

Interaksi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar dan Tunas pada Sub-Kultur Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume)

*Interaction of NAA and Kinetin on Root and Shoot Growth in Callus Sub-Cultures of Porang Plants (*Amorphophallus muelleri* Blume)*

Widiana Rossa Nawang Wulan^{a*}

^a Pascasarjana Agronomi, Universitas Jember, Indonesia

INFORMASI

Keyword:

NAA

Kinetin

In-vitro

Porang

Corresponding Author:

Widiana Rossa Nawang Wulan

Universitas Jember

*email: rossanawang15@gmail.com

ABSTRAK

Penurunan kualitas porang di Indonesia memerlukan perhatian khusus, mengingat potensi dari tanaman porang perlu dilakukan terobosan (inovasi). Peningkatan kualitas porang agar diterima di mancanegara yaitu dengan diperbanyak secara vegetatif untuk meningkatkan kualitas dan keseragaman tanaman porang melalui kultur *in-vitro*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kombinasi *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) dan Kinetin terhadap subkultur kalus tanaman porang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga November 2023 di Laboratorium Kultur Jaringan Politeknik Negeri Jember, menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) 2 faktor yaitu penambahan berbagai konsentrasi NAA dan Kinetin. Terdiri dari NAA 3 level dan Kinetin 3 level yang menghasilkan 9 kombinasi perlakuan dengan 3 kali ulangan. Hasil yang diperoleh Interaksi NAA dan kinetin berpengaruh sangat nyata terhadap pertumbuhan akar porang dengan kombinasi terbaik yaitu N3K3 dan N2K2 serta berpengaruh sangat nyata terhadap eksplan kalus yang berdiferensiasi menjadi tunas dengan persentase tertinggi 88,35% menghasilkan tunas tanaman porang yaitu N1K1, N1K3, N2K2, N2K3, N3K3.

ABSTRACT

The decline in porang quality in Indonesia requires special attention, considering the high potential of this plant and the need for innovative approaches. One effort to improve porang quality and achieve international acceptance is vegetative propagation through *in vitro* culture, which can enhance plant quality and uniformity. This study aimed to determine the effects of different combinations of *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) and kinetin on the subculture of porang callus. The study was conducted from August to November 2023 at the Tissue Culture Laboratory of Jember State Polytechnic using a two-factor Completely Randomized Design (CRD). The treatments consisted of three levels of NAA and three levels of kinetin, resulting in nine treatment combinations with three replications. The results showed that the interaction between NAA and kinetin had a highly significant effect on porang root growth, with the best responses observed in the N3K3 and N2K2 treatment combinations. In addition, the interaction had a highly significant effect on the differentiation of callus explants into shoots, with the highest shoot formation percentage (88.35%) obtained from the N1K1, N1K3, N2K2, N2K3, and N3K3 treatments.

PENDAHULUAN

Tanaman porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) merupakan komoditas umbi bernilai ekonomi tinggi yang berpotensi besar untuk pasar ekspor. Namun, dalam beberapa tahun terakhir kualitas porang Indonesia mengalami penurunan sehingga berdampak pada menurunnya daya saing di pasar internasional. Penurunan kualitas tersebut salah satunya disebabkan oleh rendahnya mutu dan keseragaman bahan tanam yang digunakan dalam proses budidaya, yang berakibat pada ketidakkonsistenan kualitas produk porang yang dihasilkan (Harianto, 2022).

Salah satu faktor utama penyebab rendahnya kualitas porang adalah penggunaan yang tidak terseleksi dengan baik, sehingga terjadi keberagaman genetik dan fenotipik yang tinggi. Keberagaman ini dapat menurunkan kualitas umbi, baik dari segi ukuran, kandungan glukomanan, maupun keseragaman hasil panen. Oleh karena itu, upaya peningkatan kualitas dan keseragaman bibit porang menjadi aspek penting dalam pengembangan komoditas ini.

Tanaman porang dapat diperbanyak secara generatif maupun vegetatif, namun metode konvensional memiliki keterbatasan dalam menghasilkan bibit dalam jumlah besar, waktu singkat dan kualitas yang seragam. Salah satu alternatif yang berpotensi mengatasi permasalahan tersebut adalah teknik kultur in-vitro. Teknik ini memungkinkan perbanyakan tanaman secara cepat, seragam, serta bebas dari patogen melalui pemanfaatan sel-sel meristem dan pemilihan plasma nutfah unggul (Admojo dkk, 2014).

Keberhasilan kultur in-vitro sangat dipengaruhi oleh komposisi media, khususnya penambahan zat pengatur tumbuh (ZPT). Penambahan ZPT bertujuan untuk meningkatkan keseimbangan hormon endogen dalam sel sehingga dapat mengarahkan proses diferensiasi dan regenerasi tanaman (Suci & Mariani, 2013). Auksin seperti NAA berperan penting dalam induksi akar, sedangkan sitokinin seperti kinetin berperan dalam pembentukan dan regenerasi tunas (Kartika, 2017). Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kombinasi auksin dan sitokinin mampu mendukung pertumbuhan kalus dan regenerasi tanaman porang, namun hasil yang diperoleh masih bervariasi. Afivatul (2023) menyebutkan bahwa kombinasi NAA dan BAP pada konsentrasi tertentu belum memberikan pengaruh nyata terhadap diameter kalus dan jumlah akar, yang mengindikasikan bahwa konsentrasi dan jenis ZPT yang digunakan belum optimal. Serta merekomendasikan perlunya penggunaan variasi konsentrasi NAA yang lebih luas untuk memperoleh konsentrasi yang optimal. Namun demikian, penelitian tersebut belum mengeksplorasi secara mendalam variasi konsentrasi NAA secara bertahap maupun mengombinasikannya dengan jenis sitokinin lain yang berpotensi memberikan respon fisiologis berbeda. Di sisi lain, Sabelina (2020) menyatakan bahwa NAA pada konsentrasi 1 mg/L merupakan konsentrasi terbaik untuk induksi pertumbuhan akar, kajian tersebut tidak dikaitkan dengan proses regenerasi tunas maupun pembentukan planlet secara utuh dalam sistem subkultur kalus porang. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya lebih menekankan pada parameter pertumbuhan tertentu secara terpisah, seperti pembentukan kalus atau akar saja, tanpa mengintegrasikan keberhasilan diferensiasi akar dan tunas sebagai indikator utama produksi bibit porang unggul dan seragam. Perbedaan hasil antar-penelitian tersebut menunjukkan adanya kesenjangan informasi mengenai formulasi ZPT yang paling efektif, khususnya dalam mengoptimalkan diferensiasi akar dan tunas porang melalui subkultur kalus.

Berdasarkan perbedaan temuan tersebut, diperlukan kajian lebih lanjut mengenai kombinasi ZPT yang tepat, khususnya penggunaan NAA dan kinetin, untuk mendukung regenerasi tanaman porang secara in-vitro. Hingga saat ini, informasi mengenai efektivitas kombinasi kedua ZPT tersebut dalam subkultur kalus porang masih terbatas, sehingga penelitian ini khusus dalam mengoptimalkan diferensiasi akar dan tunas hingga terbentuk planlet yang seragam dan berkualitas.

METODE

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor, yaitu konsentrasi Naphthalene Acetic Acid (NAA) dan kinetin. Faktor NAA terdiri atas tiga taraf, yaitu N1 (0,5 mg L⁻¹), N2 (1,0 mg L⁻¹), dan N3 (1,5 mg L⁻¹). Faktor kinetin juga terdiri atas tiga taraf, yaitu K1 (1,5 mg L⁻¹), K2 (2,0 mg L⁻¹), dan K3 (2,5 mg L⁻¹). Kombinasi kedua faktor menghasilkan 9 kombinasi perlakuan. Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak tiga kali, dan pada setiap ulangan terdapat tiga unit percobaan, sehingga diperoleh total 81 botol kultur. Satu botol kultur berisi satu eksplan kalus berukuran ±0,5 cm.

Model statistika yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \sum_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan unit percobaan pada perlakuan *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) ke-i , perlakuan kinetin ke-j dan ulangan ke-k

μ = Nilai tengah umum

α_i = Perlakuan *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) ke-i

β_j = Perlakuan kinetin ke-j

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interaksi perlakuan *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) ke-i , perlakuan kinetin ke-j dan ulangan ke-k

$\sum_{ijk}$ = Galat percobaan perlakuan *Naphthalene Acetic Acid* (NAA) ke-i , perlakuan kinetin ke-j dan ulangan ke-k.

Uji statistik dilakukan menggunakan analisis ragam (ANOVA) pada taraf signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Apabila terdapat pengaruh nyata, analisis dilanjutkan dengan uji lanjut yaitu DMRT 1%.

Eksplan yang digunakan berupa kalus tangkai daun tanaman porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) yang diperoleh dari penelitian sebelumnya (Afivatul, 2023). Kalus yang digunakan memiliki karakteristik relatif seragam, yaitu berumur ±4 minggu, berwarna putih kekuningan, dan bertekstur kompak, serta telah dipastikan dalam kondisi steril sebelum inokulasi.

Eksplan ditanam pada media Murashige dan Skoog (MS) yang diperkaya dengan kombinasi NAA dan kinetin sesuai perlakuan. Setiap botol kultur hanya berisi satu eksplan kalus.

Kultur diinkubasi pada kondisi suhu ruang kultur $\pm 25 \pm 2$ °C, dengan fotoperiode 16 jam terang dan 8 jam gelap, serta intensitas cahaya ± 1.000 – 2.000 lux menggunakan lampu fluoresen. Jumlah eksplan hidup setelah inokulasi awal dicatat untuk memastikan keseragaman bahan tanam pada seluruh perlakuan.

Pengamatan dilakukan pada akhir periode penelitian. Parameter yang diamati meliputi:

1. Jumlah eksplan kalus yang berdiferensiasi membentuk akar
2. Jumlah eksplan kalus yang berdiferensiasi membentuk tunas
3. Jumlah eksplan kalus yang membentuk planlet hidup yaitu eksplan yang menunjukkan pembentukan akar, tunas dan daun.

Data diperoleh dengan menghitung jumlah botol yang memenuhi kriteria pada setiap kombinasi perlakuan dan ulangan kemudian dirata-rata. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, meliputi tahap persiapan media, inokulasi eksplan, inkubasi, pemeliharaan, dan pengamatan akhir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian kombinasi NAA dan kinetin terhadap parameter eksplan kalus yang berdiferensiasi menjadi akar, berdiferensiasi menjadi tunas, persentase planlet.

Tabel 2. Rekapitulasi ANOVA Kombinasi NAA dan Kinetin pada subkultur Kalus Tanaman Porang Secara *In Vitro*.

Parameter	Kinetin	NAA	N x K
Kalus yang berdiferensiasi menjadi akar	**	ns	**
Kalus yang berdiferensiasi menjadi tunas	**	**	**
Persentase planlet	**	**	**

Parameter kalus yang berdiferensiasi menjadi akar menunjukkan bahwa perlakuan kinetin berpengaruh sangat nyata (**) terhadap jumlah kalus yang berdiferensiasi menjadi akar, sedangkan perlakuan NAA tidak berpengaruh nyata (ns). Interaksi anantara NAA dan kinetin juga menunjukkan pengaruh sangat nyata (**) terhadap parameter ini. Para parameter kalus yang berdiferensiasi menjadi tunas dan persentase planlet memperlihatkan bahwa perlakuan kinetin dan NAA masing-masing memberikan pengaruh sangat nyata (**), selain itu juga interaksi sangat nyata (**) antara kedua faktor tersebut.

Tabel 3. Hasil Uji DMRT 1% Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar Porang Secara *In Vitro*.

Perlakuan	Rerata
N2K1	1,05a
N3K2	1,15ab
N1K1	1,20abc
N3K1	1,29bc
N1K2	1,33bc
N1K3	1,33bc
N2K3	1,33bc
N2K2	1,41c
N3K3	1,41c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 1%.

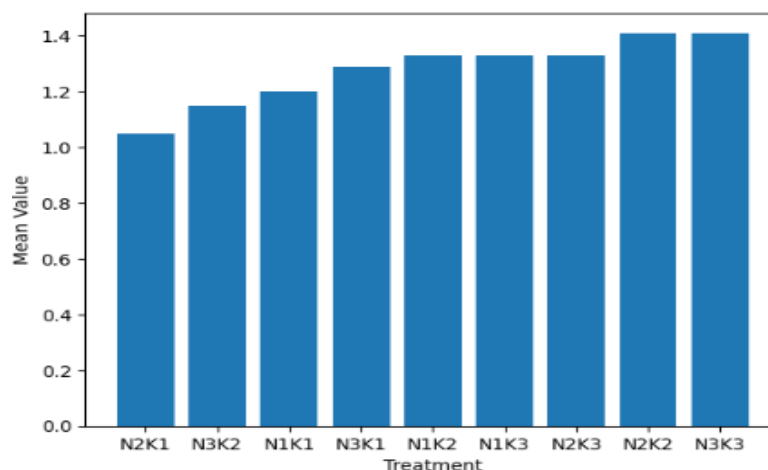
Diagram 1. Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar Porang Secara *In Vitro*.

Diagram 1. Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar Porang Secara In Vitro.

Tabel 4. Hasil Uji DMRT 1% Perlakuan K Terhadap Pertumbuhan Akar Porang Secara *In Vitro*

Perlakuan Kinetin	Rerata
K1	3,54a
K2	3,89b
K3	4,08b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 1%.

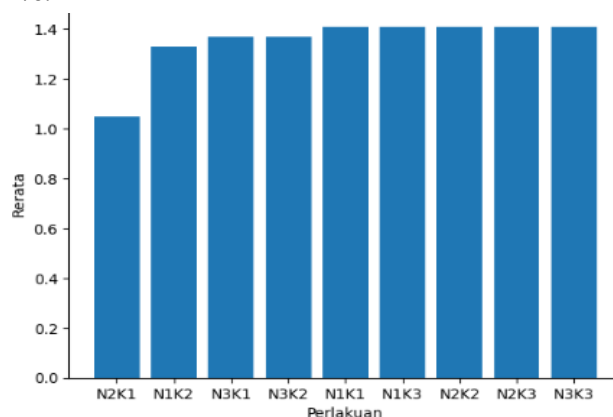
Berdasarkan Tabel 3 jumlah eksplan yang dapat menumbuhkan akar yaitu kombinasi N3K3 dan N2K2 sedangkan kombinasi N2K1 memberikan eksplan yang menumbuhkan akar paling rendah dikarenakan eksplan tidak memberikan reaksi dari kombinasi N2K1 yaitu eksplan berwarna coklat kemudian menghitam (mati) dan tidak tumbuh hal ini diduga berkaitan dengan respon fisiologis jaringan. Perlakuan K2 (Kinetin 2 mg/l) dan K3 (Kinetin 2,5 mg/l) pada Tabel 4 menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 1% menyatakan bahwa perlakuan K2 (Kinetin 2 mg/l) dan K3 (Kinetin 2,5 mg/l) sama saja. Pengaruh kinetin yang sangat nyata terhadap diferensiasi kalus menjadi akar menunjukkan bahwa sitokinin berperan penting dalam mengatur arah morfogenesis jaringan in vitro, terutama ketika dikombinasikan dengan auksin.

Interaksi signifikan antara NAA dan kinetin mengindikasikan bahwa keseimbangan kedua hormon tersebut menentukan jalur diferensiasi kalus. Dari pengamatan diketahui bahwa auksin berpengaruh terhadap hari muncul tunas. Makna biologis dari perbedaan ini menunjukkan bahwa sitokinin tidak hanya berperan sebagai pemicu pembelahan sel, tetapi juga memodulasi sensitivitas jaringan terhadap auksin. Kombinasi tertentu mampu mengarahkan kalus menuju jalur rizogenesis, sementara kombinasi lain tidak menghasilkan respons yang berbeda secara signifikan. Namun, semakin tinggi penambahan auksin maka akan semakin muncul tunas sehingga NAA berpengaruh tidak nyata pada parameter kalus yang berdiferensiasi menjadi akar (Mahadi, 2016). Hal ini sesuai dengan sitokinin (kinetin), salah satu turunan sitokinin yang benar-benar memengaruhi pertumbuhan akar, yaitu pada waktu kemunculan dan panjang akar tanaman talas (Afina, 2022). Beberapa perlakuan yang tidak berbeda nyata menunjukkan bahwa dalam kisaran konsentrasi tersebut, jaringan belum mencapai ambang fisiologis yang cukup untuk memicu perubahan arah diferensiasi. Hal ini mengindikasikan adanya threshold respons hormon, di mana peningkatan konsentrasi tidak selalu diikuti peningkatan respons biologis (George et al., 2008). Berbeda dengan laporan Skoog dan Miller (1957) yang menyatakan dominansi auksin secara konsisten menginduksi akar, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pada sistem kultur ini, auksin tunggal belum cukup efektif tanpa dukungan sitokinin. Perbedaan ini mengindikasikan adanya spesifisitas respons eksplan, yang menjadi kontribusi baru dari penelitian ini. Tidak signifikannya pengaruh NAA secara tunggal mengindikasikan bahwa auksin dalam kisaran konsentrasi yang digunakan belum cukup dominan untuk mengarahkan diferensiasi akar tanpa dukungan sitokinin.

Tabel 5. Hasil Uji DMRT 1% Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Terhadap Diferensiasi Tunas Eksplan Kalus Porang Secara *In Vitro*.

Perlakuan	rerata
N2K1	1,05a
N1K2	1,33b
N3K1	1,37b
N3K2	1,37b
N1K1	1,41b
N1K3	1,41b
N2K2	1,41b
N2K3	1,41b
N3K3	1,41b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 1%.

Diagram 2. Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Terhadap Diferensiasi Tunas Eksplan Kalus Porang Secara *In Vitro*.

Kalus berasal dari pembelahan sel jaringan eksplan dan terdiri dari massa sel yang belum terdiferensiasi menjadi organ tanaman. (Ruri Siti Resmisari Dwi Suheriyanto, 2012). Berdasarkan ANOVA Tabel 1 diperoleh kombinasi NAA dan kinetin berpengaruh sangat nyata terhadap kalus yang berdiferensiasi tunas tanaman porang secara *In Vitro*. Pembengkakan, perubahan warna, dan kalus yang langsung membentuk akar dan tunas adalah tanda pertumbuhan eksplan kalus. Pemberian auksin dan sitokinin biasanya merangsang pertumbuhan kalus. Untuk mengetahui pengaruh NAA dan kinetin terhadap perkembangan sub-kultur kalus tanaman porang maka dilakukan Uji DMRT 1% yang terdapat pada Tabel 5.

Berdasarkan table 5 Uji DMRT 1% kombinasi NAA dan kinetin menunjukkan 8 kombinasi perlakuan yaitu berbeda tidak nyata dan 1 kombinasi perlakuan berbeda nyata yaitu N2K1 dengan rerata terkecil 1,05 jumlah eksplan yang dapat berdiferensiasi menjadi tunas. Kinetin adalah sebuah kelompok sitokinin yang memiliki kemampuan untuk mempercepat pembelahan sel dan memungkinkan pembentukan kalus atau massa sel yang dapat dibedakan menjadi tunas (Dwi Suheriyanto, 2012). Pengamatan terhadap subkultur kalus tanaman porang menunjukkan interaksi yang terlihat dalam pembengkakan eksplan subkultur kalus, yang ditunjukkan dengan pembesaran dan pembentukan tonjolan pada eksplan kalus. Beberapa eksplan kalus yang ditanam juga membentuk akar dan tunas setelah kalus membengkak (Suci & Mariani, 2013). Pengaruh kombinasi NAA dan kinetin terhadap diferensiasi tunas tidak hanya bermakna secara statistik, tetapi juga menunjukkan bahwa pembentukan

tunas memerlukan keseimbangan hormonal yang lebih sempit dibandingkan pembentukan akar. Kombinasi yang berbeda tidak nyata secara statistik tidak dapat dianggap setara secara fungsional, melainkan menunjukkan bahwa jaringan merespons dalam rentang toleransi fisiologis yang sama. Penelitian terdahulu umumnya melaporkan peningkatan tunas seiring peningkatan sitokinin (Bhojwani & Razdan, 1996). Namun, pada penelitian ini, peningkatan konsentrasi kinetin tidak selalu diikuti oleh peningkatan diferensiasi tunas, yang menunjukkan bahwa respons jaringan bersifat non-linier. Temuan ini memperluas pemahaman bahwa organogenesis tunas tidak hanya bergantung pada konsentrasi absolut hormon, tetapi pada interaksi dan sensitivitas jaringan.

Pengaruh kinetin dan NAA terhadap pembentukan tunas menguatkan konsep bahwa rasio sitokinin–auksin merupakan faktor kunci dalam organogenesis tunas. Kinetin berperan dalam merangsang pembelahan sel dan inisiasi tunas, sementara NAA berfungsi sebagai pengatur respons jaringan terhadap sitokinin. Interaksi signifikan kedua hormon menunjukkan bahwa respons eksplan bersifat sinergis, bukan aditif.

Tabel 6. Hasil Uji DMRT 1% kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Eksplan Kalus Membentuk Planlet.

Perlakuan	rerata
N2K1	12,86a
N3K2	65,94b
N1K2	77,14b
N3K1	77,14b
N1K1	88,35b
N1K3	88,35b
N2K2	88,35b
N2K3	88,35b
N3K3	88,35b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji DMRT 1%.

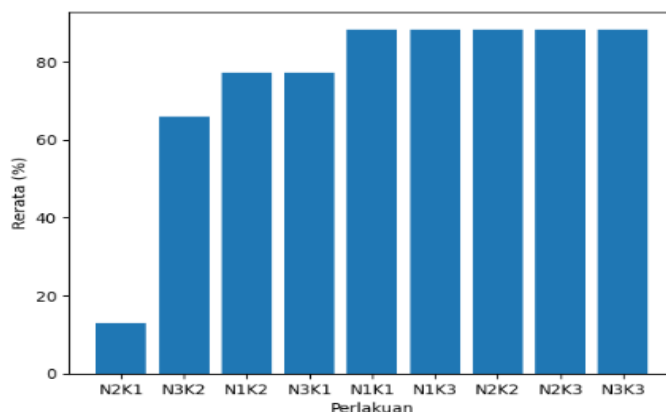


Diagram 3. Kombinasi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Eksplan Kalus Membentuk Planlet.

Berdasarkan table 6 Uji DMRT 1% kombinasi NAA dan kinetin menunjukkan 8 kombinasi perlakuan yaitu berbeda tidak nyata dan 1 kombinasi perlakuan berbeda nyata yaitu N2K1 dengan rerata persentase eksplan kalus hidup terkecil 12,86%. Parameter persentase planlet menggambarkan tingkat keberhasilan subkultur kalus tanaman porang dengan media kombinasi perlakuan NAA dan kinetin.

Hasil kultur in-vitro adalah jumlah bibit yang banyak seragam, cepat dan berkelanjutan (Imelda dkk 2008) Kalus yang membentuk planlet adalah kalus yang memiliki kemampuan untuk membentuk kalus baru, membengkak, membentuk akar kemudian tunas dan tumbuh daun. Subkultur eksplan yang membentuk planlet yaitu 88,35% terdapat pada kombinasi perlakuan N1K1, N1K3, N2K2, N2K3,

N3K3 namun berbeda tidak nyata, sedangkan berbeda nyata dengan kombinasi perlakuan N2K1. Hal ini menunjukkan betapa pentingnya interaksi NAA dan kinetin dalam proses pembelahan sel dan pembesaran sel. Perkembangan subkultur kalus tanaman porang akan terhambat jika kombinasi NAA dan kinetin tidak seimbang. Dikarenakan kombinasi perlakuan yang diberikan kurang atau melebihi batas eksplan ideal. Banyak hal yang dapat mempengaruhi dalam keberhasilan *in-vitro* yaitu sumber eksplan, ukuran eksplan, kombinasi ZPT media tanam, dan posisi inisiasi eksplan yang terkena cahaya pada lampu ruang inkubasi. Hal ini dapat menjadi acuan dalam penelitian selanjutnya untuk terus berinovasi dalam dunia kultur jaringan.

Pada tumbuhan, efek sitokinin sering dipengaruhi oleh keberadaan auksin. Sitokinin yang di transportasikan dari akar ke batang mampu mengaktifkan pertumbuhan tunas-tunas samping sehingga tanaman memiliki cabang yang banyak dan menjadi rimbun. Dihasilkan bahwa apabila dalam perbandingan sitokinin lebih besar dari auksin, maka hal ini akan memperlihatkan stimulasi pertumbuhan tunas dan daun, sebaliknya apabila sitokinin lebih rendah dari auksin, maka ini akan mengakibatkan stimulasi pada pertumbuhan akar. Sedangkan apabila perbandingan sitokinin dan auksin berimbang, maka pertumbuhan tunas, daun, dan akar akan berimbang pula. Tetapi apabila konsentrasi sitokinin itu sedang dan konsentrasi auksi rendah maka akan terbentuk kalus.

Pengaruh sitokinin dipengaruhi oleh konsentrasi auksin. Adanya meristem apikal, maka auksin menekan pertumbuhan tunas aksilar. Meristem apikal dibuang, konsentrasi sitokinin meningkat, merangsang pertumbuhan tunas aksilar. Sitokinin dan auksin bekerja sama untuk menstimulasi pembelahan sel dan mempengaruhi lintasan differensiasi. Efek sitokinin terhadap pertumbuhan sel di dalam kultur jaringan, memberikan petunjuk tentang bagaimana jenis ZPT ini berfungsi didalam tumbuhan. Ketika satu potongan jaringan dikulturkan tanpa memakai sitokinin maka sel tersebut tumbuh menjadi besar tetapi tidak membelah. Sitokinin secara mandiri tidak mempunyai efek, tetapi apabila sitokinin diberikan Bersama-sama dengan auksin maka sel tersebut dapat membelah.

Perbedaan persentase planlet antar perlakuan mencerminkan keberhasilan integrasi proses morfogenesis secara keseluruhan, bukan sekadar pembentukan organ secara terpisah. Perlakuan yang tidak berbeda nyata menunjukkan bahwa meskipun terjadi variasi numerik, kemampuan jaringan untuk berkembang menjadi planlet berada pada tingkat fisiologis yang setara. Sebagian besar penelitian sebelumnya menekankan bahwa kombinasi hormon tertentu akan selalu meningkatkan persentase planlet (Pierik, 1997). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa peningkatan hormon tidak selalu berbanding lurus dengan keberhasilan regenerasi, yang mengindikasikan adanya batas optimal hormonal. Temuan ini memberikan kontribusi dalam mengidentifikasi bahwa efisiensi regenerasi memiliki titik jenuh yang bergantung pada sistem kultur yang digunakan.

Tingginya pengaruh perlakuan tunggal dan interaksi terhadap persentase planlet menunjukkan bahwa keberhasilan regenerasi tanaman tidak hanya ditentukan oleh satu jenis hormon, tetapi oleh kombinasi dan keseimbangan konsentrasinya. Hal ini sejalan dengan prinsip dasar kultur jaringan yang menyatakan bahwa keseimbangan hormon eksogen menentukan keberhasilan pembentukan tanaman utuh.

KESIMPULAN

Penelitian berjudul Interaksi NAA dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar dan Tunas Pada Sub-Kultur Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) menghasilkan persentase keberhasilan interaksi. Menggunakan kombinasi perlakuan N3K3 dan N2K2 dapat menumbuhkan kalus yang berdiferensiasi menjadi akar, serta kombinasi perlakuan N1K1, N1K3, N2K2, N2K3, N3K3 dapat membentuk kalus berdiferensiasi menjadi tunas. Implikasi penelitian ini dapat menjadi acuan penelitian selanjutnya mengenai kombinasi yang tepat pada kultur *in-vitro* terutama pada kombinasi perlakuan yang dapat tumbuh membentuk akar, tunas, dan daun yang baik yaitu N2K2 (NAA 1 mg/l + 2 mg/l) dan N3K3 (NAA 1,5 mg/l + Kinetin 2,5 mg/l).

DAFTAR PUSTAKA

- Admojo, L., A. Indrianto, dan H. Hadi. 2014. "Perkembangan Penelitian Induksi Kalus Embriogenik Pada Jaringan Vegetatif Tanaman Karet Klonal (*Hevea brasiliensis* Muell. arg)". *Warta Perkaratan*. 33(1):19. Fakultas Biologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta: https://www.researchgate.net/publication/310436826_Perkembangan_Penelitian_Induksi_Kalus_Embriogenik_Pada_Jaringan_Vegetatif_Tanaman_Karet_Klonal_Hevea_brasiliensis_Muell_Arg#full-text. [Diakses pada 25 April 2023].
- Advinda, L, Mades F, Azwir A, Irma L, Adek L.S. 2018. "Pertumbuhan Stek Horizontal Batang Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.) yang Diintroduksi dengan *Pseudomonas* Fluoresen". Dalam *Jurnal Eksakta*. 10(1):69 – 75. Fakultas Biologi Universitas Negeri Padang. Padang: <http://eksakta.ppj.unp.ac.id/index.php/eksakta/article/view/129>. [Diakses pada 25 April 2023].
- Afina, N. N. 2022. "Pengaruh Hormon Bap dan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Akar Sente Varigata (*Alocasia macrorrhiza*)". Dalam *Jurnal NBER Working Papers*. 89. Fakultas Sains dan Biologi Universitas PGRI Surabaya. Surabaya: <https://repository.unipasby.ac.id/id/eprint/1304/>. [Diakses pada 17 Desember 2023]
- Afivatul, S. 2023. "Pengaruh ZPT NAA (Naphthalene Acetic Acid) Dan BAP (6- Benzyl Amino Purine) Terhadap Pertumbuhan Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume.) Secara In Vitro". Skripsi. Jurusan Produksi Pertanian. Politeknik Negeri Jember. Jember: <https://sipora.polije.ac.id/26063/3/Full%20Text.pdf>. [Diakses pada 4 Juli 2023]
- Dwi, S. Romaidi. dan Resmisari. S. R. 2012. "Pengembangan Bibit Unggul Porang (*Amorphophallus oncophilus*) Melalui Teknik Kultur In Vitro Untuk Mendukung Ketahanan Pangan Nasional". Dalam *Jurnal El-Hayah*. Vol. 3. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Mulana Malik Ibrahim Malang. Malang: <https://ejournal.uin-malang.ac.id/index.php/bio/article/viewFile/2216/pdf>. [Diakses pada 2 Januari 2024]
- Hariato, S. 2022. "Terungkap, Penyebab Porang Terjun Bebas Hingga Rp 2 Ribu Per Kg". Madiun: <https://www.detik.com/jatim/bisnis/d-6166007/terungkap-penyebab-porang-terjun-bebas-hingga-rp-2-ribu-per-kg>. [Diakses pada 19 Juli 2023]
- Imelda, M., A. Wulansari, dan Y. S. Poerba. 2008. "Regenerasi Tunas dari Kultur Daun Tangkai Iles-iles (*Amorphophallus muelleri* Blume)". Dalam *Jurnal Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 9(3):173–176. Pusat Penelitian Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). Bogor: https://www.researchgate.net/publication/274340873_Shoot_regeneration_from_leaf_petioles_of_iles-iles_Amorphophallus_muelleri_Blume#full-text. [Diakses pada 25 Maret 2023]
- Kartika, Y. 2017. "Pertumbuhan Tunas Pada Kultur Kalus". Skripsi. Jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan. Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene. YULI KARTIKA sitokinin.pdf. [Diakses pada 15 Juli 2023]
- Lestari, E. G. 2011. "Peranan Zat Pengatur Tumbuh Dalam Perbanyakan Tanaman Melalui Kultur Jaringan". Dalam *Jurnal AgroBiogen*. 7(1):63. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor: <https://repository.pertanian.go.id/server/api/core/bitstreams/8458c582-0904-4b67-a7d5-e88fe479c090/content>. [Diakses pada 30 Maret 2023]
- M. Ali, F. A. 2022. "Persepsi Petani Terhadap Budidaya Bibit Biji Katak Tanaman Porang Di Desa Cilimus Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran". Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung: <https://digilib.unila.ac.id/67175/3/3.%20SKRIPSI%20TANPA%20BAB%20PEMBAHASAN.pdf>. [Diakses pada 18 Juli 2023]
- Mahadi, I. 2016. "Pengaruh Pemberian Hormon Naftalen Acetyl Acyd (Naa) dan Kinetin Pada Kultur Jaringan Nanas Bogor (*Ananas comosus* (L.) merr.) cv. Queen". Dalam

- Jurnal Bio-Site. 02(2):1–50. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Riau. Pekanbaru: <https://www.online-journal.unja.ac.id/BST/article/view/3411>. [Diakses pada 12 Desember 2023]
- Nasir, S., Rahayuningsih St. A., B. S. Radjit, E. Ginting, D. Harnowo, dan I. M. J. Mejaya. 2015. "Tanaman Porang". Penerbit Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. Bogor. 47 hal.
- Panjaitan, LRH., J. Ginting dan Haryati. 2014. "Respon Pertumbuhan Berbagai Ukuran Diameter Batang Stek Bugenvil (*Bougainvillea spectabilis* Willd) terhadap pemberian zat pengatur tumbuh". Dalam Jurnal Online Agroekoteknologi. 2(4): 1384-1390. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara: <https://www.neliti.com/publications/101393/respons-pertumbuhan-berbagai-ukuran-diameter-batang-stek-bugenvil-bougainvillea>. [Diakses pada 23 Maret 2023]
- Rofikhoh, K., Setiahadi., Puspitawati, I. R dan Lukito, M. 2017. "Potensi Produksi Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) di Kelompok Tani MPSDH Wono Lestari Desa Padas Kecamatan Dagangan Kabupaten Madiun". Dalam Jurnal Agri-Tek, 17(2) : 53-65. Fakultas Pertanian Universitas Merrdeka Madiun: [https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=970078&val=14929&title=PO TENSIS%20PRODUKSI%20TANAMAN%20PORANG%20Amorphophallus%20muelleri%20lume%20DI%20KELOMPOK%20TANI%20MPSDH%20WONO%20LESTARI%20DESA%20PADAS%20KECAMATAN%20DAGANGAN%20KABUPATEN%20MADIUN](https://download.garuda.kemdikbud.go.id/article.php?article=970078&val=14929&title=PO%20TENSIS%20PRODUKSI%20TANAMAN%20PORANG%20Amorphophallus%20muelleri%20lume%20DI%20KELOMPOK%20TANI%20MPSDH%20WONO%20LESTARI%20DESA%20PADAS%20KECAMATAN%20DAGANGAN%20KABUPATEN%20MADIUN). [Diakses pada 15 Juli 2023]
- Sabelina, D. 2020. "Induksi Akar Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Melalui Penambahan Naphthalene Acetic Acid (Naa) Dan 6-Benzyl Amino Purine (Bap) Melalui Teknik In Vitro". Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Maulana Malik Ibrahim. Malang: <http://etheses.uin-malang.ac.id/23905/1/15620083.pdf>. [Diakses pada 25 Maret 2023]
- Sari, R. dan Suhartati. 2019. "Tumbuhan Porang : Prospek Budidaya Sebagai Salah Satu Sistem Agroforestry". Dalam Jurnal Info Teknis EBONI. 12(2):97–110. Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Makassar: <https://media.neliti.com/media/publications/491876-none-d14aefa9.pdf>. [Diakses pada 18 Juli 2023]
- Suci, R. dan Y. Mariani. 2013. "Pengaruh NAA Dan BAP Terhadap Perkembangan Subkultur Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk)". Dalam Jurnal Hutan Lestari. 1(1). Fakultas Kehutanan Universitas Tanjungpura. Pontianak: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jmfkh/article/view/602/625>. [Diakses pada 18 Juli 2023]
- Suliansyah, I. 2013. "Kultur Jaringan Tanaman." Leutrika Prio: Yogyakarta.
- Supriati, Y. 2016. "Keanekaragaman Iles-Iles (*Amorphophallus* Spp.) dan Potensinya Untuk Industri Pangan Fungsional, Kosmetik, Dan Bioetanol". Dalam Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. 35(2):69. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian. Bogor: <https://media.neliti.com/media/publications/124046-ID-none.pdf>. [Diakses pada 20 Juli 2023]
- Sutrisno, E. 2021. "Porang, Si liar Komoditas Ekspor. Portal Informasi Indonesia". <https://indonesia.go.id/kategori/keanekaragaman-hayati/2591/porang-si-liar-komoditas-ekspor?lang=1>. [Diakses pada 26 Maret 2023]
- Zakiyah, K. 2022. "Multiplikasi Tunas Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Dengan Penambahan Iaa (Indole Acetic Acid) Dan Kinetin Secara In Vitro". 59:1–96. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang: <http://etheses.uin-malang.ac.id/32796/1/17620038.pdf>. [Diakses pada 25 Maret 2023]
- Zulkarnain. 2018. "Kultur Jaringan Tanaman Solusi Perbanyak Tanaman Budidaya". Cetakan Kelima. Jakarta: PT Bumi Aksara