

Induction of Agarwood (*Aquilaria sp.*) Shoots With Benzyl Adenine Purine in Vitro

Dewi Yana¹, Mulyanti¹, Oktarisa Nurul Mukminin^{2*}

¹Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik Indonesia Venezuela, Aceh, Indonesia;

²Program Studi Agribisnis, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Yashafa, Aceh, Indonesia;

Article History

Received : January 17th, 2026

Revised : February 09th, 2026

Accepted : April 17th, 2026

*Corresponding Author:

Oktarisa Nurul Mukminin,
Program Studi Pengelolaan
Perkebunan, Politeknik
Indonesia, Venezuela, Aceh,
Indonesia;

Email:

oktafarisya10@gmail.com

Abstract: The rising international demand for agarwood has led to excessive harvesting from natural populations, creating serious concerns regarding the sustainability of this valuable resource. Therefore, the development of efficient and sustainable propagation methods has become increasingly important. One promising approach is in vitro culture, which enables large-scale plant multiplication. Nevertheless, the response of agarwood explants to cytokinin treatments, especially Benzyl Amino Purine (BAP), has not been clearly established. This study aimed to evaluate the effect of different concentrations of BAP on the formation of shoots and leaves in agarwood explants cultured under laboratory conditions. The experiment was conducted in 2008 at the Tissue Culture Laboratory, Syiah Kuala University, Banda Aceh. A Completely Randomized Design (CRD) with a single factor was employed. Seven BAP concentrations were tested with seven replications, resulting in a total of 49 experimental units. The treatments consisted of 0, 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9, and 1.1 mg L⁻¹ BAP added to Murashige and Skoog (MS) culture medium. Observations on growth responses were recorded for eight weeks after culture initiation. The results of statistical analysis indicated that the variation in BAP concentration did not significantly influence the number of shoots or leaves produced by the explants. However, descriptive observations showed that the medium containing 0.3 mg L⁻¹ BAP tended to support relatively better growth compared with the other treatments. These findings imply that the tested BAP levels were not sufficiently effective in significantly stimulating the in vitro growth of agarwood explants. The study provides additional insight into the cytokinin response of agarwood under tissue culture conditions and may serve as a reference for future optimization of culture media to improve large-scale propagation strategies.

.Keyword: Agarwood, BAP; Growth regulators; in vitro.

Pendahuluan

Gaharu (*Aquilaria sp.*) merupakan tanaman bernilai ekonomi tinggi yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor, seperti industri parfum, pengobatan tradisional, serta berbagai praktik budaya. Meningkatnya permintaan pasar global terhadap produk gaharu telah mendorong eksploitasi berlebihan terhadap populasi alami di hutan, sehingga keberlanjutan sumber daya ini semakin terancam. Oleh karena itu, upaya

pengembangan metode perbanyakan yang efektif dan berkelanjutan menjadi sangat penting untuk menjaga kelestarian tanaman tersebut (Sampasivam *et al.*, 2024; Baig *et al.*, 2025; Shivanand *et al.*, 2022).

Metode perbanyakan secara konvensional sering kali menghadapi berbagai kendala, seperti laju pertumbuhan tanaman yang relatif lambat, tingkat regenerasi yang rendah, serta ketergantungan pada kondisi musim tertentu. Kondisi ini menyebabkan produksi bibit dalam jumlah besar menjadi

sulit dicapai melalui metode tradisional. Dalam hal ini, teknik kultur jaringan dapat menjadi alternatif yang lebih efisien karena mampu menghasilkan bibit tanaman dalam jumlah besar dalam waktu relatif singkat serta memiliki peluang lebih besar untuk bebas dari serangan hama dan penyakit (Samanhudi *et al.*, 2022).

Kultur jaringan merupakan teknik budidaya tanaman yang dilakukan secara *in vitro* dengan menumbuhkan protoplas, sel, jaringan, atau organ tanaman pada media buatan dalam kondisi aseptik. Melalui teknik ini, jaringan tanaman dapat berkembang dan beregenerasi menjadi individu tanaman lengkap yang memiliki sifat genetik yang identik dengan tanaman induknya. Oleh karena itu, teknologi kultur jaringan berpotensi menjadi salah satu pendekatan penting dalam mendukung upaya konservasi sekaligus pengembangan budidaya gaharu di masa mendatang (Wahyuni *et al.*, 2020). Selain itu, metode ini juga memungkinkan produksi tanaman baru yang utuh dan seragam secara genetik sehingga sangat mendukung kegiatan perbanyakan tanaman secara massal (Kurnianingsih *et al.*, 2020).

Penerapan teknik kultur jaringan pada tanaman gaharu telah dilakukan melalui berbagai pendekatan, seperti induksi kalus dan regenerasi plantlet menggunakan zat pengatur tumbuh. Beberapa penelitian melaporkan penggunaan regulator pertumbuhan seperti Benzyl Amino Purine (BAP) yang dikombinasikan dengan auksin untuk merangsang pembentukan tunas maupun akar pada eksplan *Aquilaria malaccensis* dalam kondisi laboratorium (Hapsari *et al.*, 2021).

Keberhasilan teknik kultur jaringan sangat dipengaruhi oleh komposisi media kultur yang digunakan. Media tersebut umumnya terdiri atas air destilata, unsur hara makro dan mikro, sumber karbon seperti gula, vitamin, serta zat pengatur tumbuh yang berperan dalam merangsang pembelahan sel dan proses morfogenesis jaringan tanaman. Komponen media yang disusun secara optimal, terutama keberadaan regulator pertumbuhan seperti sitokinin dan auksin, memiliki peranan penting dalam mengendalikan pembentukan kalus, perkembangan tunas, maupun diferensiasi

organ tanaman pada kultur *in vitro* (Sidik *et al.*, 2024).

Di antara berbagai jenis sitokinin yang digunakan dalam kultur jaringan, Benzyl Amino Purine (BAP) merupakan salah satu zat pengatur tumbuh yang paling umum diaplikasikan untuk merangsang pembentukan tunas serta meningkatkan multiplikasi vegetatif tanaman. Namun demikian, hasil penelitian terkait respons tanaman gaharu terhadap variasi konsentrasi BAP masih menunjukkan hasil yang beragam dan belum memberikan kesimpulan yang konsisten antar penelitian (Ibrahim *et al.*, 2022). Beberapa studi juga melaporkan bahwa kombinasi regulator pertumbuhan dapat mempengaruhi pembentukan struktur tanaman, tetapi informasi mengenai konsentrasi BAP yang paling efektif serta mekanisme respons fisiologis gaharu terhadap zat tersebut masih relatif terbatas (Wahyuni *et al.*, 2020).

Sejumlah penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perbedaan konsentrasi BAP pada media kultur *in vitro* dapat mempengaruhi berbagai parameter pertumbuhan, seperti jumlah tunas yang terbentuk, waktu munculnya tunas, serta perkembangan vegetatif lainnya. Akan tetapi, respons tersebut sering kali bervariasi tergantung pada spesies tanaman maupun tingkat konsentrasi BAP yang digunakan dalam media kultur (Nuraini *et al.*, 2022; Erawati *et al.*, 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh beberapa tingkat konsentrasi BAP terhadap pertumbuhan tunas dan daun pada eksplan gaharu yang dikultur secara *in vitro*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tambahan mengenai efektivitas penggunaan BAP dalam kultur jaringan gaharu, sekaligus menjadi dasar pengembangan teknik perbanyakan vegetatif yang lebih efisien dan berkelanjutan.

Keberhasilan teknik kultur jaringan, baik melalui proses multiplikasi tunas, organogenesis, maupun embriogenesis somatik, dipengaruhi oleh berbagai faktor yang berasal dari dalam maupun luar jaringan tanaman. Faktor internal berkaitan dengan kondisi fisiologis dan genetik eksplan, sedangkan faktor eksternal mencakup kondisi

lingkungan kultur serta komposisi media yang digunakan. Salah satu faktor eksternal yang sangat berperan dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan eksplan adalah keberadaan zat pengatur tumbuh dalam media kultur.

Saat ini, pengembangan budidaya tanaman gaharu melalui teknik kultur jaringan semakin banyak dilakukan dengan memanfaatkan berbagai jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh (ZPT) dalam media kultur. Penggunaan ZPT dari golongan auksin, seperti NAA (Naphthalene Acetic Acid), serta sitokinin seperti BAP (Benzyl Amino Purine) pada komposisi media yang sesuai dan disesuaikan dengan jenis tanaman yang diperbanyak, diketahui mampu merangsang pembentukan serta meningkatkan multiplikasi tanaman pada kultur jaringan (Wahyuni *et al.*, 2020).

Bahan dan Metode

Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari–April 2008 di Laboratorium Kultur Jaringan, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan dalam kondisi laboratorium terkendali untuk mendukung pertumbuhan eksplan secara *in vitro*.

Desain Penelitian

Desain penelitian yang dipakai yaitu penelitian deskriptif dimana penelitian deskriptif termasuk ke dalam jenis penelitian kuantitatif. Penelitian deskriptif adalah metode penelitian yang menjelaskan suatu fenomena, peristiwa atau kondisi sebagaimana adanya, tanpa mengubah kondisi penelitian (Kittur, 2023).

Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian adalah seluruh eksplan gaharu yang layak tumbuh secara *in vitro*, sedangkan sampel penelitian berupa eksplan tunas yang diambil secara purposif dari tanaman induk sehat dan seragam. Teknik pengambilan eksplan mengacu pada prinsip kultur jaringan tanaman berkayu tropis. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksplan gaharu (*Aquilaria sp.*), media dasar Murashige and Skoog (MS), sukrosa, agar sebagai bahan

pemadat media, serta zat pengatur tumbuh Benzyl Amino Purine (BAP). Bahan pendukung lainnya meliputi air destilata dan bahan sterilisasi. Alat utama yang digunakan meliputi laminar air flow cabinet, autoklaf, botol kultur, timbangan analitik, pH meter, dan peralatan kultur jaringan standar lainnya.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) nonfaktorial, yang dipilih karena seluruh satuan percobaan berada pada kondisi lingkungan yang relatif homogen. Perlakuan yang diuji adalah konsentrasi BAP, terdiri atas tujuh taraf, yaitu 0; 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9; dan 1,1 mg/L. Setiap perlakuan diulang sebanyak tujuh kali sehingga diperoleh 49 satuan percobaan. Satu satuan percobaan terdiri atas satu botol kultur dengan satu eksplan.

Pelaksanaan Penelitian

Setiap larutan stok di pipet sesuai dengan konsentrasi dan dimasukkan ke dalam gelas piala berisi 1000 ml. Ph diukur berkisar antara 5,6-5,8, dan gula 30 gr/l dan agar-agar sebanyak 8 g/l lalu dimasak dengan Microwave atau menggunakan kapsul magnetik hingga bewarna bening. Botol kultur disiapkan untuk dituangkan media sebanyak 20 ml/ botol. Botol-botol tersebut ditutup dengan aluminium foil dan plastik, lalu diikat dengan karet gelang, selanjutnya disterilkan dengan autoklaf selama 20 menit dan disimpan selama 3 - 7 hari untuk melihat dan memastikan apakah media terkontaminasi atau tidak.

Eksplan gaharu disterilisasi dan ditanam pada media MS yang telah diperkaya dengan berbagai konsentrasi BAP sesuai perlakuan. Kultur kemudian diinkubasi pada ruang kultur dengan kondisi suhu dan pencahayaan standar. Pengamatan dilakukan hingga 8 minggu setelah tanam (MST) terhadap parameter pertumbuhan, meliputi jumlah tunas dan jumlah daun yang terbentuk pada setiap eksplan.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik menggunakan analisis ragam (ANOVA) sesuai dengan rancangan percobaan yang digunakan. Apabila terdapat pengaruh perlakuan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji perbandingan rata-rata. Seluruh analisis dilakukan pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Hasil dan Pembahasan

Jumlah Tunas

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak

berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas gaharu pada umur 4 MST. Rata-rata jumlah tunas eksplan gaharu akibat pengaruh konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Rata – rata jumlah tunas eksplan gaharu umur 4 MST pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas	0.65	0.58	1.10	0.37	0.62	0.55	0.58	-
(Buah)	1.30	1.26	1.55	1.11	1.28	1.24	.126	

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas

eksplan gaharu umur 6 MST. Rata – rata jumlah tunas eksplan gaharu pada berbagai konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Rata – rata jumlah tunas eksplan gaharu 6 MST pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas	0.652	0.498	1.104	0.377	0.624	0.478	0.580	-
(Buah)	(1.307)	(1.191)	(1.550)	(1.114)	(1.289)	(1.191)	(1.261)	

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas

eksplan gaharu umur 8 MST. Rata – rata jumlah tunas eksplan gaharu pada berbagai konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rata – rata jumlah tunas eksplan gaharu 8 MST pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas	0.652	0.498	1.104	0.377	0.624	0.478	0.580	-
(Buah)	(1.307)	(1.191)	(1.550)	(1.114)	(1.289)	(1.191)	(1.261)	

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Jumlah Daun

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun

eksplan gaharu umur 4 HST. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu akibat konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas	0.755	0.478	1.104	0.428	0.768	0.530	0.580	-
(Buah)	(1.368)	(1.191)	(1.555)	(1.154)	(1.376)	(1.228)	(1.261)	

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun

eksplan gaharu umur 6 MST. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu akibat konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas (Buah)	0.755 (1.368)	0.478 (1.191)	1.114 (1.555)	0.428 (1.154)	0.810 (1.4)	0.530 (1.228)	0.580 (1.261)	-

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Hasil uji F pada analisis ragam menyatakan bahwa konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun

eksplan gaharu pada umur 8 MST. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu akibat konsentrasi BAP dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Rata – rata jumlah daun eksplan gaharu pada berbagai konsentrasi BAP

Peubah	Konsentrasi BAP (mg/l)							BNJ 0.05
	B0	B1	B2	B3	B4	B5	B6	
Jumlah Tunas (Buah)	0.797 (1.392)	0.530 (1.228)	1.114 (1.555)	0.428 (1.154)	0.810 (1.394)	0.530 (1.228)	0.580 (1.261)	-

Ket : (...) adalah angka - angka transformasi $\sqrt{X + 0.5}$

Pembahasan

Jumlah Tunas

Tabel 1 menunjukkan bahwa jumlah tunas eksplan gaharu tidak berbeda nyata pada berbagai konsentrasi BAP. Namun jumlah tunas terbanyak diperoleh pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu :1,550 buah dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,5 (mg/l) B3 yaitu : 1,114 buah. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi BAP yang dicobakan tidak mampu untuk mempengaruhi jumlah tunas eksplan gaharu secara in vitro.

Tabel 2 menunjukkan bahwa jumlah tunas eksplan gaharu tidak berpengaruh nyata pada berbagai konsentrasi BAP. Namun jumlah tunas terbanyak diperoleh pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu : 1.1550 buah dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,5 (mg/l) B3. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi yang dicobakan tidak mampu untuk mempengaruhi jumlah tunas eksplan gaharu secara in vitro. Tabel 3 menunjukkan bahwa jumlah tunas eksplan gaharu tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi BAP. Namun jumlah tunas terbanyak diperoleh pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu : 1.550 buah dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,5(mg/l) B3.

Tidak signifikannya pengaruh BAP terhadap jumlah tunas dan daun diduga

berkaitan dengan karakter fisiologis eksplan gaharu yang bersifat berkayu dan memiliki laju respons hormon yang relatif lambat. Pada tanaman berkayu tropis, respons terhadap sitokinin sering kali dipengaruhi oleh keseimbangan hormon endogen, khususnya rasio sitokinin–auksin, serta tingkat juvenilitas jaringan. Apabila kandungan sitokinin endogen dalam eksplan telah mencukupi, penambahan BAP dari luar tidak selalu meningkatkan pembelahan sel atau pembentukan tunas baru secara nyata.

Hasil ini sejalan dengan laporan Wahyuni *et al.* (2020) dan Ibrahim *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa aplikasi BAP tunggal pada kultur in vitro gaharu atau tanaman berkayu lainnya sering menunjukkan respons yang terbatas, terutama pada parameter jumlah tunas. Beberapa penelitian lain melaporkan bahwa induksi tunas yang optimal pada gaharu justru diperoleh melalui kombinasi BAP dengan auksin dalam konsentrasi rendah, atau dengan penggunaan jenis sitokinin lain yang lebih responsif terhadap jaringan berkayu.

Jumlah Daun

Tabel 4 menunjukkan bahwa jumlah daun eksplan gaharu pada umur 4 MST tidak berbeda nyata pada berbagai konsentrasi BAP. Namun cenderung lebih banyak pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu :1,555 dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsenrtasi 0,5 (mg/l) B3. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi BAP yang

dicobakan tidak mampu untuk mempengaruhi jumlah daun eksplan gaharu secara *in vitro*.

Tabel 5 menunjukkan bahwa jumlah daun eksplan gaharu umur 6 MST tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi BAP. Namun cenderung lebih banyak pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu :1,555 helai dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsentrtasi 0,5 (mg/l) B3. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi BAP yang dicobakan tidak mampu untuk mempengaruhi jumlah daun eksplan gaharu secara *in vitro*.

Tabel 6 menunjukkan bahwa jumlah daun eksplan gaharu pada umur 8 MST tidak berbeda nyata terhadap konsentrasi BAP. Namun cenderung lebih banyak pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 (mg/l) B2 yaitu :1,555 helai dan cenderung lebih sedikit pada perlakuan BAP dengan konsentrtasi 0,5 (mg/l) B3. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi BAP yang dicobakan tidak mampu untuk mempengaruhi jumlah daun eksplan gaharu secara *in vitro*.

Tidak signifikannya pengaruh BAP terhadap jumlah tunas dan daun diduga berkaitan dengan karakter fisiologis eksplan gaharu yang bersifat berkayu dan memiliki laju respons hormon yang relatif lambat. Pada tanaman berkayu tropis, respons terhadap sitokinin sering kali dipengaruhi oleh keseimbangan hormon endogen, khususnya rasio sitokinin–auksin, serta tingkat juvenilitas jaringan. Apabila kandungan sitokinin endogen dalam eksplan telah mencukupi, penambahan BAP dari luar tidak selalu meningkatkan pembelahan sel atau pembentukan tunas baru secara nyata.

Tamyiz *et al.* (2022) melaporkan bahwa eksplan gaharu yang dikultur pada media MS ditambah dengan 10 μ M IBA menunjukkan rata-rata 7,25 daun per eksplan setelah 12 minggu kultur, sekalipun variasi hormon tidak selalu berbeda secara statistik antar perlakuan. Penelitian terkait perkembangan daun menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara pembentukan tunas dan pertumbuhan daun pada kultur *in vitro* gaharu, di mana jumlah daun cenderung meningkat seiring bertambahnya tunas yang terbentuk. Hubungan ini juga ditegaskan oleh korelasi signifikan antara jumlah tunas dan jumlah daun dalam

studi Tamyiz *et al.* (2022), menyiratkan bahwa daun terbentuk secara sekunder mengikuti perkembangan tunas.

Kesimpulan

Konsentrasi BAP tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah tunas, dan jumlah daun pada umur 4, 6 dan 8 MST. Konsentrasi terbaik untuk jumlah tunas, jumlah daun dan tinggi tunas adalah 0,3 mg/l (B2). Tidak terdapat interaksi yang nyata pada berbagai konsentrasi BAP terhadap jumlah tunas, dan jumlah daun pada umur 4, 6 dan 8 MST. Jumlah tunas, dan jumlah daun terbanyak dijumpai pada perlakuan BAP dengan konsentrasi 0,3 mg/l (B2).

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kami sampaikan kepada Direktorat dan civitas akademika Poliven serta para peneliti atas saran dan kritik yang diberikan demi keberhasilan dan kelancaran penyelesaian penelitian ini.

Referensi

- Arief, N. H. Z., Suwarsi Rahayu, E., Pa'ee, F., & Habibah, N. A. (2025). Effect of BAP and picloram on shoot induction of banana (*Musa spp.*) *in vitro*. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 17(1), 107–117. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v17i1.19605>
- Baig, A., Akram, A., & Lin, M.-K. (2025). Agarwood in the modern era: Integrating biotechnology and pharmacology for sustainable use. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(17), 8468. <https://doi.org/10.3390/ijms26178468>
- Erawati, D. N., Fisdiana, U., & Humaida, S. (2024). Peran Benzyl Amino Purine pada induksi tunas kultur tembakau White Burley. *Jurnal Ilmiah Inovasi*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.25047/jii.v21i1.2636>
- Hapsari, B. W. R., Rudiyanto, Martin, A. F., & Ermayanti, T. M. (2021). The effect of medium formulation and BAP concentration on growth and development of *Aquilaria malaccensis* Lam. shoot *in vitro*. *IOP Conference Series: Earth and*

- Environmental Science*, 762(1), 012033.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/762/1/012033>
- Ibrahim, N. N., Awal, A., Yusuf, N. A., Sidik, N. J., Salahbiah, A. M., & Satria, B. (2022). Somatic embryogenesis of *Aquilaria malaccensis* Lamk. In II International Symposium on Tropical and Subtropical Ornamentals (Acta Horticulturae, 1334, pp. 215–220). *International Society for Horticultural Science*.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2022.1334.26>
- Kittur, J. (2023). Conducting quantitative research study: A step-by-step process. *Journal of Engineering Education Transformations*, 36(4), 100–112.
<https://doi.org/10.16920/jeet/2023/v36i4/23120>
- Kurnianingsih, R., Ghazali, M., Rosidah, S., Muspiah, A., Astuti, S. P., & Nikmatullah, A. (2020). Pelatihan teknik dasar kultur jaringan tumbuhan. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 4(5), 888–896.
<https://doi.org/10.31764/jmm.v4i5.3049>
- Nuraini, A., Aprilia, E., Murgayanti, & Wulandari, A. P. (2022). Pengaruh konsentrasi Benzylaminopurine terhadap pertumbuhan eksplan tunas aksilar secara in vitro. *Jurnal Kultivasi*, 21(2), 166–172.
<https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.36540>
- Samanhudi, A. T., Sakya, A., Setyawati, A., & Muawanah, M. (2022). Agarwood (*Aquilaria malaccensis*) diversity conservation by in vitro culture with IAA and yeast extract. *Biodiversitas: Journal of Biological Diversity*, 23(5), 2457–2463.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d230525>
- Sampasivam, Y., Razman, K. K., Mohd Mazlan, N. S., Azizan, K. A., Ahlawat, Y. K., & Othman, R. (2024). Towards sustainable agarwood production: Integrating microbial interactions, anatomical changes, and metabolite biosynthesis. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*, 52.
<https://doi.org/10.1093/jimb/kuaf025>
- Shivanand, P., Arbie, N. F., Krishnamoorthy, S., & Ahmad, N. (2022). Agarwood—The fragrant molecules of a wounded tree. *Molecules*, 27(11), 3386.
<https://doi.org/10.3390/molecules27113386>
- Sidik, N. J., Agha, H. M., Alkamil, A. A., Alsayadi, M. M. S., & Mohammed, A. A. (2024). A mini review of plant tissue culture: The role of media optimization and growth regulators in modern agriculture, callus induction, and applications. *AUIQ Complementary Biological System*, 1(2), 96–109.
<https://doi.org/10.70176/3007-973X.1019>
- Tamyiz, M., Prayoga, L., Prasetyo, R., Murchie, E. H., & Sugiyono, S. (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>
- Wahyuni, A., Satria, B., dan Zainal, A. 2020. Induksi Kalus Gaharu dengan NAA dan BAP Secara In Vitro Callus Induction of Agarwood Using NAA and BAP In Vitro. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 22(1): 3944.
<https://jurnal.uns.ac.id/agrosains/article/view/36007DOI:http://dx.doi.org/10.20961/agsjpa.v22i1.36007>
- Zulkarnain, Z., Eliyanti, E., Ichwan, B., Neliyati, N., Jasminarni, J., & Pratamayatno, D. (2025). Enhancing shoot growth in banana tissue culture: The effect of benzylamino purine and photoperiod. *BioResearch Journal*, 32(1), 59–66. https://www.bioresearch.ro/2025-1/AUOFB.32.1.25-059-066-ZULKARNAIN.Z-Enhancing.shoot.growth.pdf?utm_source=chatgpt.com