

Pengaruh Media Dasar Terhadap Pertumbuhan Embrio dan Auksin Endogen Kelapa Kopyor *In Vitro*

**Muhammad Maftuchin Sholeh¹⁾, Fahmi Firdaus²⁾, Halida Adistya Putri<sup>3,*), Dini
Gustiningsih⁴⁾, dan Sylvia Madusari³⁾</sup>**

¹⁾ Staf Laboratorium Kultur Jaringan, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi

²⁾ Mahasiswa Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya
Edukasi

³⁾ Staf Pengajar Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya
Edukasi

⁴⁾ Staf Pengajar Budidaya Kelapa Sawit, Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi

*) Corresponding author: halida.adistya@cwe.ac.id

Abstrak

Kelapa kopyor merupakan salah satu varietas kelapa mutasi alami berekonomi tinggi. Namun, varietas kelapa ini tidak dapat diproduksi secara alami, sehingga hanya dapat mengandalkan kultur *in vitro*. Keberhasilannya bergantung pada media dasar yang digunakan. Penelitian ini bertujuan mengetahui jenis media dasar yang sesuai untuk kultur embrio kopyor serta mengetahui pengaruhnya terhadap kadar auksin endogen kelapa kopyor sebagai indikator kestabilan pertumbuhan tunas aksilar. Pada penelitian ini, digunakan media dasar Eeuwens (M1), de Fossard (M2), dan modifikasi (M3). Media M3 merupakan media kombinasi antara media Eeuwens (makro dan mikro) dengan de Fossard (Vitamin dan asam amino). Parameter yang diamati meliputi tingkat kontaminasi, jumlah embrio berkecambah, tinggi tunas pada 16 minggu setelah tanam (MST), dan kadar auksin endogen. Hasil menunjukkan tingkat kontaminasi 0% dengan rata-rata jumlah embrio berkecambah tertinggi pada media M3 dan M2 sebesar 6,00 embrio. Media M1 menghasilkan rata-rata embrio berkecambah sebesar 0,24 cm. Tinggi tunas juga menunjukkan hasil tertinggi pada media M3 setinggi 0,69 cm dan terendah pada media M2 setinggi 0,24 cm. Hal ini menunjukkan kombinasi formulasi unsur makro, mikro dan vitamin dari media M3 mendukung pembelahan sel. Selain itu, media M3 menunjukkan kadar auksin endogen tertinggi yakni sebesar 39,74% dan terendah pada media M1 sebesar 7,51%. Hal ini memperkuat bahwa M3 lebih efektif untuk menginduksi auksin sehingga dapat mendukung pertumbuhan tunas kelapa kopyor. Media Modifikasi (M3) dapat digunakan sebagai media alternatif yang efektif untuk kultur embrio kelapa kopyor *in vitro*.

Kata kunci: Auksin; kelapa kopyor; dan media dasar

Abstract

Kopyor coconut is a naturally occurring, high-value coconut variety. However, this variety cannot be produced naturally and can only be propagated through in vitro culture. Its success depends on the basal medium used. This study aims to determine the appropriate type of base medium for kopyor embryo culture and to examine its effect on the endogenous auxin content of kopyor coconuts as an indicator of the stability of axillary shoot growth. In this study, the Eeuwens (M1), de Fossard (M2), and modified (M3) base media were used. Media M3 is a combination of Eeuwens media (macro and micro) and de Fossard media (vitamins and amino acids). The parameters observed included contamination levels, the number of germinating embryos, shoot height at 16 weeks after planting (WAP), and endogenous auxin levels. The results showed a contamination level of 0%, with the highest average number of germinated embryos observed in media M3 and M2 at 6.00 embryos. Medium M1 produced an average of 0.24 cm of germinated embryos. Shoot height also showed the highest result in medium M3 at 0.69 cm and the lowest in medium M2 at 0.24 cm. This indicates that the combination of macro- and micronutrients and vitamins in medium M3 supports cell division. Additionally, medium M3 exhibited the highest endogenous auxin content at 39.74%, while medium M1 had the lowest at 7.51%. This reinforces the finding that M3 is more effective at inducing auxin production, thereby supporting. Modified Medium (M3) can be used as an effective alternative medium for in vitro culture of kopyor coconut embryos.

Keywords: *Auxin; kopyor coconut; and basal medium*

PENDAHULUAN

Kelapa kopyor (*Cocos nucifera* L. var. kopyor) merupakan salah satu plasma nutfah asli Indonesia berekonomi tinggi (Setia Budi *et al.*, 2024). Hal tersebut menjadikan kopyor sebagai salah satu komoditas unggulan di Indonesia. Namun, ketersediaannya masih terbatas di pasaran. Hal tersebut dikarenakan produksi bibit secara alami hanya mengandalkan persilangan kelapa heterozigot dengan tingkat keberhasilan kurang dari 25% (Maskromo *et al.*, 2014). Selain itu, perkecambahan benih secara konvensional tidak dapat dilakukan karena kelapa kopyor tidak dapat berkecambah secara normal seperti kelapa normal pada umumnya. Penyebabnya adalah cadangan makanan kelapa kopyor (daging buah) dalam kondisi remah, sehingga tidak dapat menyuplai nutrisi untuk proses perkecambahan benih dengan cukup (Putri *et al.*, 2025). Satu-satunya metode perkecambahan untuk perbanyak kelapa kopyor adalah penyelamatan embrio menggunakan metode kultur jaringan, yaitu kultur embrio secara *in vitro* (Sukendah *et al.*, 2006)

Keberhasilan kultur embrio kelapa kopyor sangat bergantung pada media kultur yang digunakan. Media berfungsi menyediakan unsur hara makro, mikro, vitamin, asam amino, serta zat pengatur tumbuh yang mendukung perkembangan embrio menjadi planlet sehat (Sukendah *et al.*, 2006). Menurut Okafar *et al.*, (2016), penggunaan media dasar yang berbeda dalam mikropropagasi dapat memberikan respon pertumbuhan tanaman yang berbeda. Secara umum, media dasar yang digunakan dalam mikropropagasi kelapa kopyor adalah media Eeuwens (Y3). Namun, kultur embrio kelapa kopyor hanya menghasilkan 50% embrio yang berkecambah tanpa penambahan zat pengatur tumbuh. Pengembangan komposisi media dasar terus dilakukan untuk meningkatkan efektivitas regenerasi embrio kelapa kopyor. Putri *et al.*, (2025) menyatakan media modifikasi (M3) menunjukkan embrio kelapa kopyor mengalami perkecambahan lebih tinggi dibandingkan dengan media De Fossard dan Y3 yakni sebesar 30%.

Proses perkecambahan tanaman dipengaruhi oleh zat pengatur tumbuh seperti auksin dan sitokinin. Menurut Puspitorini (2016), pemberian hormon auksin dapat mempercepat pertumbuhan tunas pada tanaman nanas (*Ananas comosus*). Selain itu, auksin sintetik seperti 2,4-D juga mampu menginduksi tunas kelapa 41,66% secara *in vitro* (Chandrakala *et al.*, 2019). Sukendah *et al.*, (2016) menyatakan pemberian sitokinin berupa BAP 2,5 ppm mampu menghasilkan presentase eksplan membentuk tunas dibandingkan

dengan konsentrasi lainnya. Pada penelitian sebelumnya oleh Putri *et al.*, (2025) pemberian hormon sitokinin berupa 6-benzylaminopurine (BAP) 2,5 mg/L mampu meningkatkan perkecambahan embrio kopyor pada ketiga media dasar yaitu media Eeuwens (M1), De Fossard (M2), dan media modifikasi (M3) yang menggabungkan makro mikro media M1 dengan vitamin serta asam amino dari media M2. Namun, pada penelitian sebelumnya tidak dilakukan pengukuran kadar auksin endogen untuk mengetahui pengaruh media dasar terhadap kadar auksin endogen pada tunas kopyor. Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Putri *et al.*, (2025) untuk mengetahui lebih lanjut pengaruh media dasar terhadap jumlah kecambah, tinggi tunas, dan kadar auksin endogen pada kultur embrio secara *in vitro*.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Politeknik Kelapa Sawit Citra Widya Edukasi dari bulan November-April 2025. Alat yang digunakan meliputi autoklaf BioBase, *Laminar Air Flow* (LAF) Esha Flora, spektrofotometer Merck, shaker orbital KJ-201BD, neraca analitik Matrix ESJ210-4B. Bahan yang digunakan antara lain, media De Fossard, media Eeuwens, media modifikasi, embrio kelapa kopyor, agar, arang aktif PhytoTech Lab C325, *Indole Acetic Acid* (IAA), *Benzyl Amino Purine* (BAP) Himedia PCT0802-5G, etil asetat, reagen Salkowski, dan kloroks.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) non faktorial, yaitu yaitu jenis media Eeuwens (M1), media De Fossard (M2) dan media Modifikasi (M3) yang terdiri atas Makro dan mikro dari Eeuwens, Vitamin dan asam amino dari De Fossard. Dengan di tambahkan zat pengatur tumbuh BAP (*Benzyl Amino Purine*) sebanyak 2,5 mg/L di setiap perlakuannya (Sukendah *et al.*, 2016). Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Statistical Tool for Agricultural Research* (STAR) pada taraf 5%.

Sterilisasi dan Penanaman Eksplan

Embrio kelapa kopyor diambil dari kelapa kopyor berumur 11 bulan (Sukendah *et al.*, 2006). Sterilisasi menggunakan larutan kloroks 30% selama 15 menit kemudian dibilas dengan akuades steril. Selanjutnya, embrio disterilisasi dengan kloroks 5% selama 5 menit dan dibilas dengan akuades steril. Selanjutnya, embrio dikeringkan di atas tissue steril. Metode penanaman dengan satu tabung satu eksplan pada media kultur di antaranya Eeuwens (M1), De Fossard (M2) dan Modifikasi (M3) dengan penambagan BAP 2,5 mg/L.

Komposisi ketiga media tersebut berdasarkan pada penelitian sebelumnya oleh Putri *et al.*, (2025). Masing-masing media terdapat 3 ulangan dengan 10 unit tanaman, sehingga terdapat 30 tanaman dalam setiap media dasar. Penanaman dengan arah horizontal menghadap ke bawah pada embrio kelapa kopyor dengan harapan nutrisi pada media kultur dapat maksimal. Pengamatan dilakukan setiap minggu selama 16 minggu dengan parameter pengamatan jumlah embrio berkecambah, tinggi tunas, dan kadar auksin.

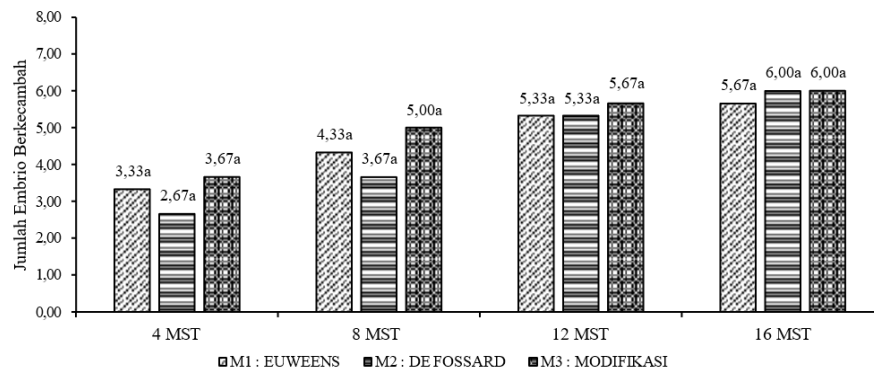
Pengukuran Kadar Auksin Endogen

Kadar auksin diuji berdasarkan Sari *et al.*, (2022) dengan metode spektrofotometri menggunakan reagen Salkowski. Standar yang digunakan adalah IAA dengan rentang konsentrasi 0-50%. Kecambah kelapa kopyor terbaik diambil dari masing-masing media kultur. Kecambah digerus dan ditambahkan metanol dengan perbandingan 1:6. Ekstrak dimaserasi selama 4x24 jam pada suhu ruang. Kemudian, ekstrak diambil sebanyak 5 mL dan ditambah akuades 5 M. Larutan ditambah KOH 1 M hingga mencapai pH 8. Tahap selanjutnya dilakukan ekstraksi cair-cair menggunakan etil asetat sebanyak 16 mL. kemudian larutan diasamkan hingga pH mencapai 2,5. Larutan ekstrak diambil sebanyak 1 mL dan ditambahkan dengan 2 mL reagen Salkowski, kemudian diinkubasi pada selama 30 menit pada suhu ruang. Serapan larutan diukur pada panjang gelombang 530 nm menggunakan spektrofotometer-vis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

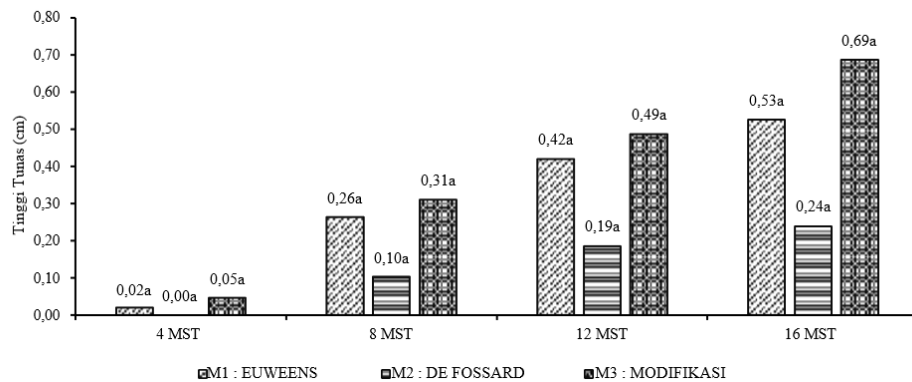
Jumlah Perkecambahan dan Tinggi Tunas

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan jumlah perkecambahan dari 4 hingga 16 MST pada ketiga media (Gambar 1). Namun, pada 4 dan 8 MST, media M2 menunjukkan jumlah perkecambahan yang rendah dibandingkan dengan media M1 dan M3. Di sisi lain, pada 16 MST media M2 dan M3 menunjukkan jumlah perkecambahan yang sama dan lebih tinggi dibandingkan dengan media M1. Media M3 yang menggabungkan unsur makro-mikro dari media Eeuwens dan vitami serta asam amino dari media De Fossard, terbukti secara konsisten menghasilkan perkecambahan embrio cenderung lebih tinggi dari kedua media (M1 dan M2) pada 4 hingga 16 MST.

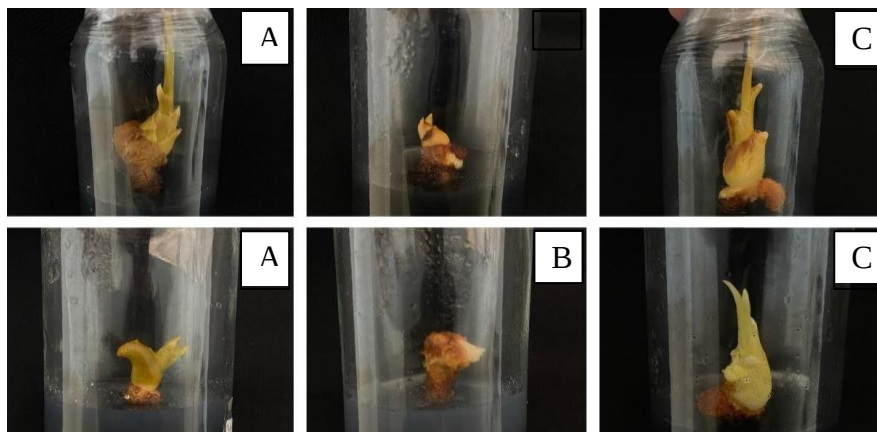


Gambar 1. Jumlah Perkecambahan Embrio Kelapa Kopyor

Pertumbuhan tunas embrio kelapa kopyor menunjukkan perbedaan antar perlakuan sejak 4 MST hingga 16 MST (Gambar 2). Pada MST 4, hanya media M1 dan M3 yang menunjukkan tanda awal pertumbuhan, sedangkan media M2 belum menunjukkan adanya elongasi tunas. Pada MST 8, media M1 menunjukkan lompatan pertumbuhan cenderung lebih tinggi tunas mencapai 0,26 cm, dibanding M2 dengan tinggi 0,10 cm dan M3 dengan tinggi 0,31 cm. Hal ini mencerminkan bahwa kombinasi unsur makro dan mikro Eeuwens dalam media M1 mendukung pertumbuhan tinggi tunas. Pengamatan pada MST 12 menegaskan keunggulan media M3 yang terus menjaga laju pertumbuhan pada tinggi 0,49 cm sedangkan Media M1 pada tinggi 0,49 cm dan Media M2 pada tinggi 0,19 cm. Media M3 menunjukkan performa terbaik dalam mendukung elongasi tunas hingga MST ke 16, media M3 menghasilkan tunas dengan tinggi rata-rata 0,69 cm, disusul media M1 0,53 cm, sedangkan media M2 hanya 0,24 cm. Gambar 3 menunjukkan perkembangan embrio kelapa kopyor pada 16 MST dengan tiga jenis media berbeda. Embrio yang dikultur pada media M3 tampak lebih berkembang dibandingkan dengan media M1 dan M2, dengan ciri - ciri pertumbuhan tunas yang cenderung lebih panjang dan akar yang lebih berkembang. Hal ini menguatkan hasil pengamatan bahwa media M3 lebih optimal dalam mendukung proses tinggi tunas, embrio pada media De Fossard menunjukkan tingkat pertumbuhan yang lebih rendah dari kedua media Modifikasi dan Eeuwens



Gambar 2. Rerata Tinggi Tunas Embrio Kelapa Kopyor



Gambar 3. Tunas Kelapa Kopyor pada 16 MST, a) Media M1, b) Media M2, c) Media M3

Tingkat perkecambahan merupakan indikator utama dalam menilai keberhasilan teknik kultur embrio. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkecambahan meliputi komposisi media, kandungan zat pengatur tumbuh, serta kondisi lingkungan selama proses kultur. Selain tingkat perkecambahan, tinggi tunas juga menjadi salah satu parameter penting dalam mengevaluasi efektivitas media kultur. Hal tersebut dikarenakan tinggi tunas mencerminkan keberhasilan awal proses morfogenesis dari embrio menjadi planlet. Media M3 memiliki keseimbangan unsur makro, mikro dan vitamin lebih tinggi dan lengkap dibandingkan dengan media M1 dan M2. Kadar KCl yang tinggi pada media Eeuwens (1492 mg/L) berperan penting dalam meningkatkan konsentrasi ion Cl^- yang mendukung proses pembentukan akar melalui regulasi tekanan osmotik dan aktivitas fisiologis sel. Kandungan kalium dalam bentuk KCl juga mempercepat aktivasi enzim serta sintesis protein yang diperlukan dalam fase inisiasi pertumbuhan akar. Hal ini sejalan dengan

temuan Eeuwens (1976) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi KCl dari 10 mM menjadi 40 mM secara signifikan meningkatkan pertumbuhan eksplan kelapa.

Media De Fossard memiliki formulasi yang lebih menekankan pada keseimbangan vitamin B kompleks dan asam amino seperti thiamin, piridoksin, niasin, kalsium pantotenat, biotin, glisin, dan L-cystein. Vitamin-vitamin ini berfungsi sebagai koenzim dalam respirasi sel, transaminasi, dan metabolisme energi, sehingga sangat penting untuk proses morfogenesis dan diferensiasi embrio kelapa kopyor. Secara khusus kandungan riboflavin dalam media De Fossard berperan sebagai kofaktor redoks yang penting dalam metabolisme sel. Jika terpapar cahaya, riboflavin dapat menginduksi foto-oksidasi terhadap IAA (auksin), yang berpotensi menurunkan efektivitas auksin endogen, sehingga menghambat pembentukan akar (Pasternak & Steinmacher, 2024; Schnellbaecher *et al.*, 2019). Selain itu, senyawa organik seperti L-glutamin dan thiamin dalam media De Fossard berkontribusi terhadap peningkatan kadar IAA melalui jalur biosintesis enzimatis dalam studi kultur *in vitro* (Marković *et al.*, 2023). Hal ini didukung oleh studi yang menunjukkan bahwa konsentrasi riboflavin yang tinggi dalam media *in vitro* justru menurunkan efektivitas perakaran dan dapat menyebabkan klorosis pada pucuk tunas (George *et al.*, 2008)

Komposisi nutrisi dan keseimbangan hormon dalam media kultur sangat berpengaruh terhadap tingkat perkecambahan embrio kelapa kopyor. Media M3 yang telah di Modifikasi mampu memberikan nutrisi lebih baik dibandingkan media standar, walaupun hasil masih belum berbedaa nyata dengan media dasar lainnya. Media Modifikasi dapat ditingkatkan efektivitasnya dalam perkecambahan embrio dengan penambahan berbagai ZPT. Menurut Rahmawati *et al.*, (2020) kandungan ZPT dalam media kultur berperan penting dalam mendukung proses perkecambahan embrio kelapa kopyor.

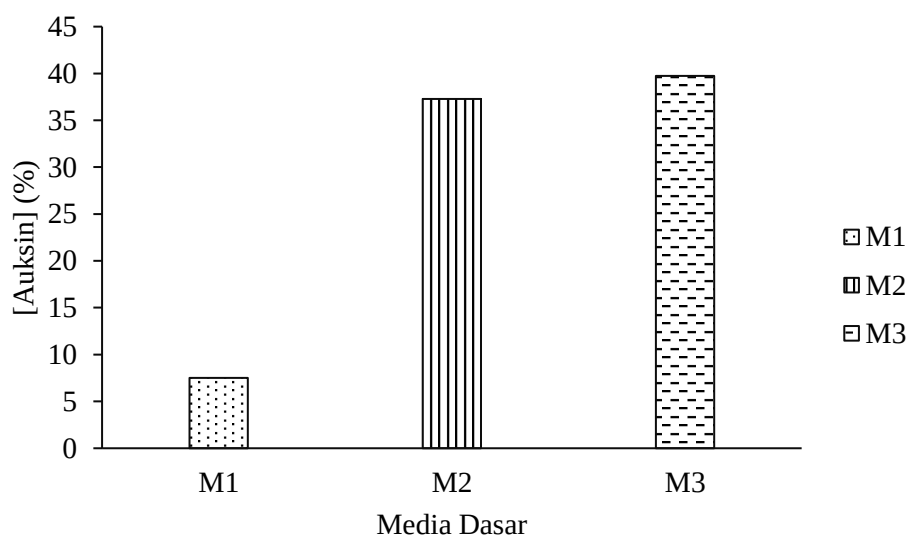
Keunggulan media M3 dalam mendukung pertumbuhan tinggi tunas tidak hanya dapat dikaitkan dengan kelengkapan unsur hara, tetapi juga dengan keseimbangan proporsi antara unsur makro dan mikro yang lebih sesuai untuk kebutuhan awal pertumbuhan embrio kelapa kopyor. Menurut George *et al.*, (2008), media kultur yang ideal harus menyediakan nitrogen dalam bentuk kombinasi NH_4^+ dan NO_3^- dalam rasio tertentu untuk mendukung metabolisme protein dan keseimbangan pH internal sel. Media M3 yang menggabungkan unsur makro dan mikro dari Eeuwens, serta vitamin dan asam amino dari De Fossard menyediakan rasio ini dengan lebih stabil dibanding media M1 atau M2.

Penelitian oleh Silta (2013) menunjukkan bahwa kombinasi media dengan kandungan mikronutrien yang seimbang dapat mempercepat diferensiasi dan pembelahan

sel awal, sehingga mendukung pertumbuhan tunas yang lebih cepat dan seragam. Dalam penelitian tersebut, embrio kelapa kopyor yang ditanam pada media dengan komposisi unsur Fe, Mn, dan Zn yang optimal menunjukkan peningkatan signifikan dalam pembentukan tunas primer. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana media M3 cenderung menghasilkan tinggi tunas lebih baik secara konsisten dari minggu ke minggu. Meskipun seluruh perlakuan menggunakan ZPT yang sama, keunggulan media M3 lebih berkaitan dengan dukungan nutrisi dasar media dibandingkan efek ZPT itu sendiri.

Kadar Auksin Endogen

Zat pengatur tumbuh (ZPT) berperan penting dalam sistem kultur jaringan, terutama untuk mendukung pembelahan sel, elongasi, hingga pembentukan organ tanaman. Dalam penelitian ini uji auksin dilakukan pada akhir penelitian dengan semua media perlakuan M1 (Eeuwens), M2 (De Fossard), dan M3 (Modifikasi) mengandung sitokinin berupa BAP (*Benzyl Amino Purine*) sebesar 2,5 mg/L. Efektivitas BAP sangat bergantung pada keseimbangan fisiologis dengan auksin endogen, khususnya IAA (*Indole Acetic Acid*), yang mengatur elongasi dan pembentukan embrio (Schaller *et al.*, 2015). Analisis kadar auksin endogen dilakukan untuk mengetahui potensi hormonal masing-masing media.



Gambar 4. Kadar Auksin Endogen

Berdasarkan hasil penelitian (Gambar 4), media M3 menunjukkan kadar IAA cenderung lebih tinggi dengan 39,74 ppm, disusul oleh M2 dengan 37,28 ppm, sedangkan

M1 menunjukkan kadar paling rendah dengan kadar 7,51 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa komposisi media berpengaruh besar terhadap biosintesis auksin endogen. Rasio auksin dan sitokinin yang seimbang dalam media M3 diduga menjadi kunci keberhasilan diferensiasi embrio. Rasio ini berperan penting dalam pembentukan tunas dan organogenesis secara umum. Schaller *et al.*, (2015) menjelaskan bahwa interaksi kerja sama antara auksin dan sitokinin memiliki efek spesifik dalam pengaturan arah perkembangan jaringan tanaman. Auksin tinggi mendukung pembentukan akar, sedangkan sitokinin tinggi merangsang tunas. Keseimbangan keduanya mendorong pembentukan kalus atau embrio somatik.

Kandungan IAA yang tinggi pada media M3 juga dapat dijelaskan oleh adanya kerja sama dari unsur makro pada media Eeuwens dan senyawa organik aktif pada media De Fossard, seperti L-glutamin dan thiamin. Menurut Pasternak & Steinmacher (2024); Marković *et al.*, (2023) beberapa senyawa organik seperti L-glutamin dan thiamin diketahui berperan dalam proses biosintesis hormon tanaman, termasuk auksin (IAA). Glutamin berfungsi sebagai donor nitrogen penting yang mendukung aktivitas enzimatik dan sintesis hormon endogen, sedangkan thiamin bertindak sebagai kofaktor dalam jalur biosintesis IAA. Media M1 yang berbasis Eeuwens menunjukkan kadar IAA terendah, yang mungkin disebabkan oleh kurangnya kandungan organik. Walaupun BAP ditambahkan, tanpa keberadaan zat awal IAA, produksi hormon endogen tidak optimal. Hal ini sesuai dengan penelitian Cortleven *et al.*, (2019), yang menyatakan bahwa respons sitokinin dipengaruhi oleh keberadaan auksin, dan ketidakseimbangan dapat menghambat morfogenesis. Penelitian lain oleh Mastuti *et al.*, (2017) pada *Physalis angulata* menunjukkan bahwa kombinasi IAA dan BAP secara sinergis meningkatkan pembentukan kalus dan tunas secara signifikan. Kadar IAA pada media M2 terdeteksi lebih rendah, diduga akibat aktivitas riboflavin dalam media De Fossard yang menginduksi degradasi auksin melalui mekanisme fotosensitisasi ketika terkena cahaya (Schnellbaeher *et al.*, 2019).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan jumlah perkecambahan, tinggi tunas dan kadar auksin endogen media M3 merupakan media dasar yang efektif dalam kultur embrio kelapa kopyor. Meskipun ketiga media dasar menunjukkan tidak berbeda nyata pada ketiga parameter yaitu, jumlah perkecambahan, tinggi tunas, dan kadar auksin. Saran penelitian ini agar penggunaan media M3 diuji lebih lanjut terhadap varietas kelapa kopyor lainnya untuk memastikan konsistensi hasil dan kemungkinan adaptasi media yang lebih luas. Selain itu, perlu adanya evaluasi

perbandingan kadar auksin dan sitokinin eksogen pada media dasar serta perlu pengukuran kadar sitokinin endogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada **Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Politeknik Kelapa Sawit Citra Edukasi** atas dukungan pendanaan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini melalui **Dana Hibah Penelitian 2024**. Dukungan tersebut sangat berperan dalam mendukung pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian dan publikasi hasil penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Chandrakala, D., Renuka, R., & Sushmitha, D. (2019). Influence of 2, 4D and TDZ on direct organogenesis in coconut var. East Coast Tall. *International Journal If Chemical Studies*, 7(3), 4111–4115.
- Cortleven, A., Leuendorf, J. E., Frank, M., Pezzetta, D., Bolt, S., & Schmölling, T. (2019). Cytokinin action in response to abiotic and biotic stresses in plants. *Plant, Cell & Environment*, 42(3), 998–1018. <https://doi.org/10.1111/pce.13494>
- Eeuwens, C. J. (1976). Mineral Requirements for Growth and Callus Initiation of Tissue Explants Excised from Mature Coconut Palms (*Cocos nucifera*) and Cultured *in vitro*. *Physiologia Plantarum*, 36(1), 23–28. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1976.tb05022.x>
- George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G.-J. De. (2008). The Components of Plant Tissue Culture Media II: Organic Additions, Osmotic and pH Effects, and Support Systems. In *Plant Propagation by Tissue Culture* (pp. 115–173). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3_4
- Marković, M., Trifunović-Momčilov, M., Radulović, O., Paunović, D. M., Antić Reljin, D. D., Uzelac, B., & Subotić, A. (2023). The Effects of Different Auxin–Cytokinin Combinations on Morphogenesis of *Fritillaria meleagris* Using Bulb Scale Sections In Vitro. *Horticulturae*, 9(8), 910. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9080910>
- Maskromo, I., Novariant, H., Sukendah, Sukma, D., & Sudarsono. (2014). Keragaman Komponen Buah dan Kuantitas Endosperma Kelapa Dalam Kopyor Kalianda dan Kelapa Genjah Kopyor Pati. *B. Palma*, 15(2), 102–109.

- Mastuti, R., Munawarti, A., & Firdiana, E. R. (2017). *The combination effect of auxin and cytokinin on in vitro callus formation of Physalis angulata L. – A medicinal plant*. 040007. <https://doi.org/10.1063/1.5012721>
- Okafar, N., Okwu, D., & Nwankwo, B. (2016). Effect of different culture media on the in vitro regeneration of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) zygotic embryos. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 8(1), 1–7.
- Pasternak, T. P., & Steinmacher, D. (2024). Plant Growth Regulation in Cell and Tissue Culture In Vitro. *Plants*, 13(2), 327. <https://doi.org/10.3390/plants13020327>
- Puspitorini, P. (2016). The Sources of Auxin Hormone To Growth of Shoot Pineapple Stem Cutting (*Ananas comosus* L. Merr.). *JARES (Journal of Academic Research and Sciences)*, 1(1), 45–52.
- Putri, H. A., Gustiningsih, D., Sholeh, M. M., & Firdaus, F. (2025). Pengaruh Komposisi Media Dasar pada Kultur Embr. *Jurnal Biotek*, 13(1), 97–111.
- Rahmawati, N., Supriyadi, H., & Sari, R. (2020). Pengaruh Sitokinin dan Auksin terhadap Pertumbuhan Tunas dalam Kultur In vitro. *Jurnal Bioteknologi Tanaman*, 12(1), 45–55.
- Sari, R. P., Maksum, I. P., Hindersah, reginawati, Ishmayana, S., & Soedjanaatmadja, U. M. S. (2022). Isolation, purification, and characterization of auxin from red algae (*Eucheuma spinosum*) and its application in cayenne pepper (*Capsicum frutescens* L.) plants. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 28(6), 1088–1098. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012050>
- Schaller, G. E., Bishopp, A., & Kieber, J. J. (2015). The Yin-Yang of Hormones: Cytokinin and Auxin Interactions in Plant Development. *The Plant Cell*, 27(1), 44–63. <https://doi.org/10.1105/tpc.114.133595>
- Schnellbaeher, A., Binder, D., Bellmaine, S., & Zimmer, A. (2019). Vitamins in cell culture media: Stability and stabilization strategies. *Biotechnology and Bioengineering*, 116(6), 1537–1555. <https://doi.org/10.1002/bit.26942>
- Setia Budi, F., Nesiananda, A., & Sitanggang, A. B. (2024). Freeze drying technology and its impact on the characteristics of kopyor coconut flesh. *E-Journal Menara Perkebunan*, 92(1). <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v92i1.555>
- Silta, R. (2013). *Pertumbuhan Embrio Kelapa Kopyor (Cocos nucifera L.) pada Berbagai Modifikasi Media Kultur In vitro*. Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur.

- Sukendah, Djajanegara, I. N., & Makhziah. (2006). Protokol Kultur Embrio Sigotik Kelapa Kopyor. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 8(1), 15–20.
- Sukendah, Makhziah, & Witjaksono. (2016). Zygotic Embryo Excision and Somatic Embryogenesis Propagation of Kopyor Coconut. *Philippine Journal of Crop Science*, 41(1), 1–7.