi tunas telah dilakukan dengan hasil yang menjanjikan dalam penyediaan bibit kaliandra, dimana media MS dengan penambahan 2 mg/L 6-Benzylaminopurine (BAP) merupakan media terbaik dalam multiplikasi tunas. Tunas yang dihasilkan perlu untuk dilanjutkan ke tahapan induksi perakaran dan aklimatisasi, sehingga bisa ditanam di lapangan dan dipelihara sebagai sumber biofuel nantinya.

Proses induksi perakaran merupakan salah satu tahapan utama dalam pekerjaan kultur jaringan. Biasanya penggunaan modifikasi media dasar berupa *Murashige-Skoog* (MS) dengan penurunan konsentrasi menjadi setengah komposisi, umum dilakukan oleh peneliti (Noorrohmah & Imelda, 2015; [Uniform Resource Locator: https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist](https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/bioscientist)



Shekhawat & Manokari, 2018; Florenika *et al.*, 2022). Selain itu, untuk meningkatkan keberhasilan induksi perakaran, penambahan fithormon dari golongan auksin juga merupakan hal yang krusial untuk memperbesar tingkat keberhasilan perakaran dan aklimatisasi nantinya. Jenis auksin yang umum dipakai dalam induksi perakaran secara *in vitro*, seperti *1-Naphthaleneacetic Acid* (NAA), *Indole-3-Propionic Acid* (IPA), *Indole-3-Butyric Acid* (IBA), dan *2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid* (2,4-D). Jenis NAA secara umum lebih banyak dipakai untuk penginduksian akar, karena lebih stabil ketika disterilisasi, digunakan dalam konsentrasi relatif rendah, serta mudah untuk didapatkan (Harahap *et al.*, 2014; Sharma & Tanti, 2017; Tamyiz *et al.*, 2022; Warfa'ni *et al.*, 2022). Beberapa penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa penggunaan NAA pada kisaran konsentrasi 1-5 mg/L merupakan konsentrasi yang cocok dalam menginduksi pembentukan akar pada beberapa jenis tanaman, termasuk tanaman berkayu (Hesami & Daneshvar, 2018; Rahman *et al.*, 2018; Adugna *et al.*, 2020).

Planlet yang dihasilkan dari teknik kultur jaringan selanjutnya perlu diadaptasikan ke lingkungan alamnya melalui proses aklimatisasi. Kegiatan aklimatisasi meliputi pemindahan planlet dari media *Agar* ke media tanah atau media alami pertumbuhan tanaman secara bertahap. Proses aklimatisasi dilakukan agar nantinya bibit yang dihasilkan bisa dibawa ke lapangan untuk ditumbuhkan sesuai dengan peruntukan yang diinginkan dari tanaman yang dikultur tersebut. Secara umum proses aklimatisasi meliputi pemindahan dari media kultur ke media tanah, pemeliharaan bibit pada kondisi lingkungan ternaungi dengan penyungkupan, sehingga kelembaban relatif cukup tinggi, dan pemindahan bibit ke lingkungan yang terpapar cahaya matahari secara bertahap (Irsyadi, 2021; Mohammed *et al.*, 2023; Putri *et al.*, 2023).

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh metode yang tepat dalam menginduksi perakaran dari tunas kaliandra yang diperbanyak secara *in vitro*. Penggunaan media modifikasi MS dengan penambahan NAA mengacu kepada penelitian sebelumnya, seperti yang dijelaskan di atas. Selain itu, penelitian ini juga dilakukan untuk melihat tingkat keberhasilan aklimatisasi planlet kaliandra yang dihasilkan secara *in vitro*. Pada penelitian ini, pengembangan protokol perbanyak kaliandra secara *in vitro* menjadi target akhir yang nantinya dapat digunakan dalam upaya penyediaan bibit kaliandra untuk kepentingan pengembangan biofuel ke depannya.

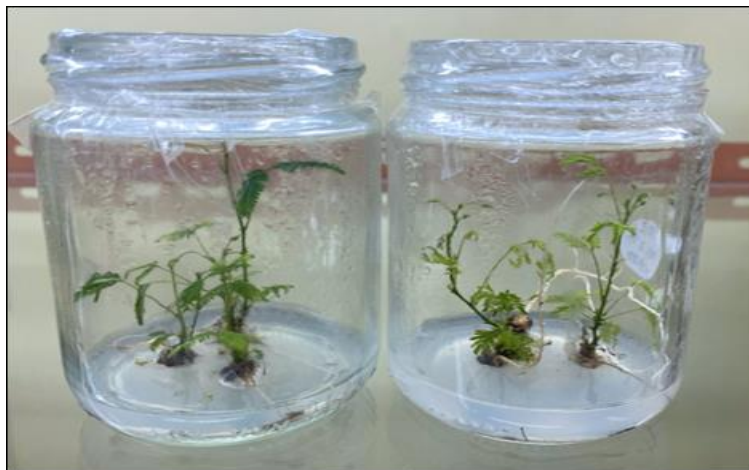
METODE

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan taraf pemberian konsentrasi NAA, yaitu 0, 1, 2, 3, dan 4 mg/L. Pada setiap perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak lima kali, sehingga total unit eksperimen adalah 25 botol. Pada setiap perlakuan ditanam 1 eksplan tunas kaliandra yang diperbanyak secara *in vitro*.

Material Tanaman dan Eksplan

Pada penelitian ini, biji kaliandra merah dibeli secara *online* melalui perusahaan anak pohon dari daerah Kabupaten Sleman, Yogyakarta. Biji yang berkecambah kemudian diambil bagian nodusnya untuk diinisiasi pembentukan

dan perbanyak tunas pada media MS dengan penambahan 2 mg/L BAP. Tunas-tunas yang dihasilkan tersebut kemudian digunakan sebagai sumber eksplan untuk induksi perakaran dengan umur sekitar 12 minggu (Gambar 1). Sebanyak 25 tunas digunakan sebagai sumber eksplan pada penelitian ini.



Gambar 1. Sumber Eksplan Berupa Tunas yang Dihasilkan secara *In Vitro* pada Media MS dengan Penambahan 2 mg/L BAP Berumur 12 Minggu.

Penyediaan Media Perlakuan untuk Induksi Akar

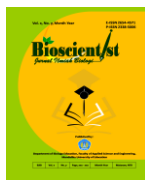
Media MS (Phygenera, Jerman) digunakan sebagai media dasar dengan pengurangan konsentrasi media menjadi setengah komposisi. Sebanyak 2,204 g stok media MS dilarutkan ke dalam akuades steril dan ditambahkan dengan konsentrasi NAA sesuai dengan perlakuan (1-4 mg/L). pH media diukur pada rentang 5,5 - 6 menggunakan kertas pH. Media dicukupkan menjadi satu liter dan ditambahkan *Agar* sebanyak 7 g dan gula 30 g. Media kemudian dididihkan dan dituangkan ke dalam botol kultur, ditutup dengan aluminum foil dan kertas penutup, serta diberi label. Media kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada tekanan 17,5 psi dengan suhu 121°C selama 15 menit. Media disimpan dalam ruang kultur sampai waktu digunakan.

Subkultur Tunas pada Media Perlakuan dan Pemeliharaan

Tunas yang dihasilkan dari tahap multiplikasi tunas dipisah-pisahkan. Tunas diseleksi dengan ukuran yang seragam yang selanjutnya ditanam pada media induksi perakaran. Proses pemindahan ini dilakukan di dalam *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC) dalam kondisi steril. Botol kultur yang telah berisi tunas selanjutnya ditutup dengan selotip bening, dieratkan dan dipindahkan ke ruang pemeliharaan. Botol kultur disusun pada rak pemeliharaan, dimana ruang pemeliharaan diatur suhunya pada kisaran $25 \pm 1^\circ\text{C}$, fotoperiodisme 12 jam terang/12 jam gelap, dan kelembaban pada kisaran di atas 60%. Intensitas cahaya untuk penyinaran adalah sekitar 3000 lux. Proses induksi perakaran dilakukan selama 6 minggu.

Aklimatisasi Planlet dan Pemeliharaan

Planlet berumur 6 minggu setelah induksi perakaran dipindahkan ke media tanah melalui proses aklimatisasi (Gambar 2). Planlet dikeluarkan dari botol, kemudian sebagian akar dipotong untuk mencegah pembusukan bagian akar. Akar



dibersihkan dari media *Agar* dengan mencuci bagian akar pada air mengalir. Untuk mencegah serangan jamur, bagian pangkal batang dan akar direndam dalam larutan fungisida *Dithane M-45 80 WP* (PT. Corteva Agriscience Manufacturing, Indonesia) sesuai dengan dosis yang disarankan. Bagian akar direndam selama 10-15 menit dalam larutan fungisida. Selanjutnya, planlet ditanam dalam media tanah, disiram dengan air, dan disungkup dengan gelas plastik untuk mencegah penguapan dan mempertahankan kelembaban tanah yang cukup tinggi. Planlet ditanam pada media tanah dari sumber perlakuan *in vitro* yang berbeda dan di ruangan laboratorium untuk mengurangi efek dari pencahayaan langsung selama 3 minggu.

Parameter Pengamatan dan Analisis Data

Parameter pengamatan yang dianalisis pada penelitian ini merupakan parameter fisiologis yang dibagi atas dua tahapan penelitian, yaitu: 1) tahapan induksi perakaran yang terdiri dari persentase tunas yang membentuk akar, satu minggu setelah penanaman pada media perlakuan (dalam %), panjang akar terpanjang (cm), jumlah akar yang muncul dari pangkal batang, diameter akar terbesar (mm), tinggi planlet (cm), dan jumlah daun majemuk yang diamati 6 minggu setelah induksi perakaran; dan 2) tahapan aklimatisasi yang terdiri dari persentase planlet yang bertahan hidup setelah 3 minggu aklimatisasi (dalam %).

Analisis data dilakukan terhadap semua parameter yang dijelaskan di atas, baik secara deskriptif maupun statistika. Data persentase tunas yang membentuk akar dan persentase keberhasilan aklimatisasi dianalisis secara deskriptif, sedangkan data panjang akar, jumlah akar, diameter akar, tinggi planlet, dan jumlah daun dianalisis secara statistika menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) $p < 0,05$. Jika pengaruh perlakuan berbeda nyata terhadap parameter yang diamati, maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan New Multiple Range Test* (DNMRT) dengan $p < 0,05$.

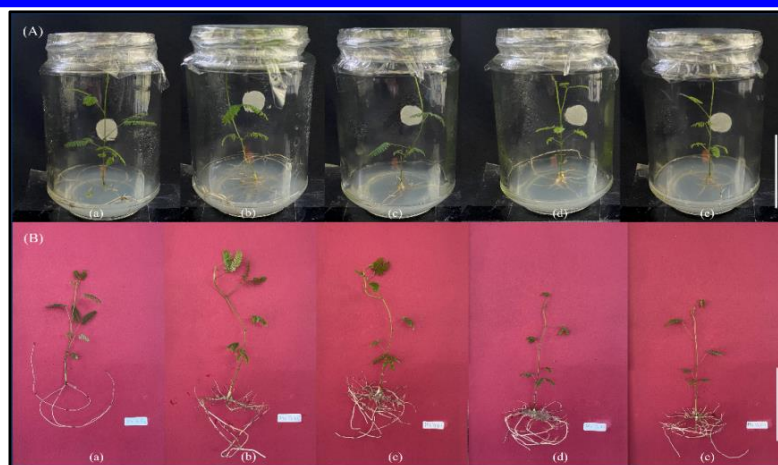
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, didapatkan bahwa eksplan tunas kaliandra mampu membentuk akar pada media perlakuan yang diberikan. Planlet yang dihasilkan memperlihatkan tingkat keberhasilan aklimatisasi yang tinggi. Uraian lengkap terkait hasil penelitian ini dijelaskan pada hasil dan pembahasan berikut ini.

Hasil

Pengamatan Morfologi Planlet Hasil Induksi Perakaran

Induksi perakaran tunas berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan, tunas mulai terinduksi pembentukan akarnya satu minggu setelah penanaman pada media perlakuan, dimana hampir 100% eksplan tunas mulai teramati membentuk akar (data tidak disajikan, hanya dideskripsikan). Pengamatan yang dilakukan pada minggu keenam setelah perlakuan memperlihatkan bahwa planlet yang dihasilkan tumbuh dengan baik, dan semua tunas menghasilkan perakaran yang berkembang dengan baik. Hasil pengamatan morfologi planlet disajikan pada Gambar 2. Pada Gambar 2 terlihat planlet tumbuh dengan baik pada semua media perlakuan, dan tinggi planlet lebih menonjol pada perlakuan 1-2 mg/L NAA.



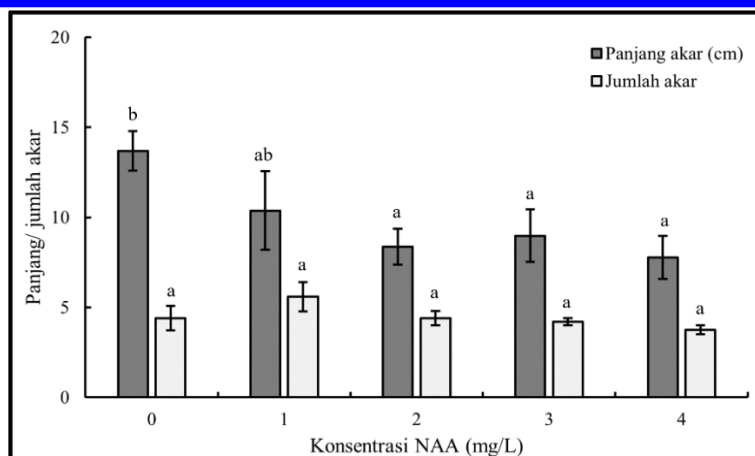
Gambar 2. Penampakan Morfologi Planlet Kaliandra Merah Hasil Induksi Perakaran Berumur 6 Minggu Setelah Perlakuan. Gambar (A) Memperlihatkan Planlet dalam Kondisi *In Vitro* dan Gambar (B) Memperlihatkan Planlet yang Telah Dikeluarkan dari Botol Kultur. Gambar Diurutkan dari Kiri ke Kanan dengan Perlakuan: (a) MS $\frac{1}{2}$; (b) MS $\frac{1}{2}$ + 1 mg/L NAA; (c) MS $\frac{1}{2}$ + 2 mg/L NAA; (d) MS $\frac{1}{2}$ + 3 mg/L NAA; dan (e) MS $\frac{1}{2}$ + 4 mg/L NAA. Skala pada Gambar Mewakili 5 dan 10 cm.

Panjang Akar dan Jumlah Akar

Pengamatan terhadap panjang akar dan jumlah akar dilakukan pada minggu ke-6 setelah perlakuan induksi perakaran. Berdasarkan pengukuran terhadap panjang akar terpanjang, didapatkan bahwa panjang akar terpanjang diamati pada perlakuan MS $\frac{1}{2}$ dan MS $\frac{1}{2}$ dengan penambahan 1 mg/L NAA (Gambar 3). Terdapat perbedaan signifikan antara panjang akar pada media MS $\frac{1}{2}$ dan penambahan 1 mg/L NAA dengan perlakuan peningkatan konsentrasi NAA pada media perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi rendah NAA lebih baik dalam memacu pemanjangan akar dibanding dengan konsentrasi NAA yang tinggi. Selanjutnya pada Gambar 3 juga dapat diamati bahwa jumlah akar yang terbentuk cenderung lebih tinggi pada perlakuan media MS $\frac{1}{2}$ dengan penambahan 1 mg/L NAA, namun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan lainnya. Namun berdasarkan pengamatan morfologi yang dilakukan, terlihat bahwa penambahan NAA pada media meningkatkan pertumbuhan serabut akar yang keluar dari akar utama pangkal batang (Gambar 2B).

Diameter Akar

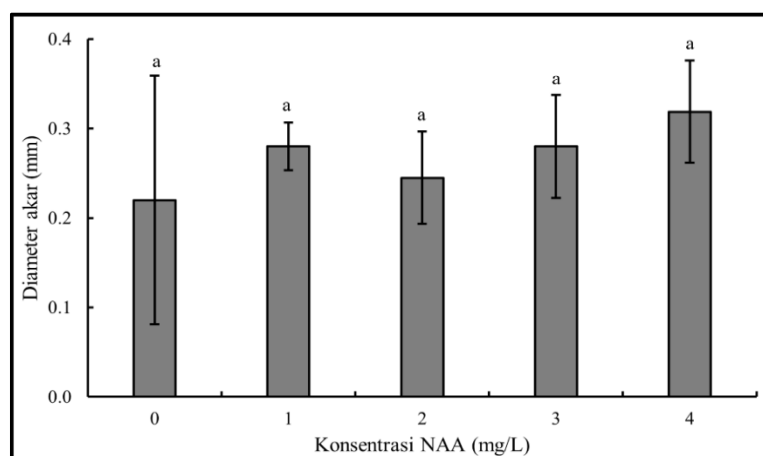
Berdasarkan pengukuran yang dilakukan terhadap diameter akar terpanjang, didapatkan bahwa ada kecenderungan peningkatan diameter akar dengan peningkatan konsentrasi NAA pada media induksi perakaran (Gambar 4). Pemberian konsentrasi 1 mg/L NAA pada media menyebabkan ukuran diameter akar lebih besar dibandingkan dengan media MS $\frac{1}{2}$ dan peningkatan ukuran diameter akar terlihat dengan jelas dengan penambahan konsentrasi NAA pada media. Namun berdasarkan analisis statistika yang dilakukan, tidak ada perbedaan signifikan di antara perlakuan terhadap ukuran diameter akar.



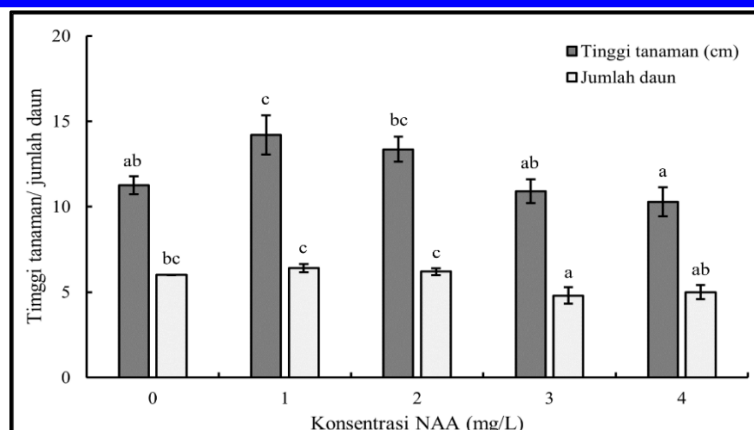
Gambar 3. Panjang Akar dan Jumlah Akar Planlet Kaliandra Merah Setelah Ditumbuhkan pada Media Induksi Perakaran Selama 6 Minggu. Data Merupakan Rata-rata \pm SE dari 5 Planlet Per Perlakuan, n = 25. Huruf yang Berbeda Menyatakan Perbedaan Signifikan Setelah Dilakukan Uji Lanjut DNMRT $p < 0,05$.

Tinggi Planlet dan Jumlah Daun

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap tinggi planlet dan jumlah daun setelah 6 minggu perlakuan, didapatkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan di antara media MS $\frac{1}{2}$ dengan penambahan konsentrasi NAA pada media perlakuan. Pada Gambar 5 terlihat bahwa penambahan 1 mg/L NAA memberikan tinggi planlet lebih baik diikuti dengan media MS $\frac{1}{2}$ dengan penambahan 2 mg/L NAA. Media MS $\frac{1}{2}$ sudah mampu mendukung pertumbuhan planlet dengan tinggi planlet yang setara dengan penambahan 2-4 mg/L NAA. Pada Gambar 5 juga dapat dilihat bahwa penambahan 1-2 mg/L NAA pada media mendukung pembentukan daun setara dengan perlakuan media MS $\frac{1}{2}$ yang tidak begitu jauh berbeda di antara ketiganya. Secara umum, media MS $\frac{1}{2}$ dan penambahan NAA pada media mendukung pertumbuhan planlet dan pembentukan daun, sehingga dapat menyokong keberhasilan aklimatisasi.



Gambar 4. Diameter Akar Terpanjang Planlet Kaliandra Merah Setelah Ditumbuhkan pada Media Induksi Perakaran Selama 6 Minggu. Data Merupakan Rata-rata \pm SE dari 5 Planlet Per Perlakuan, n = 25. Huruf yang Berbeda Menyatakan Perbedaan Signifikan Setelah Dilakukan Uji Lanjut DNMRT $p < 0,05$.



Gambar 5. Tinggi dan Jumlah Daun Planlet Kaliandra Merah Setelah Ditumbuhkan pada Media Induksi Perakaran Selama 6 Minggu. Data Merupakan Rata-rata ± SE dari 5 Planlet Per Perlakuan, n = 25. Huruf yang Berbeda Menyatakan Perbedaan Signifikan Setelah Dilakukan Uji Lanjut DNMRT $p < 0,05$.

Aklimatisasi Planlet

Proses aklimatisasi planlet dilakukan selama tiga minggu dengan memelihara bibit pada kondisi terkontrol, yaitu kondisi di lingkungan laboratorium dengan pencahayaan tidak langsung dan kelembaban relatif tinggi. Hasil aklimatisasi setelah 3 minggu memperlihatkan tingkat keberhasilan yang tinggi, yaitu mencapai 100% untuk semua planlet yang berasal dari perlakuan media MS $\frac{1}{2}$ dengan penambahan NAA (data tidak ditampilkan). Pada Gambar 6 terlihat penampakan morfologi dari bibit kaliandra hasil aklimatisasi. Pada Gambar 6 terlihat bahwa bibit sudah tumbuh dengan baik setelah 3 minggu pemeliharaan, namun bibit masih terlihat belum kokoh. Pertumbuhan daun terlihat baik, dan bibit telah beradaptasi dengan media tanah dengan baik. Bibit dalam kondisi laboratorium, seperti pada Gambar 6 perlu dipindahkan secara bertahap ke lingkungan yang terbuka dengan paparan cahaya yang masih rendah dan kelembaban yang diturunkan secara bertahap.



Gambar 5. Penampakan Morfologi Bibit Kaliandra Merah Hasil Aklimatisasi pada Media Tanah Berumur 3 Minggu Setelah Tanam. Gambar Diurutkan dari Kiri ke Kanan dengan Perlakuan: (a) MS $\frac{1}{2}$, (b) MS $\frac{1}{2}$ + 1 mg/L NAA, (c) MS $\frac{1}{2}$ + 2 mg/L NAA, (d) MS $\frac{1}{2}$ + 3 mg/L NAA dan (e) MS $\frac{1}{2}$ + 4 mg/L NAA. Skala pada Gambar Mewakili 10 cm.



Pembahasan

Media MS dengan Pengurangan Komposisi untuk Perakaran

Media MS merupakan media umum yang dipakai oleh peneliti dalam pengembangan kultur jaringan tumbuhan. Media MS lebih banyak dipilih oleh peneliti, karena nutrisi yang terkandung di dalam media tersebut sangat mendukung bagi pertumbuhan eksplan yang dikultur, baik dari jenis herba, perdu, maupun pohon. Media ini dikembangkan oleh Murashige & Skoog pada tahun 1962, dimana konsentrasi hara nutrisi tergolong sangat tinggi dibandingkan dengan media lainnya yang digunakan dalam kultur jaringan (Madke *et al.*, 2014; Jayusman *et al.*, 2022; Wudali *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2023). Pada tahapan induksi perakaran, eksplan tunas ditumbuhkan umumnya dalam media yang mengandung konsentrasi hara nutrisi setengah dari komposisi utama dari media MS. Hal ini dilakukan untuk menstimulasi terbentuknya akar, karena akar dibutuhkan untuk menyerap nutrisi yang tersedia pada media, dimana semakin rendah kandungan nutrisi yang tersedia menyebabkan tanaman lebih mengembangkan sistem perakarannya terutama akar adventitif (Andana *et al.*, 2023; Borowska *et al.*, 2020; Kaur *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2018; Rezali *et al.*, 2017; Singh & Singh, 2018).

Beberapa penelitian yang dilakukan memperlihatkan bahwa penggunaan media MS $\frac{1}{2}$ lebih efektif dalam menginduksi perakaran pada eksplan tunas. Bahkan, beberapa peneliti setelah tahapan multiplikasi tunas hanya memindahkan eksplan tunas pada media MS $\frac{1}{2}$ untuk penginduksian akar (Mukasyaf *et al.*, 2017; Song *et al.*, 2022). Selain itu, penambahan fitohormon dengan konsentrasi rendah dikombinasikan dengan media MS $\frac{1}{2}$ memberikan hasil yang lebih baik dalam penginduksian akar eksplan tunas dari beberapa jenis tumbuhan (Siddique *et al.*, 2015; Monney *et al.*, 2016; Amghar *et al.*, 2021). Berdasarkan hal tersebut, pemilihan media MS $\frac{1}{2}$ pada penelitian ini sudah tepat dalam upaya penginduksian perakaran eksplan tunas kaliandra merah yang hasil multiplikasi tunas secara *in vitro*.

Peran Auksin dalam Penginduksian Akar

Auksin merupakan fitohormon yang banyak dimanfaatkan oleh peneliti dalam kultur jaringan, terutama untuk tujuan induksi perakaran dan embriogenesis somatik. Auksin secara umum berfungsi dalam pembelahan sel, pemanjangan sel, dan proliferasi jaringan yang memacu kepada pembentukan akar, dan juga penginduksian embriogenesis dari jaringan somatik. Auksin sintetik banyak dimanfaatkan dalam kultur jaringan, karena auksin sintetik lebih stabil ketika disterilisasi dibandingkan dengan auksin alami, seperti Indole-3-Acetic Acid (IAA). Secara umum, auksin mengalami degradasi akibat pemanasan, sehingga penggunaan auksin alami yang disterilisasi dengan uap panas bertekanan menjadi riskan untuk tidak aktif dan tidak berfungsi sebagai mana mestinya. Oleh karena hal tersebut, auksin sintetik menjadi alternatif yang penting dalam penginduksian perakaran tunas hasil perbanyakan melalui teknik kultur jaringan (Frick & Strader, 2018; Zhao *et al.*, 2022; Putri *et al.*, 2023). Seperti diuraikan dalam pendahuluan, auksin sintetik yang umum dipakai adalah NAA, IBA, dan 2,4-D, dimana yang terakhir lebih banyak dimanfaatkan dalam penginduksian



embryogenesis dari sel-sel somatik (Adriyani *et al.*, 2020; Przybyl *et al.*, 2020; Mudoi *et al.*, 2023).

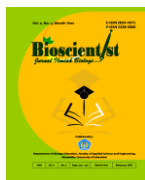
Pada penelitian ini, digunakan NAA yang secara umum lebih stabil dan lebih mudah didapatkan dibandingkan dengan IBA dengan range konsentrasi penggunaan juga tergolong rendah, yaitu 1 – 5 mg/L, bahkan beberapa peneliti menggunakan range 0,1 – 2 mg/L NAA untuk penginduksian akar. Hasil eksperimen yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa penggunaan konsentrasi NAA di bawah 2 mg/L lebih efektif dan lebih memberi efek terhadap pembentukan dan pertumbuhan akar dibandingkan dengan penggunaan NAA konsentrasi tinggi, yaitu diatas 2 mg/L. Selain pembentukan akar yang bagus, penggunaan NAA di bawah 2 mg/L mampu mendukung peningkatan tinggi planlet dan jumlah daun yang terbentuk pada tunas kaliandra merah, seperti yang dilaporkan pada penelitian ini. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Listiana (2018), Nuroniah & Bogidarmanti (2020), Yunita & Nugraha (2021), dan Yasmin *et al.* (2022), didapatkan bahwa penggunaan NAA atau IBA konsentrasi rendah sekitar 0,1 – 2 mg/L efektif dalam menginduksi perakaran dari eksplan tunas yang ditanam secara *in vitro*.

Keberhasilan Aklimatisasi Planlet dalam Penyediaan Bibit

Planlet yang dihasilkan secara *in vitro* dengan kondisi perakaran yang bagus memberikan peluang keberhasilan aklimatisasi yang besar. Aklimatisasi merupakan tahapan krusial yang menentukan dalam keberhasilan kultur jaringan untuk tujuan propagasi bibit secara massal. Seperti diketahui bahwa planlet hasil *in vitro* biasanya digolongkan sebagai individu yang semi-autotrof, bahkan ada yang mengelompokkan sebagai heterotrof, karena kemampuan fotosintesis yang masih sangat rendah. Hal ini menyebabkan proses aklimatisasi menjadi sangat penting, dan dilakukan secara bertahap. Keberhasilan aklimatisasi sangat ditentukan oleh banyak faktor, seperti perakaran yang bagus, batang yang sudah kuat, daun yang berkembang baik, dan tidak adanya serangan jamur pada sistem perakaran akibat adanya sisa *Agar* dan nutrisi pada bagian tersebut (Perez *et al.*, 2015; Bidabadi & Jain, 2020). Keberhasilan aklimatisasi biasanya di atas 60% dan bisa mencapai 100% jika kualitas planlet yang dihasilkan bagus dan adaptif dengan kondisi lingkungan (do Vale *et al.*, 2019; Purmadewi *et al.*, 2019; Amghar *et al.*, 2021; El-Fadl *et al.*, 2022). Pada penelitian ini, keberhasilan aklimatisasi selama 3 minggu penanaman mencapai 100% yang mengindikasikan bahwa planlet yang dihasilkan dalam media *in vitro* memiliki pertumbuhan yang baik, yang mendukung keberhasilan proses aklimatisasi.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan media MS $\frac{1}{2}$ komposisi dengan penambahan 1 – 2 mg/L NAA mampu mendukung peningkatan panjang akar, tinggi, dan jumlah daun planlet kaliandra merah setelah diperlakukan selama enam minggu pada media tanam secara *in vitro*. Planlet kaliandra merah memiliki tingkat keberhasilan aklimatisasi mencapai 100% pada media tanah selama tiga minggu pengamatan. Bibit kaliandra memiliki potensi besar dikembangkan melalui teknik kultur jaringan.



SARAN

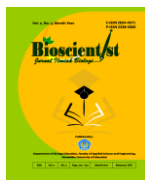
Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, disarankan untuk melanjutkan tahapan aklimatisasi untuk beberapa tahapan lagi sampai bibit berhasil ditanam di lapangan. Dengan keberhasilan adaptasi bibit pada lingkungan melalui tahapan aklimatisasi, diharapkan protokol ini bisa digunakan dalam pengembangan dan penyediaan bibit kaliandra secara massal melalui teknik kultur jaringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

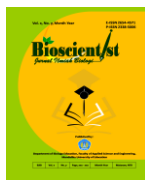
Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Akademik Pendidikan Tinggi Vokasi, Direktorat Jenderal Pendidikan Vokasi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi melalui Program Pendanaan *Matching Fund* dan Hilirisasi Produk Penelitian Terapan Tahun 2023, dengan kontrak nomor: 152/PKS/D.D4/PPK.01.APTV/V/2023; dan 2737/PL25/KS/2023. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada PT. Semen Padang yang ikut mendanai kegiatan ini sebagai mitra pada Program Pendanaan *Matching Fund* dengan nomor kontrak: 000120/HK.03.02/PJJ/50003897/3000/03.2023; dan 1594/PL25/KS/2023. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Fani Fatmawati Parma, Ghinaa Zahrah, Nada Maiza Arpita, Stia Prihatiningsih Idris, dan Zikra Laretta Putri atas bantuan yang diberikan selama penelitian berlangsung.

DAFTAR RUJUKAN

- Adriyani, F., Utami, E. S. W., Purnobasuki, H., & Paramita, S. A. (2020). Development and Regeneration of Somatic Embryos from Leaves-Derived Calli of *Coffea liberica*. *Biodiversitas : Journal of Biological Diversity*, 21(12), 5829-5834. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211246>
- Adugna, A. Y., Feyissa, T., & Tasew, F. S. (2020). Optimization of Growth Regulators on In Vitro Propagation of *Moringa stenopetala* from Shoot Explants. *BMC Biotechnology*, 20(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12896-020-00651-w>
- Amghar, I., Ibriz, M., Ibrahim, M., Boudra, A., Gaboun, F., Meziani, R., Iraqi, D., Mazri, M. A., Diria, G., & Abdelwahd, R. (2021). In Vitro Root Induction from Argan (*Argania spinosa* (L.) Skeels) Adventitious Shoots: Influence of Ammonium Nitrate, Auxins, Silver Nitrate and Putrescine, and Evaluation of Plantlet Acclimatization. *Plants*, 10(6), 1-15. <https://doi.org/10.3390/plants10061062>
- Andana, D. S., Jannah, H., & Safnowandi, S. (2023). Pemanfaatan Bintil Akar Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) sebagai Pupuk Biologi untuk Pertumbuhan Bibit Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) dalam Upaya Penyusunan Petunjuk Praktikum Fisiologi Tumbuhan II. *Biocaster : Jurnal Kajian Biologi*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.36312/bjkb.v3i1.145>
- Bidabadi, S. S., & Jain, S. M. (2020). Cellular, Molecular, and Physiological Aspects of In Vitro Plant Regeneration. *Plants*, 9(6), 1-20. <https://doi.org/10.3390/plants9060702>



- Borowska, I. S., Ukalska, J., Wojda, T., Sulkowska, M., & Klisz, M. (2020). Micropropagation and In Vitro Rooting of *Robinia pseudoacacia* L. Recalcitrant Genotypes. *Folia Forestalia Polonica*, 62(1), 13-21. <https://doi.org/10.2478/ffp-2020-0002>
- Danu., Aminah, A., Yuniarti, N., Syamsuwida, D., Cahyono, D. D. N., Siregar, N., Nugraheni, Y. M. M. A., & Hendarto, K. A. (2020). Keragaman Genetik Bibit Kaliandra (*Calliandra calothyrsus* Meissn.) Asal Jawa Barat. *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 8(12), 121-132. <https://doi.org/10.20886/bptpth.2020.8.2.121-132>
- do Vale, P. A. A., Junior, J. B. d. O., Costa, F. H. d. S., & Pereira, J. E. S. (2019). Height and Number of Shoots on The Survival and Development of Micropropagated Bamboo Plantlets during Pre-Acclimatization. *Pesquisa Agropecuaria Tropical*, 49(1), 1-8. <https://doi.org/10.1590/1983-40632019v49s3751>
- El-Fadl, A., Reda, E., Ahmad, M. E., & Alhady, M. R. A. A. (2022). In Vitro Propagation of Avocado (*Persea americana* Mill.). *The Egyptian Journal of Desert Research*, 72(1), 73-87. <https://doi.org/10.21608/ejdr.2022.133868.1102>
- Fatimah, N. S., Arifin, Y. F., & Naemah, D. (2023). Analisis Perkembangan Tumbuh Tanaman Kaliandra Merah (*Calliandra calothyrsus*) di Area Pasca Tambang Tarjun Kotabaru. *Jurnal Sylva Scientiae*, 6(6), 1051-1055. <https://doi.org/10.20527/jss.v6i6.11038>
- Florenika, N., Wijaya, A. N., Restanto, D. P., & Hardjo, P. H. (2022). Regeneration of *Pogostemon cablin* Benth. 'Sidikalang' through Indirect Organogenesis and Shoot Multiplication for Production of True-to-Type Plant. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 1-11. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i1.447>
- Frick, E. M., & Strader, L. C. (2018). Roles for IBA-Derived Auxin in Plant Development. *Journal of Experimental Botany*, 69(2), 169-177. <https://doi.org/10.1093/jxb/erx298>
- Harahap, F., Poerwanto, R., Suharsono., Suriani, C., & Rahayu, S. (2014). In Vitro Growth and Rooting of Mangosteen (*Garcinia mangostana* L.) on Medium with Different Concentrations of Plant Growth Regulator. *Hayati : Journal of Biosciences*, 21(4), 151-158. <https://doi.org/10.4308/hjb.21.4.151>
- Hesami, M., & Daneshvar, M. H. (2018). In Vitro Adventitious Shoot Regeneration through Direct and Indirect Organogenesis from Seedling-Derived Hypocotyl Segments of *Ficus religiosa* L.: An Important Medicinal Plant. *HortScience*, 53(1), 55-61. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12637-17>
- Irsyadi, M. B. (2021). Factors That Effect of the Optimal Plantlet Growth from Tissue Culture on the Acclimatization Stage. In *Proceeding International Conference on Science and Engineering* (pp. 100-104). Yogyakarta, Indonesia: Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga.
- Jayusman., Hakim, L., & Dalimunthe, A. (2022). Season, Basal Media and Plant Growth Regulators Effect in Wood Plant In Vitro Propagation: A



- Comprehensive Review. *IOP Conference Series : Earth and Environmental Science*, 1115(1), 1-11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1115/1/012051>
- Kaur, K., Dolker, D., Behera, S., & Pati, P. K. (2022). Critical Factors Influencing In Vitro Propagation and Modulation of Important Secondary Metabolites in *Withania somnifera* (L.) Dunal. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*, 149(1), 41-60. <https://doi.org/10.1007/s11240-021-02225-w>
- Li, H., Wang, H., Guan, L., Li, Z., Wang, H., & Luo, J. (2023). Optimization of High-Efficiency Tissue Culture Regeneration Systems in Gray Poplar. *Life*, 13(9), 1-12. <https://doi.org/10.3390/life13091896>
- Listiana, B. E. (2018). Induksi Regenerasi *In Vitro* pada Spesies Tanaman Penghasil Gubal Gaharu, *Aquilaria filaria*. *Crop Agro : Jurnal Ilmiah Budidaya*, 10(1), 1-8.
- Liu, J., Feng, H., Ma, Y., Zhang, L., Han, H., & Huang, X. (2018). Effects of Different Plant Hormones on Callus Induction and Plant Regeneration of Miniature Roses (*Rosa hybrida* L.). *Horticulture International Journal*, 2(4), 201-206. <https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00053>
- Madke, S. S., Cherian, K. J., & Badere, R. S. (2014). A Modified Murashige and Skoog Media for Efficient Multipleshoot Induction in *G. arborea* Roxb. *Journal of Forestry Research*, 25(3), 557-564. <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0449-y>
- Maulana, A. F., Utomo, S., Lestari, L., Arifriana, R., Susanto, D., Dewi, N. A. C., Nugroho, A., Prasetyo, E., Pramono, R. F., Saputro, W. C., & Sulistyowati, D. (2021). Potensi Kaliandra (*Calliandra calothyrsus*) dan Gamal (*Gliricidia* sp.) di Daerah Istimewa Yogyakarta untuk Pengembangan Pelet Kayu. *Agrifor : Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 20(1), 71-80. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v20i1.4924>
- Maulidani, A., Hatta, G. M., & Arifin, Y. F. (2019). Studi Daya dan Kualitas Hidup Kaliandra Merah (*Calliandra calothyrsus*) pada Tiga Jenis Tanah di Areal Reklamasi Bekas Penambangan Semen. *Jurnal Sylva Scientiae*, 2(3), 540-547. <https://doi.org/10.20527/jss.v2i3.1834>
- Mohammed, M., Munir, M., & Ghazzawy, H. S. (2023). Design and Evaluation of a Smart *Ex Vitro* Acclimatization System for Tissue Culture Plantlets. *Agronomy*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/agronomy13010078>
- Monney, M. A. D., Amisah, N., & Blay, E. (2016). Influence of BA and IBA or NAA Combinations on Micropropagation of *Cryptolepis sanguinolenta*. *American Journal of Plant Sciences*, 7(3), 572-580. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2016.73050>
- Mudoi, K. D., Gogoi, B., Borah, G., Hussain, M., Tasfa, T., Borah, K., Lekhak, H., & Saikia, S. P. (2023). An Assessment for *In Vitro* Propagation and Genetic Stability of *Phoebe goalparensis* Hutchinson, An Endemic Valuable Timber Tree of North East India. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 21(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s43141-023-00487-9>
- Mukasyaf, A. A., Faridah, E., Indrioko, S., & Herawan, T. (2017). Induksi Tunas, Multiplikasi dan Perakaran *Gyrinops versteegii* (Gilg.) Domke secara In



- Vitro. *Jurnal Penelitian Tanaman Hutan*, 11(1), 1-13.
<https://doi.org/10.20886/jpth.2017.11.1.1-13>
- Noorrohmah, S., & Imelda, M. (2015). Root Induction and Acclimatization of In Vitro Plantlets of *Artocarpus altilis*. In *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia* (pp. 1896-1899). Surakarta, Indonesia: Universitas Sebelas Maret.
- Nuroniah, H. S., & Bogidarmanti, R. (2020). In Vitro Propagation of White Mahang (*Macaranga hypoleuca* (Reichb.f.et Zoll.) Mull Arg.). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 533(1), 1-12.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/533/1/012030>
- Perez, L. P., Montesinos, Y. P., Olmedo, J. G., Sanchez, R. R., Montenegro, O. N., Rodriguez, R. B., Ribalta, O. H., Escriba, R. C. R., Daniels, D., & Kosky, R. G. (2015). Effects of Different Culture Conditions (Photoautotrophic, Photomixotrophic) and The Auxin Indole-Butyric Acid on the In Vitro Acclimatization of Papaya (*Carica papaya* L. var. Red Maradol) Plants Using Zeolite as Support. *African Journal of Biotechnology*, 14(35), 2622-2635.
<http://dx.doi.org/10.5897/AJB2015.14814>
- Prasetyo, E., Wiyono., Lestari, P., Hidayat, R., Oktalina, S. N., Ngadianto, A., & Nugroho, P. (2018). Penanaman Kaliandra sebagai Kayu Energi dan Hijauan Makanan Ternak pada Pertanaman Agroforestri Masyarakat Desa Gerbosari, Samigaluh Kulon Progo. *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat*, 1(1), 1-10.
<https://doi.org/10.22146/jp2m.39216>
- Przybyl, T. H., Ratajczak, E., Obarska, A., & Kamczyc, E. P. (2020). Different Roles of Auxins in Somatic Embryogenesis Efficiency in Two *Picea* Species. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(9), 1-22.
<https://doi.org/10.3390/ijms21093394>
- Purmadewi, G. C., Wulandari, A. S., & Damayanti, R. U. (2019). Pengaruh Metode Pengakaran dan Media Aklimatisasi terhadap Keberhasilan Aklimatisasi Tembesu (*Fagraea fragrans* (Roxb.) Miq.). *Jurnal Perbenihan Tanaman Hutan*, 17(1), 1-12.
<http://doi.org/10.20886/bptpth.2019.7.1.1-12>
- Putri, A. I., Kartikawati, N. K., Nirsatmanto, A., Sunarti, S., Haryjanto, L., Herawan, T., Santosa, P. B., Wahyuningtyas, R. S., Lestari, F., & Rimbawanto, A. (2023). Tissue Culture of Gerunggang (*Cratoxylum arborescens* (Vahl) Blume): Multipurpose Native Species of Indonesian Peatland. *Forest Science and Technology*, 19(3), 171-178.
<https://doi.org/10.1080/21580103.2023.2220010>
- Rahman, M. M., Ivy, N. A., Mian, M. A., Rasul, M. G., Hossain, M. M., & Rahman, M. A. (2018). Effect of Auxin (NAA, IBA and IAA) in Root Regeneration through In Vitro Culture of Sugarcane. *International Journal of Plant Biology & Research*, 6(6), 1-6. <https://doi.org/10.47739/2333-6668/1109>
- Rezali, N. I., Sidik, N. J., Saleh, A., Osman, N. I., & Adam, N. A. M. (2017). The Effects of Different Strength of MS Media in Solid and Liquid Media on



- In Vitro Growth of *Typhonium flagelliforme*. *Asia Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(2), 151-156.
<https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2016.11.019>
- Sharma, B., & Tanti, B. (2017). In Vitro Regeneration of Plantlets from Nodal Explants of *Aristolochia saccata* and *Aristolochia cathcartii*. *European Journal of Biological Research*, 7(3), 191-201.
<http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.825746>
- Shekhawat, M. S., & Manokari, M. (2018). In Vitro Multiplication, Micromorphological Studies and Ex Vitro Rooting of *Hybanthus enneaspermus* (L.) F. Muell. - A Rare Medicinal Plant. *Acta Botanica Croatia*, 77(1), 80-87.
- Siddique, I., Bukhari, N. A. W., Perveen, K., & Siddiqui, I. (2015). Influence of Plant Growth Regulators on *In Vitro* Shoot Multiplication and Plantlet Formation in *Cassia angustifolia* Vahl. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(5), 686-691. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132015050290>
- Singh, K. K., & Singh, S. P. (2018). A Review: Micropropagation of Guava (*Psidium* spp.). *Horticulture International Journal*, 2(6), 462-467.
<https://doi.org/10.15406/hij.2018.02.00097>
- Song, J. Y., Bae, B., Lee, W., Lee, J. R., & Yoon, M. S. (2022). In Vitro Root Induction from Shoot Explants of Pear (*Pyrus* spp.). *Korean Journal of Plant Resources*, 35(6), 770-777.
<https://doi.org/10.7732/kjpr.2022.35.6.770>
- Sulistiyono, S. T. (2023). Retrieved January 11, 2024, from Tribun News. Interactwebsite: <https://www.tribunnews.com/bisnis/2023/05/23/tekan-emisi-karbon-pohon-kaliandra-merah-bisa-jadi-bahan-bakar-alternatif-pengganti-batu-bara>
- Tamyiz, M., Prayoga, L., Prasetyo, R., Murchie, E. H., & Sugiyono. (2022). Improving Agarwood (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Plantlet Formation Using Various Types and Concentrations of Auxins. *Caraka Tani : Journal of Sustainable Agriculture*, 37(1), 142-151.
<https://doi.org/10.20961/carakatani.v37i1.58370>
- Warfa'ni, I., Prayoga, L., Prasetyo, R., Murchie, R. H., & Sugiyono. (2022). The Effect of Media Types and NAA Concentrations on Agarwood (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Shoot Development in In Vitro Culture. *AgriHealth : Journal of Agri-Food, Nutrition and Public Health*, 3(1), 62-71.
<https://doi.org/10.20961/agrihealth.v3i1.60346>
- Wudali, S., Nagella, P., Al-Khayri, J. M., & Jain, S. M. (2022). *Role of Plant Tissue Culture Medium Components*. In Rai, A. C., Kumar, A., Modi, A. & Singh, M. (Eds) *Advances in Plant Tissue Culture, Current Developments and Future Trends* (pp. 51-83). Oxford: Academic Press.
- Yasmin, S., Hasan, M. J., Hossain, M. S., Saha, S., & Khatun, F. (2022). Auxin and Cytokinin Synergism in Micropropagation for Mass Production of *Aloe vera*. *BioTechnologia : Journal of Biotechnology, Computational Biology, and Bionanotechnology*, 103(3), 301-310.
<https://doi.org/10.5114%2Fbta.2022.118672>



Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi

E-ISSN 2654-4571; P-ISSN 2338-5006

Volume 12, Issue 1, June 2024; Page, 351-366

Email: bioscientist@undikma.ac.id

-
- Yunita, R., & Nugraha, M. F. I. (2021). Effect of Auxin Type and Concentration on The Induction of *Alternanthera Reineckii* Roots In Vitro. *IOP Conf. Series : Earth and Environmental Science*, 653(1), 1-4. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/653/1/012073>
- Zhao, Y., Chen, Y., Jiang, C., Lu, M. Z., & Zhang, J. (2022). Exogenous Hormones Supplementation Improve Adventitious Root Formation in Woody Plants. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 10(1), 1-6. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.1009531>