

Penggunaan *Indole Butirat Acid* untuk Setek Pucuk Kantong Semar (*Nepenthes ampullaria* Jack.) Hijau Polos

Application of Indole Butirat Acid to Cuttings of Plain Green Pitcher Plant (Nepenthes ampullaria Jack.)

Ryan Budi Setiawan^{1*}, Mellyyana Handayani¹, Jumsalia¹

Diterima 25 Juni 2024 / Disetujui 10 Desember 2024

ABSTRACT

The pitcher plant (*Nepenthes ampullaria* Jack.) is an endemic species distributed in Sumatra and Kalimantan. This species has a least concern status due to the lack of recent research data on its abundance and distribution. Exploitation for trade and deforestation have led to population decline. In addition, the long time to reach the generative phase and dioecious flowering type also contribute to the reduction of *Nepenthes* sp. Conservation programs in situ and ex-situ are very essential to preserve *N. ampullaria*. Plant propagation through cuttings can support conservation activities. The success of cuttings is determined by the concentration of growth regulators (ZPT) to induce the formation of roots and shoots, so it is important to study the concentration of ZPT. This study aims to determine the best IBA concentration to induce roots and shoots in *N. ampullaria*. The study was arranged based on a completely randomized design with IBA concentration treatment consisting of 5 levels, namely: 0, 5, 10, 15, and 20 mg L⁻¹. The results showed that IBA concentration did not significantly affect the growth of *N. ampullaria* shoot cuttings with the percentage of live cuttings ranging from 70-100%, shoot height increase ranging from 5.01-9.53 cm, the number of primary roots ranging from 5.89-9.56 strands and the number of primary roots ranging from 3.52-6.29 cm. All treatments can stimulate the formation of roots and shoots, indicating that the endogenous phytohormone content was sufficient for the growth of shoot cuttings in *N. ampullaria*.

Keywords: biodiversity, conservation, endemic, extinct, plant growth regulator

ABSTRAK

Kantong semar (*Nepenthes ampullaria* Jack.) merupakan spesies endemik yang tersebar di Sumatera dan Kalimantan. Spesies ini berstatus *least concern* karena minimnya data penelitian terbaru mengenai kelimpahan dan penyebarannya. Eksploitasi untuk perdagangan dan deforestasi menyebabkan penurunan populasi. Selain itu, waktu yang lama untuk mencapai fase generatif dan tipe pembungaan *dioecious* juga berkontribusi terhadap penurunan populasi *Nepenthes* sp. Program konservasi baik in situ maupun ex situ sangat penting untuk menjaga kelestarian *N. ampullaria*. Perbanyak tanaman melalui setek dapat mendukung kegiatan konservasi. Keberhasilan setek ditentukan oleh konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT) untuk menginduksi pembentukan akar dan tunas, sehingga kajian tentang konsentrasi ZPT penting untuk dipelajari. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan konsentrasi IBA terbaik untuk menginduksi akar dan tunas pada *N. ampullaria*. Penelitian disusun berdasarkan rancangan acak lengkap dengan perlakuan konsentrasi IBA yang terdiri dari 5 taraf yaitu: 0, 5, 10, 15, dan 20 mg L⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi IBA tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan setek pucuk *N. ampullaria* dengan persentase hidup setek berkisar 70-100 %, penambahan tinggi tunas berkisar 5.01-9.53 cm, jumlah akar primer berkisar 5.89-9.56 helai dan jumlah akar primer berkisar 3.52-6.29 cm. Semua perlakuan mampu merangsang terbentuknya akar dan tunas yang mengindikasikan bahwa kandungan fitohormon endogen telah mencukupi untuk pertumbuhan setek pucuk pada *N. ampullaria*.

Kata kunci: biodiversitas, endemik, konservasi, punah, zat pengatur tumbuh

¹Program Studi Agroteknologi Departemen Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Andalas,
Jl. Limau Manis, Pauh, Padang, Sumatera Barat, 25163, Indonesia
E-mail: ryan@agr.unand.ac.id (*penulis korespondensi)

PENDAHULUAN

Laporan dari World Rain Forest (2023) menyatakan bahwa Indonesia berada pada peringkat kedelapan dengan keanekaragaman flora mencapai 19.232 spesies. Salah satu spesies flora endemik di Indonesia adalah Kantong Semar (*Nepenthes* sp.) yang tergolong tumbuhan karnivora. Saat ini, terdapat sekitar 123 jenis *Nepenthes* sp. yang tersebar di seluruh dunia dan 64 spesies di antaranya tumbuh di Indonesia dengan penyebaran di Sumatera (31), Jawa (3), Kalimantan (20), Sulawesi (10), Maluku (3), dan Papua (12) (Redlist IUCN, 2024). *Nepenthes* sp. dilindungi oleh Peraturan Pemerintah Nomor 7 Tahun 1999 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.92/MENLHK/SETJEN/KUM.1/8/2018 (KLHK, 2018). Sesuai dengan regulasi *Convention on International Trade in Endangered Species* (CITES), *Nepenthes rajah*, *Nepenthes sumatrana* dan *Nepenthes khasiana* yang sudah terancam punah masuk dalam kategori *Appendix-I*, sedangkan *Nepenthes* sp. lainnya berada dalam kategori *Appendix-II* (CITES, 2024).

Selain menjadi tanaman hias, *N. ampullaria* juga dapat digunakan sebagai biofarmaka (Ismail *et al.*, 2015; Sanusi *et al.*, 2017). Dilaporkan terdapat aktivitas antioksidan pada ekstrak daun *N. ampullaria*, *N. x Hookeriana* dan *N. rafflesiana* (Rosli *et al.*, 2018). Ekstrak *Nepenthes* bersifat sebagai anti bakteri (Rodzali dan Mydin, 2017), anti virus (Su *et al.*, 2024), anti inflamasi (Thao *et al.*, 2016), anti leukemia (Liu *et al.*, 2021), dan anti kanker (Ou-Yang *et al.*, 2019).

N. ampullaria merupakan spesies endemik yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, dan Papua dengan beberapa variasi pada warna dan corak kantong seperti, merah, hijau bibir merah, hijau bercak merah, hijau bercak cokelat, merah dan hijau polos. Spesies ini berstatus *least concern* karena minimnya data penelitian terbaru tentang informasi kelimpahan dan penyebarannya, serta diperkirakan jumlahnya di alam sekitar 1 juta individu (Redlist IUCN, 2024). Meskipun demikian, eksploitasi berlebihan untuk perdagangan, kerusakan habitat/deforestasi, waktu yang lama untuk mencapai fase generatif dan tipe pembungaan *dioecious* akan menyebabkan penurunan populasi.

Beberapa penelitian tentang metode perbanyakan *Nepenthes* untuk menunjang program konservasi telah dilakukan, misalnya perkecambahan benih (Meinaswati *et al.*, 2022), kultur *in vitro* (Dinarti *et al.*, 2010; Budisantoso *et al.*, 2018; Novitasari dan Isnaini, 2021; Dwiati *et al.*, 2023), dan setek batang (Ningsih *et al.*, 2014; Wahdani *et al.*, 2022). Metode setek dapat menjadi solusi mudah dan cepat dalam upaya konservasi *N. ampullaria*. Beberapa penelitian tentang penggunaan auksin pada setek telah dilakukan di berbagai spesies *Nepenthes*. Ningsih *et al.* (2014) melaporkan bahwa *indole butirat acid* (IBA) mempengaruhi keberhasilan perakaran pada setek *N. bicalcarata* Hooker. Wahdani *et al.* (2022) juga melaporkan *naphtalene acetic acid* (NAA) dapat digunakan untuk menginduksi perakaran pada *N. adrianae*. Sejalan dengan itu, Mufiddah dan Mukarlina (2018)

menyatakan bahwa auksin pada urine kambing meningkatkan keberhasilan setek batang *N. reinwardtiana* Miq.

IBA merupakan salah satu jenis auksin yang sering digunakan dalam menginduksi perakaran pada berbagai tanaman. IBA memiliki efektifitas yang lebih baik dibandingkan dengan jenis auksin lain karena lebih stabil, tahan terhadap degradasi oleh enzim tanaman dan relatif tidak mudah rusak akibat cahaya dan suhu tinggi (Kumlay, 2014; Nale *et al.*, 2024). Informasi tentang penggunaan IBA pada setek pucuk *N. ampullaria* hijau polos saat ini belum pernah dilaporkan, sehingga penelitian tentang konsentrasi IBA penting dilakukan untuk mendukung kegiatan konservasi di masa depan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan konsentrasi IBA terbaik untuk menginduksi akar dan tunas pada setek pucuk *N. ampullaria* hijau polos.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada Februari hingga Oktober 2023 di *greenhouse* Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Alat-alat yang digunakan meliputi pot, handsprayer, pisau steril, gelas ukur, erlenmeyer, mikropipet, plastik sungkup, label, alat tulis, mistar, meteran, benang, dan kamera. Bahan yang digunakan terdiri dari setek pucuk *N. ampullaria*, IBA, akuades, dan spaghnum moss sebagai media tanam. Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) menggunakan perlakuan konsentrasi IBA yang terdiri dari lima taraf, yaitu 0, 5, 10, 15, dan 20 mg L⁻¹. Setiap taraf perlakuan diulang sebanyak tiga kali, sehingga total diperoleh 15 satuan percobaan dengan setiap satuan percobaan yang terdiri dari 10 setek, sehingga total setek yang digunakan sebanyak 150 setek.

Bahan setek diambil dari Hutan Pendidikan Biologi Universitas Andalas di Bukit Karimunting Kota Padang. Setek memiliki diameter batang 0.5 cm dan tidak terserang penyakit. Setek menggunakan bagian pucuk yang memiliki tiga nodus, kemudian dipotong miring 45° dan setengah bagian daun dibuang untuk mengurangi transpirasi. Perendaman setek pada larutan IBA dilakukan selama 15 menit dengan kedalaman 3 cm, kemudian setek ditanam pada media spaghnum moss, disungkup, dan diinkubasi selama 12 minggu di dalam *greenhouse* dengan paranet 50%, suhu berkisar antara 25-30 °C dan kelembaban 90%. Kelembaban media tanam dijaga dengan penyiraman secara berkala setiap 3 hari sekali.

Peubah yang diamati meliputi: persentase hidup setek, pertambahan tinggi tunas, pertambahan jumlah daun, panjang daun, lebar daun, jumlah kantong, panjang kantong, jumlah akar primer, panjang akar primer, dan jangkauan akar primer yang diukur dari panjang akar bagian kanan dan kiri setek. Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf nyata $\alpha = 5\%$. Jika nilai probabilitas kurang dari 0.05 maka dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test*. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistic Tool for Agriculture Research* (STAR).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Hidup Setek, Pertambahan Tinggi Tunas, Pertambahan Jumlah Daun, dan Panjang Daun

Perendaman setek pucuk *N. ampullaria* dalam larutan IBA tidak berpengaruh nyata terhadap persentase hidup setek, pertambahan tinggi tunas, pertambahan jumlah daun, dan panjang daun. Hal ini diduga hormon auksin endogen sudah mencukupi untuk mendukung pertumbuhan setek.

Persentase hidup setek tergolong sangat tinggi, berkisar 70-100%, pertambahan tinggi tunas berkisar 5.01-9.53 cm, dan pertambahan jumlah daun berkisar 1.22-3.11 helai selama 12 minggu setelah tanam (MST) (Tabel 1). Meskipun demikian, secara umum konsentrasi IBA 5 mg L⁻¹ memberikan pengaruh yang lebih baik pada pertambahan tinggi tunas dan jumlah daun dibandingkan dengan perlakuan lainnya, meskipun persentase hidup setek pada konsentrasi ini hanya mencapai 70%. Setek yang mati umumnya menunjukkan ciri-ciri mengering, melunak, dan bercendawan. Proses inisiasi tunas dimulai dengan pembelahan dan diferensiasi sel meristem yang pada akhirnya menghasilkan tunas berwarna hijau muda (Gambar 1).

Hasil ini berbeda dengan penelitian Ningsih *et al.* (2014) yang melaporkan bahwa 15 mg L⁻¹ IBA menghasilkan tunas tertinggi pada setek *N. bicalcarata* Hooker. Mufiddah dan Mukarlina (2018) juga melaporkan bahwa penggunaan urin kambing 15-30% yang mengandung auksin menunjukkan

pengaruh terbaik terhadap tinggi tunas dan jumlah tunas *N. reinwardtiana*. Perbedaan ini diduga disebabkan adanya respon spesifik setiap spesies terhadap auksin eksogen.

Secara umum IBA merupakan prekursor untuk sintesis IAA endogen yang bertanggung jawab atas berbagai proses morfogenesis, termasuk pemanjangan sel dan pembentukan akar adventif (Nale *et al.*, 2024). IBA juga diketahui meningkatkan sintesis GA₃ dalam mengatur panjang tunas atau pemanjangan batang (El-Banna *et al.*, 2023). Aplikasi IBA eksogen mempengaruhi aktivitas fitohormon dalam tanaman dengan cara menambah atau mengatur sinyal auksin di dalam sel (Chen *et al.*, 2023). Efeknya pada morfogenesis tergantung pada keseimbangan relatif dengan fitohormon lain, terutama sitokinin dan GA₃, yang bersama-sama mengatur pembentukan organ dan pola pertumbuhan tanaman.

Proses pemanjangan sel pada tunas tidak terlepas dari pengaruh auksin endogen yang mempengaruhi sintesis protein struktural, menyebabkan pembentukan dinding sel dan mengatur pemanjangan sel pada ujung tunas (Koike *et al.*, 2020; Shi dan Vernoux, 2022). Selain itu, induksi tunas juga dipicu oleh sitokinin endogen yang disintesis di akar yang telah terbentuk. Sitokinin berperan dalam proliferasi sel, endoreplikasi, dan mitosis yang melibatkan protein cyclin-dependent kinases (CDKs) dan siklin sebagai subunitnya (Shimotohno *et al.*, 2021).

Beberapa penelitian melaporkan bahwa hormon tumbuh merangsang gen-gen yang terlibat dalam pembelahan dan diferensiasi sel meristem.

Tabel 1. Persentase hidup, pertambahan tinggi tunas dan pertambahan jumlah daun setek pucuk *N. ampullaria* pada umur 12 MST

Konsentrasi IBA (mg L ⁻¹)	Persentase hidup setek (%)	Pertambahan tinggi tunas (cm)	Pertambahan jumlah daun (helai)
0	100	7.42	2.44
5	70	9.53	3.11
10	100	5.48	1.89
15	100	5.01	1.22
20	100	6.93	2.33

Keterangan: Data tidak berbeda nyata berdasarkan uji F taraf 5%.



Gambar 1. Pertumbuhan setek pucuk setek pucuk *N. ampullaria* umur 12 MST. a) 0 mg L⁻¹, b) 5 mg L⁻¹, c) 10 mg L⁻¹, d) 20 mg L⁻¹, e) 25 mg L⁻¹, x) tunas baru yang terbentuk

Misalnya, gen WUSCHEL yang menjadi faktor transkripsi dan berintegrasi dengan gen CLAVATA3 sebagai regulator perkembangan tunas (Wang dan Jiao, 2023). Liu *et al.* (2014) juga melaporkan bahwa gen AHK4 dan gen CYCD terekspresi secara signifikan di jaringan meristem selama pembelahan sel. Sebagai tambahan gen SHOOT MERISTEMLESS (STM) banyak terekspresi pada promeristem yang berperan pada pembentukan tunas (Hnatuszko-Konka *et al.*, 2021).

Panjang Daun, Lebar Daun, Jumlah Kantong, dan Panjang Kantong

Perendaman setek pucuk *N. ampullaria* dalam larutan IBA tidak berpengaruh signifikan terhadap panjang daun, lebar daun, jumlah kantong, dan panjang kantong. Panjang daun berkisar 6.33-9.11 cm, lebar daun berkisar 1.67-2.16 cm, jumlah kantong berkisar 0.22-0.78, dan panjang kantong berkisar 0.58-2.59 cm selama 12 MST (Tabel 2). Meskipun demikian, secara umum konsentrasi IBA 5 mg L⁻¹ menghasilkan pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya kecuali pada jumlah kantong (Tabel 2).

Peningkatan ukuran daun dan kantong berkaitan dengan jumlah dan panjang akar yang memungkinkan penyerapan unsur hara berlangsung optimal. Beberapa unsur hara makro, seperti nitrogen memainkan peran sentral dalam metabolisme tanaman sebagai penyusun protein, asam nukleat, klorofil, koenzim, fitohormon, dan metabolit sekunder (Fathi, 2022). Sulfur diasimilasi menjadi asam amino untuk sintesis enzim dan koenzim (Kopriva *et al.*, 2019). Fosfor merupakan penyusun asam nukleat dan sebagai komponen adenosin fosfat (Malhotra *et al.*, 2019). Magnesium, sebagai penyusun klorofil yang diperlukan untuk fotosintesis dan sintesis protein (Kwon *et al.*, 2019). Kalsium berperan pada stabilisasi dinding sel

dan pengaturan tekanan osmotik, sementara kalium mengatur tekanan osmotik untuk pergerakan stomata dan translokasi asimilat (Hawkesford *et al.*, 2023). Lebih lanjut, pada daun terjadi sintesis auksin endogen dan asimilat sebagai energi selama pembentukan akar, oleh karena itu, peningkatan jumlah daun akan meningkatkan jumlah akar dan sebaliknya (Nasri *et al.*, 2015).

Jumlah Akar Primer, Panjang Akar Primer dan Jangkauan Akar Primer

Perendaman setek pucuk *N. ampullaria* dalam larutan IBA tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah akar, panjang akar, dan jangkauan akar. Jumlah akar berkisar 5.89-9.56 cm, panjang akar berkisar 3.8-5.2 cm, dan jangkauan akar berkisar 4.29-6.48 cm selama 12 MST (Tabel 3).

Hasil ini mengindikasikan bahwa kandungan auksin endogen telah mampu merangsang pertumbuhan akar. Meskipun demikian, sintesis hormon endogen dan alokasi nutrisi pada setek juga diketahui dipengaruhi oleh penambahan auksin eksogen. Hal ini terlihat dari peningkatan jumlah, panjang dan jangkauan akar primer pada 5 mg L⁻¹ IBA jika dibandingkan dengan tanpa IBA. Secara umum, proses induksi akar terdiri dari empat tahap yaitu priming, inisiasi, pembentukan pola akar, dan munculnya akar (Yu *et al.*, 2017). Chen *et al.* (2023) melaporkan bahwa auksin eksogen (ABT-1) mampu meningkatkan kadar IAA endogen dan mempengaruhi pembentukan akar adventif. Selain itu, terjadi pemanjangan sel ketika kadar IBA endogen meningkat (Shang *et al.*, 2021). Auksin juga diketahui dapat meningkatkan kadar ABA pada saat persiapan pembentukan primordial akar dan menurun seiring proses diferensiasi primordial akar dan pembentukan akar (Liu *et al.*, 2021).

Tabel 2. Panjang daun, lebar daun, jumlah kantong, panjang kantong setek pucuk *N. ampullaria* pada umur 12 MST

Konsentrasi IBA (mg L ⁻¹)	Panjang daun (cm)	Lebar daun (cm)	Jumlah kantong	Panjang kantong (cm)
0	8.88	1.97	0.78	2.54
5	9.11	2.16	0.67	2.59
10	6.38	1.59	0.22	0.68
15	6.33	1.67	0.44	0.58
20	7.86	1.97	0.56	3.48

Keterangan: Data tidak berbeda nyata berdasarkan uji F taraf 5%.

Tabel 3. Jumlah akar, panjang akar dan jangkauan akar setek pucuk *N. ampullaria* pada umur 12 MST

Konsentrasi IBA (mg L ⁻¹)	Jumlah akar primer (helai)	Panjang akar primer (cm)	Jangkauan akar primer (cm)
0	7.00	3.80	4.40
5	9.56	6.29	6.48
10	6.33	3.52	4.29
15	5.89	5.48	5.59
20	7.00	4.27	4.31

Keterangan: Data tidak berbeda nyata berdasarkan uji F taraf 5%.

Sejumlah penelitian tentang keberhasilan penggunaan IBA telah dilaporkan. Ningsih *et al.* (2014) melaporkan bahwa 15 mg L⁻¹ IBA menghasilkan akar terbanyak pada setek *N. bicalcarata* Hooker. Mufiddah dan Mukarlina (2018) juga melaporkan penggunaan urine kambing 15-30% menunjukkan pengaruh terbaik pada jumlah akar *N. reinwardtiana*. Kandungan auksin pada urine kambing menjadi hormon eksogen yang merangsang induksi dan diferensiasi sel sehingga membentuk akar. Menurut Yesiwas *et al.* (2015) aplikasi 1.000 mg L⁻¹ IBA memiliki dampak signifikan terhadap jumlah dan panjang akar pada setek batang mawar. Erdiansyah *et al.* (2016) juga melaporkan bahwa pemberian 4.500 mg L⁻¹ IBA menghasilkan akar terpanjang (4.97 cm) pada kopi liberika (*Coffea liberica* W. Bull Ex. Hier). Sejalan dengan itu, 4.000 mg L⁻¹ IBA menghasilkan akar terpanjang (4.85 cm) pada tanaman teh (*Camelia sinensis* L.) (Hoque, 2016). Selain itu, aplikasi 100 mg L⁻¹ IBA juga menghasilkan akar terpanjang (26.25 cm) dan jumlah akar sebanyak 6.7 helai pada setek murbei (Sourati *et al.*, 2022)., Sebagai tambahan, 500 mg L⁻¹ IBA menghasilkan akar terpanjang (39.5 cm) pada setek batang *Epipremnum aureum* (Attanayake, 2023). Studi-studi ini menunjukkan bahwa efektivitas konsentrasi IBA juga sangat dipengaruhi oleh spesies tumbuhan.

Dari aspek regulasi molekuler, luka dan auksin eksogen diketahui merangsang ekspresi gen yang terlibat dalam induksi perakaran. Luka akan menginduksi terbentuknya *Reaktif Oxygen Species* (ROS) dan Ca²⁺ sebagai sinyal molekuler penting yang terlibat dalam organogenesis akar (Shin *et al.*, 2022). Terjadi peningkatan ekspresi gen PIN1, AUX1/LAX3, ASA1, ASB1 yang terlibat dalam biosintesis IAA dan induksi akar adventif (Fattorini *et al.*, 2017), serta gen miR156 yang juga berperan dalam pembentukan akar adventif (Ye *et al.*, 2020). Selain itu, akar tidak hanya berfungsi dalam penyerapan air dan unsur hara tetapi juga menunjang berdirinya tanaman, menyimpan fotosintat, serta menjadi tempat sintesis hormon sitokinin yang berperan dalam proses pembelahan dan diferensiasi sel, perkembangan jaringan pembuluh, dan morfogenesis akar (Papon dan Caurdavault, 2022). Sitokinin merangsang gen Cytokinin response regulator (RRs) yang merupakan faktor transkripsi kunci dalam proses morfogenesis akar. Lebih dari 25 protein RR bertanggung jawab terhadap proses tersebut (Zhang *et al.*, 2022).

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa aplikasi IBA tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan stek pucuk *N. ampullaria*. Semua perlakuan mampu merangsang terbentuknya akar dan tunas yang mengindikasikan bahwa kandungan fitohormon endogen telah mencukupi untuk pertumbuhan setek pucuk pada *N. ampullaria*. Persentase hidup setek berkisar 70-100 %, penambahan tinggi tunas

berkisar 5.01-9.53 cm, jumlah akar primer berkisar 5.89-9.56 helai dan jumlah akar primer berkisar 3.52-6.29 cm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Fakultas Pertanian Universitas Andalas atas izin penggunaan semua fasilitas, peralatan dan bahan selama pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Attanayake, R.M.T.D., Y.M.H.M.H. Dasanayaka, H.K.L. Dilshan, W.A.B.H. Hettiarachchi, K.M.S.D. Sandarenu, S.N.W. Gamage, P.A.S.C. Wickramasinghe, C.R. Dayarathna, H.M.P.C. Kumarihami. 2023. Stimulatory effect of indole-3-butyric acid and rooting media on adventitious rooting in *Epipremnum aureum* marble queen stem cuttings. Indonesian Journal of Applied Research (IJAR). 4(3): 193-208. Doi: <https://doi.org/10.30997/ijar.v4i3.360>
- Budisantoso, I., M. Indriani, K. Kamsinah. 2018. Effect of BAP (6-benzyl amino purine) concentration on growth micro cutting of *Nepenthes ampullaria*. Biosaintifika: J. Biology & Biology Education. 10(3): 678-683. Doi: <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v10i3.15718>
- Chen, H., Y. Lei, J. Sun, M. Ma, P. Deng, J.E. Quan, H. Bi. 2023. Effects of different growth hormones on rooting and endogenous hormone content of two *Morus alba* L. cuttings. Horticulturæ. 9(5): 1-8. Doi: <https://doi.org/10.3390/horticulturæ9050552>
- [CITES] Convention International Trade in Endangered Species. 2024. Appendices. <https://cites.org/eng/app/appendices.php> [20 Mei 2023].
- Dinarti, D., U. Sayekti, Y. Alitalia. 2010. Kultur jaringan kantong semar (*Nepenthes mirabilis*). J. Hort. Indonesia. 1(2): 59-65. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.1.2.59-65>
- Dwiati, M., P. Widodo, A.H. Susanto. 2023. Shoot regeneration in *Nepenthes mirabilis* as affected by flurprimidol and GA₃ application. Biodiversitas: J. Biological Diversity. 24(7): 4168-4174. Doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240756>
- El-Banna, M. F., N. B. Farag, H. Y. Massoud, M. M. Kasem. 2023. Exogenous IBA stimulated adventitious root formation of *Zanthoxylum beecheyanum* K. Koch stem cutting: Histo-physiological and phytohormonal investigation. Plant Physiol. Biochem. 197: 1-29.

- Erdiansyah, N.P., I.P. Rokhani, S. Waluyo. 2016. Cutting wood origin and indole butyric acid influence success of liberica coffee cuttings (*Coffea liberica* W. Bull Ex. Hier). Pelita Perkebunan. 32(3): 198-205. Doi: <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v32i3.217>
- Fattorini, L., A. Velocchia, F. Della Rovere, S. D'Angeli, G. Falasca, M.M. Altamura. 2017. *Indole-3-butyric acid* promotes adventitious rooting in *Arabidopsis thaliana* thin cell layers by conversion into indole-3-acetic acid and stimulation of anthranilate synthase activity. BMC Plant Biology. 17(1): 1-14. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1071-x>
- Fathi, A. 2022. Role of nitrogen (N) in plant growth, photosynthesis pigments, and N use efficiency: a review. Agrisost. 28: 1-8. Doi: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7143588>
- Hawkesford, M.J., I. Cakmak, D. Coskun, L.J. De Kok, H. Lambers, J.K. Schjoerring, P.J. White. 2023. Functions of macronutrients. In Marschner's Mineral Nutrition of Plants. Academic Press. p. 201-281. Doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819773-8.00019-8>
- Hnatuszko-Konka, K., A. Gerszberg, I. Weremczuk-Jeżyna, I. Grzegorzczak-Karolak. 2021. Cytokinin signaling and de novo shoot organogenesis. Genes. 12(2): 1-20. Doi: <https://doi.org/10.3390/genes12020265>
- Hoque, M.E. 2016. Effect of *indole butyric acid* on raising plants from stem cuttings of tea (*Camellia sinensis* L.) in the nursery. The Agriculturists. 14(2): 124-129. Doi: <https://doi.org/10.3329/agric.v14i2.31356>
- Ismail, N. A., A. S. Kamariah, L. B. L. Lim, N. Ahmad. 2015. Phytochemical and pharmacological evaluation of methanolic extracts of the leaves of *Nepenthes bicalcarata* Hook. F. Int. J. Pharmacogn. Phytochem. Res. 7(6): 1127-1138.
- [KLHK] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2018. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.20/MENLKH/SETJEN/KUM.1/16/2018 tentang Jenis Tumbuhan dan Satwa yang Dilindungi. https://ksdae.menlhk.go.id/assets/news/peraturan/Permen_LHK_No.92_Tahun_2018-Perubahan_P_.20_TSL_dilindungi_.pdf. [20 Mei 2023].
- Koike, I., S. Watanabe, K. Okazaki, K. I. Hayashi, H. Kasahara, K. Shimomura, M. Umehara. 2020. Endogenous auxin determines the pattern of adventitious shoot formation on internodal segments of ipecac. Planta. 251(73): 1-11. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03367-5>
- Kopriva, S., M. Malagoli, H. Takahashi. 2019. Sulfur nutrition: impacts on plant development, metabolism, and stress responses. J. Exp. Bot. 70(16): 4069-4073. Doi: <https://doi.org/10.1093/jxb/erz319>
- Kumlay, A.M. 2014. Combination of the auxins NAA, IBA, and IAA with GA3 improves the commercial seed-tuber production of Potato (*Solanum tuberosum* L.) under in vitro conditions. Biomed Res. Int. 2014(1): 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/439259>
- Kwon, M.C., Y.X. Kim, S. Lee, E.S. Jung, D. Singh, J. Sung, C.H. Lee. 2019. Comparative metabolomics unravel the effect of magnesium oversupply on tomato fruit quality and associated plant metabolism. Metabolites. 9(10): 231. Doi: <https://doi.org/10.3390/metabo9100231>
- Liu, G., J. Zhao, T. Liao, Y. Wang, L. Guo, Y. Yao, J. Cao. 2021. Histological dissection of cutting-inducible adventitious rooting in *Platycladus orientalis* reveals developmental endogenous hormonal homeostasis. Ind. Crops. Prod. 170: 1-10. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113817>
- Liu, J., L. Sheng, Y. Xu, J. Li, Z. Yang, H. Huang, L. Xu. 2014. WOX11 and 12 are involved in the first-step cell fate transition during de novo root organogenesis in *Arabidopsis*. The Plant Cell. 26(3): 1081-1093. Doi: <https://doi.org/10.1105/tpc.114.122887>
- Liu, W., L. C. Lin, P. J. Wang, Y. N. Chen, S. C. Wang, Y. T. Chuang, I. H. Tsai, S. Y. Yu, F. R. Chang, Y. B. Cheng, L. C. Huang, M. Y. Huang, H. W. Chang. 2021. *Nepenthes* ethyl acetate extract provides oxidative stress-dependent anti-leukemia effects. Antioxidants. 10(9): 1410. Doi: <https://doi.org/10.3390/antiox10091410>
- Malhotra, H., Vandana, S. Sharma, R. Pandey. 2018. Phosphorus nutrition: plant growth in response to deficiency and excess. In: M. Hasanuzzaman, M. Fujita, H. Oku, K. Nahar, B. Hawrylak-Nowak (eds) Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance. Springer, Singapore. Doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_7
- Mufiddah, S., E. R. P. W. Mukarlina. 2018. Pertumbuhan stek batang *Nepenthes reinwardtiana* Jack. setelah direndam dengan urin kambing. Protobiont. 7(1): 1-5. Doi: <http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v7i1.23613>

- Muller, D., O. Leyser. 2011. Auxin, cytokinin and the control of shoot branching. *Ann. Bot.* 107(7): 1203-1212. Doi: <https://doi.org/10.1093/aob/mcr069>
- Nale R., G. Sharma, R. Pal, R.K. Patel, S. Sharma. 2024. Effect of IBA and NAA on the rooting and vegetative growth of hardwood cuttings in Common Fig (*Ficus carica* L.). *Int. J. Bio-Resour. Stress Manag.* 15(5): 1-06. Doi: <https://doi.org/10.23910/1.2024.2928a>
- Nasri, F., A. Fadakar, M.K. Saba, B. Yousefi. 2015. Study of indole butyric acid (IBA) effects on cutting rooting improving some of wild genotypes of damask roses (*Rosa damascena* Mill.). *J. Agric. Sci.* 60(3): 263-275. Doi: <https://doi.org/10.2298/JAS1503263N>
- Ningsih, S., R.L. Mukarlina. 2014. Pertumbuhan stek batang kantong semar (*Nepenthes bicalcarata* Hooker) dengan penambahan indole butyric acid (IBA). *Protobiont.* 3(3): 6-9. Doi: <http://dx.doi.org/10.26418/protobiont.v3i3.7115>
- Novitasari, Y., Y. Isnaini. 2021. Propagation of pitcher plants (*Nepenthes gracilis* Korth. and *Nepenthes reinwardtiana* Jack.) through callus induction. *Agric.* 33(2): 81-92. Doi: <https://doi.org/10.24246/agric.2021.v33.i2.p81-92>
- Nurchayati, Y. 2022. Response of seed germination and growth of *Nepenthes gymnamphora* Nees in vitro to the concentration of MS mineral salt, peptone and thidiazuron. *J. Bioteknol. Biosains Indones.* 9(1): 57-65. Doi: <https://ejournal.brin.go.id/JBBI/article/view/1786>
- Ou-Yang, F., I. H. Tsai, J. Y. Tang, C. Y. Yen, Y. B. Cheng, A. A. Farooqi, H. W. Chang. 2019. Antiproliferation for breast cancer cells by ethyl acetate extract of *Nepenthes thorellii* x (*ventricosa* x *maxima*). *Int. J. Mol. Sci.* 20(13): 1-13. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms20133238>
- Papon, N., V. Courdavault. 2022. Arresting cytokinin signaling for salt-stress tolerance. *Plant Science: An Int. J. Experimental Plant Biol.* 314: 111-116. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2021.111116>
- Redlist IUCN. 2024. *Nepenthes ampullaria*. www.iucnredlist.org [1 Mei 2024].
- Rodzali, N.N., M.M. Mydin. 2017. Antibacterial activity of leaves and pitchers extract of *Nepenthes gracilis* against *Bacillus subtilis* and *Escherichia coli*. *J. Fund. Appl. Sci.* 9(6): 81-88. Doi: <https://doi.org/10.4314/jfas.v9i6s.7>
- Rosli, M.A.F., K.A. Azizan, H.H. Goh. 2018. Antioxidant activity of pitcher extracts from three *Nepenthes* species. *Sains Malaysiana.* 47(12): 3069-3075. Doi: <https://doi.org/10.17576/jsm-2018-4712-17>
- Sanusi, S.B., M.F.A. Bakar, M. Mohamed, S.F. Sabran, M.M. Mainasara. 2017. Ethnobotanical, phytochemical, and pharmacological properties of *Nepenthes* species: A review. *Asian J. Pharm. Clin. Res.* 10: 16-19. Doi: <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2017.v10i11.20050>
- Shang, W.Q., Z. Wang, S. L. He, D. He, N. L. Dong, Y. Guo. 2021. Changes of endogenous IAA and related enzyme activities during rooting of *Paeonia suffruticosa* in vitro. *J. Northwest A & F University - Natural Science Edition.* 49: 129-136. Doi: <https://doi.org/10.13207/j.cnki.jnwafu.2021.02.017>
- Shi, B., T. Vernoux. 2022. Hormonal control of cell identity and growth in the shoot apical meristem. *Curr. Opin. Plant Biol.* 65: 1-7. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2021.102111>
- Shin, S.Y., S.J. Park, H.S. Kim, J.H. Jeon, H.J. Lee. 2022. Wound-induced signals regulate root organogenesis in *Arabidopsis* explants. *BMC Plant Biology.* 22(1): 1-14. Doi: <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03524-w>
- Shimotohno, A., S.S. Aki, N. Takahashi, M. Umeda. 2021. Regulation of the plant cell cycle in response to hormones and the environment. *Annu. Rev. Plant Biol.* 72(1): 273-296. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-080720-103739>
- Sourati, R., P. Sharifi, M. Poorghasemi, E. Alves Vieira, A. Seidavi, N.A. Anjum, Z. Sehar, A. Sofo. 2022. Effects of naphthalene acetic acid, indole-3-butyric acid and zinc sulfate on the rooting and growth of mulberry cuttings. *Int. J. Plant Biol.* 13(3): 245-256. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijpb13030021>
- Su, H.H., E.S. Lin, Y.H. Huang, Y. Lien, C.Y. Huang. 2024. Inhibition of SARS-CoV-2 Nsp9 ssDNA-binding activity and cytotoxic effects on H838, H1975, and A549 human non-small cell lung cancer cells: exploring the potential of *Nepenthes miranda* leaf extract for pulmonary disease treatment. *Int. J. Mol. Sci.* 25(11): 6120. Doi: <https://doi.org/10.3390/ijms25116120>
- Thao, N.P., B.T. Luyen, J.E. Koo, S. Kim, Y. S. Koh, N.V. Thanh, N.X. Cuong, P.V. Kiem, C.V. Minh, Y.H. Kim. 2016. In vitro anti-inflammatory components isolated from the carnivorous plant *Nepenthes mirabilis* (Lour.) Rafarin. *Pharm. Biol.* 54(4): 588-594. Doi: <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1067234>

- Thomas, P., M.M. Lee, J. Schiefelbein. 2003. Molecular identification of proline-rich protein genes induced during root formation in grape (*Vitis vinifera* L.) stem cuttings. *Plant Cell Environ.* 26(9): 1497-1504. Doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2003.01071.x>
- Wahdani, R.A., M. Dwiati, K. Kamsinah. 2023. Aplikasi NAA pada propagasi kantong semar *Nepenthes adrianae* Batoro, Wartono & Jebb. *BioEksakta: J. Ilmiah Biologi Unsoed.* 4(3): 147-151. Doi: <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2022.4.3.5481>
- Wang, Y., Y. Jiao. 2023. Cell signaling in the shoot apical meristem. *Plant Physiol.* 193(1): 70-82. Doi: <https://doi.org/10.1093/plphys/kiad309>
- World Rain Forest. 2023. Total number of plant species by country. <https://worldrainforests.com/03plants.htm> [3 Mei 2024].
- Ye, B.B., K. Zhang, J. W. Wang. 2020. The role of miR156 in rejuvenation in *Arabidopsis thaliana*. *J. Integr. Plant Biol.* 62(5): 550-555. Doi: <https://doi.org/10.1111/jipb.12855>
- Yeshiwas, T., M. Alemayehu, G. Alemayehu. 2015. Effects of Indole Butyric Acid (IBA) and stem cuttings on growth of stenting-propagated rose in Bahir Dar, Ethiopia. *World J. Agric. Sci.* 11(4): 191-197. Doi: <https://doi.org/10.5829/idosi.wjas.2015.11.4.1855>
- Yu, J., W. Liu, J. Liu, P. Qin, L. Xu. 2017. Auxin control of root organogenesis from callus in tissue culture. *Front. Plant Sci.* 8: 1-4. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01385>
- Zhang, M., F. Wang, X. Wang, J. Feng, Q. Yi, S. Zhu, X. Zhao. 2022. Mining key genes related to root morphogenesis through genome-wide identification and expression analysis of RR gene family in citrus. *Front. Plant Sci.* 13: 1-13. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1068961>