

Optimasi Regenerasi Kalus Embriogenik Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Melalui Kultur Suspensi Sel Menggunakan BAP (*Benzyl Amino Purin*)

*Optimization of Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Embryogenic Callus Regeneration Through Cell Suspension Culture Using BAP (*Benzyl Amino Purin*)*

Didik Pudji Restanto^{1*)}, Mohammad Candra Prayoga¹, Izna Arsyika¹,
Veronenci Yuliarbi Farlisa¹, Popy Hartatie Hardjo²

1)Program Studi Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jalan Kalimantan, Sumbersari Jember, Jawa Timur, 68121, Indonesia

2)Fakultas Teknobiologi, Universitas Surabaya, Jalan Raya Kalirungkut, Surabaya, Jawa Timur, 60292, Indonesia

*)Penulis untuk korespondensi E-mail: restanto.lemlit@unej.ac.id

Diajukan: 15 September 2024/Diterima: 25 November 2024/Dipublikasi: 29 November 2024

ABSTRACT

*Porang *Amorphophallus muelleri* Blume is a tuber plant that is widely used as a cosmetic ingredient and exported for industrial raw materials. Conventional porang propagation experiences a period of dormancy. Porang propagation through tissue culture can produce seedlings quickly and in large quantities. Porang tissue culture can be done through somatic embryogenesis through callus formation and callus proliferation with cell suspension culture. Optimization of callus regeneration from cell suspension culture proliferation is very important to help the success of mass porang propagation. This study aims to determine the effect of BAP concentration on the regeneration of embryogenic callus of *Amorphophallus muelleri* B. porang from suspension culture. The study used a completely randomized design with BAP concentration factors consisting of 4 treatment levels, 1 mg.L⁻¹, 2 mg.L⁻¹, 3 mg.L⁻¹, and 4 mg.L⁻¹. Each treatment was repeated 5 times. Analysis of research data using ANOVA and further testing with DMRT at an error level of 5%. Data analysis using SPSS statistical application version 26. Based on the research results, treatment of 1 mg.L⁻¹ BAP showed the best results with the parameters of the earliest emergence of shoots 45 hours, the longest shoots 7.6 cm, the highest number of shoots 7.33, and the percentage of regeneration 93.33%. Based on histological observations, embryogenic callus developed producing more mature embryos so that it could induce many shoots.*

Keywords: BAP; callus; histology; porang; regeneration

INTISARI

Porang *Amorphophallus muelleri* Blume merupakan tanaman umbi-umbian yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan kosmetik dan diekspor untuk bahan baku industri. Perbanyakan porang secara konvensional mengalami masa dormansi. Perbanyakan porang melalui kultur jaringan dapat menghasilkan bibit yang cepat dan dalam jumlah yang banyak. Kultur jaringan porang dapat melalui somatik embriogenesis melalui pembentukan kalus dan poliferasi kalus dengan kultur suspensi sel. Optimasi regenerasi kalus hasil poliferasi kultur suspensi sel sangat penting untuk menunjang keberhasilan perbanyakan porang secara masal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi BAP terhadap regenerasi kalus embriogenik porang *Amorphophallus muelleri* B. hasil kultur suspensi. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan faktor konsentrasi BAP yang terdiri dari 4 taraf perlakuan antara lain 1 mg.L⁻¹, 2 mg.L⁻¹, 3 mg.L⁻¹, dan 4 mg.L⁻¹. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 ulangan. Analisis data penelitian menggunakan ANOVA dan uji lanjut dengan DMRT pada taraf kesalahan 5%. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS statistics versi 26.

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan BAP 1 mg.L^{-1} menunjukkan hasil terbaik dengan parameter kedinian munculnya tunas tercepat 45 hst, tunas terpanjang 7.6 cm, jumlah tunas terbanyak 7,33 tunas, dan persentase regenerasi 93,33%. Berdasarkan pengamatan histologi, kalus embriogenik berkembang menghasilkan mature embryo yang lebih banyak sehingga dapat menginduksi tunas yang banyak.

Kata kunci: BAP; histologi; kalus; porang; regenerasi

PENDAHULUAN

Porang (*Amorphophallus muelleri* B.) merupakan tanaman umbi yang termasuk dalam famili Araceae dan sering disebut ilses-iles. Porang tumbuh baik di banyak daerah di Indonesia dan dikenal sebagai bahan baku industri kosmetik karena kandungan glukomanan yang tinggi (Mutaqin *et al.*, 2024; Liu *et al.*, 2019). Glukomanan adalah polisakarida besar yang memiliki sifat baik seperti retensi air, pengentalan, reologi, dan emulsifikasi (Li *et al.*, 2021). Porang merupakan salah satu komoditas ekspor Indonesia (Endang *et al.*, 2022). Porang masih belum berkembang di Indonesia, pada umumnya petani hanya mengambil dan memanfaatkan tanaman yang tumbuh secara liar di hutan. Terdapat tiga jenis benih porang yang dapat digunakan dalam budidaya porang, yaitu benih biji, benih katak/bulbil dan benih umbi (Hamdi *et al.*, 2022).

Permasalahan pada perbanyakan generative dengan menggunakan biji porang mengalami masa dormansi (Arini *et al.*, 2023). Dormansi menyebabkan ketersediaan bibit porang terbatas karena dormansi umbi dan benih porang mencapai sekitar 5-6 bulan (Indriyani & Widoretno, 2016). Dormansi merupakan suatu keadaan yang dimana organisme hidup berhenti tumbuh. Dormansi biji dapat disebabkan oleh belum matangnya

embrio, perubahan fisiologi, dan hormon yang menghambat perkecambahan (Wijayanti, 2023). Dormansi benih diinduksi selama fase pematangan benih bersamaan dengan akumulasi senyawa penyimpanan dan perolehan toleransi pengeringan yang menyebabkan penghentian aktivitas metabolisme (Graeber *et al.*, 2012; Klupczynska & Pawlowski, 2021). Selain itu permasalahan lainnya yaitu pertumbuhan pada biji menjadi tidak seragam. Perbanyakan ilses-iles membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga dibutuhkan alternatif metode perbanyakan yang efektif salah satunya kultur jaringan (Prayana *et al.*, 2017).

Kultur jaringan tanaman merupakan salah satu metode perbanyakan tanaman yang hanya menggunakan sedikit bagian sel atau jaringan dari tumbuhan induk untuk diregenerasikan menjadi plantlet secara aseptik dan lingkungan terkontrol (Hardjo *et al.*, 2023). Perbanyakan menggunakan teknik kultur jaringan dapat menghasilkan bibit yang banyak, seragam, cepat, dan bebas virus (Basri, 2016). Perbanyakan melalui kultur jaringan dapat melalui pembentukan kalus dan somatik embriogenesis. Regenerasi tanaman melalui organogenesis tunas secara langsung dan organogenesis yang dimediasi kalus (Chen *et al.*, 2016). Poliferasi kalus dapat dilakukan dengan kultur suspensi

sel untuk menghasilkan kalus yang lebih banyak. Kultur suspensi sel menyebabkan permukaan sel akan terdispersi oleh zat pengatur tumbuh, sehingga mempercepat pertumbuhan sel embrionik (Farlisa *et al.*, 2022).

Faktor yang mempengaruhi regenerasi kalus hasil perbanyak suspensi sel salah satunya zat pengatur pertumbuhan pada media. Optimasi hormon pada regenerasi kalus hasil kultur suspensi sangat penting untuk menghasilkan bibit porang secara masal. Benzyl Amino Purin (BAP) merupakan hormon sitokinin yang banyak digunakan untuk meningkatkan regenerasi kalus dan merangsang perbanyak tunas. Pemberian BAP dapat meningkatkan regenerasi kalus untuk membentuk tunas dan meningkatkan perkembangbiakan tunas (Ferziana *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya, konsentrasi BAP 2 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik untuk meregenerasi umbi porang katak Porang Madiun 1 secara *in vitro* (Ferziana *et al.*, 2021). Sitokinin juga memiliki peran dalam pembelahan sel, morfogenesis serta pertumbuhan tunas. Beberapa penelitian sebelumnya mengkombinasikan antara hormon sitokinin dengan auksin untuk regenerasi porang. Kombinasi BA 3 mg.L⁻¹ dan IBA 0,1 mg.L⁻¹ menunjukkan pertumbuhan tunas terbaik pada regenerasi *Amorphophallus* *in vitro* (Thach *et al.*, 2016). Media induksi tunas dari eksplan bulbil yang optimal adalah media Murashige dan Skoog (MS) dengan penambahan hormon BAP 5,0 mg.L⁻¹ dan NAA 0,2 mg.L⁻¹ yang menghasilkan jumlah tunas dan tinggi tunas

mencapai 15 tunas dan 7,2 cm (Hardjo *et al.*, 2023). Kombinasi BA 1 mg.L⁻¹. IBA 1 mg.L⁻¹ dan Kinetin 0,2 mg.L⁻¹ menghasilkan laju poliferasi tertinggi 38% (Li *et al.*, 2021). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi BAP terhadap regenerasi kalus embriogenik porang *Amorphophallus muelleri* B. hasil kultur suspensi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman Universitas Jember dari Februari hingga Agustus 2024. Penelitian menggunakan eksplan kalus dari kultur suspensi sel porang daun yang di poliferasi selama 3 bulan. Regenerasi kalus dilakukan pada media padat Murashige and Skoog (MS). Alat-alat yang digunakan antara lain LAF, autoclaf, mikroskop obyektif LEICA, mikroskop binokuler LEICA, dan alat penunjang lainnya.

Penelitian dilakukan dengan pembuatan media MS padat yang ditambahkan BAP. Media disterilisasi menggunakan autoclaf pada suhu 121 °C selama 20 menit. Eksplan kalus di tanam pada media di dalam laminar air flow. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat konsentrasi perlakuan BAP: 1 mg.L⁻¹, 2 mg.L⁻¹, 3 mg.L⁻¹, dan 4 mg.L⁻¹. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 ulangan, sehingga terdapat 20 satuan percobaan. Regenerasi kalus diinkubasi di laboratorium pada kondisi suhu 22-25°C dan pencahayaan selama 8 jam/hari.

Pengamatan penelitian antara lain kedinian munculnya tunas, panjang tunas, jumlah tunas, presentase regenerasi kalus hasil suspensi, proses regenerasi kalus, dan histologi. Pengamatan kedinian munculnya tunas dilakukan mulai regenerasi kalus hasil suspensi sel sampai awal munculnya tunas. Pengamatan panjang tunas, jumlah tunas, dan presentase regenerasi dilakukan pada minggu ke-9 dengan rumus $(\text{Jumlah kalus}/\text{Jumlah Tanaman} \times 100)$. Pengamatan selama regenerasi kalus dilakukan menggunakan mikroskop obyektif LEICA. Pengamatan histologi dilakukan dengan membuat sempel preparat yang kemudian di amati dengan mikroskop binokuler LEICA.

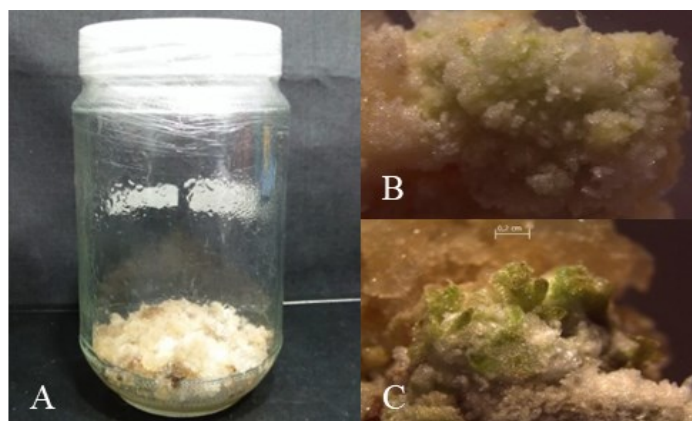
Analisis data penelitian menggunakan analysis of variance. Hasil analisis yang menunjukkan pengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji duncan multiple range tes dengan taraf kesalahan 5%. Analisis data menggunakan aplikasi SPSS statistics versi 26.

HASIL

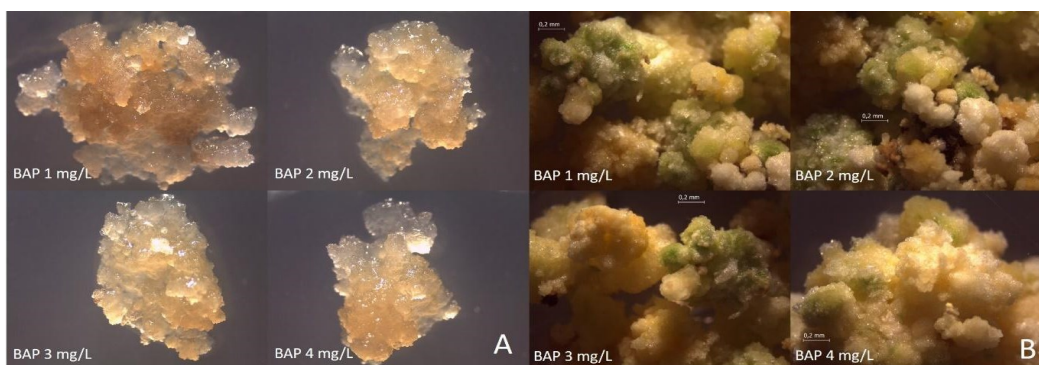
Regenerasi Kalus Embriogenik

Kalus embriogenik yang digunakan dalam penelitian ini memiliki tekstur remah dan berwarna putih, berasal dari kultur suspensi (Gambar 1A). Penambahan hormon BAP pada media MS padat efektif meregenerasi kalus embriogenik porang. Kalus embriogenik beregenerasi membentuk fase embrio somatik awal dan embrio somatik matang yang kemudian membentuk tunas.

Berdasarkan hasil pengamatan (Gambar 1A), kalus embriogenik yang di regenerasikan pada media MS dengan penambahan BAP menunjukkan perkembangan awal dengan bertambahnya masa kalus. Pertumbuhan selanjutnya kalus teramati perubahan warna putih menuju warna hijau muda (Gambar 1B). Kalus embriogenik teramati berkembang membentuk embrio somatik dengan teksture yang remah atau friable dan mulai membentuk kalus friable berwarna hijau pada minggu ke-2 (Gambar 1C).



Gambar 1. Regenerasi kalus embriogenik hasil kultur suspensi. (A) kalus suspensi sel, (B) early embrio somatik, (C) mature embrio somatik.



Gambar 2. Regenerasi kalus embriogenik membentuk fase embrio. (A) fase kalus embriogenik, (B) fase embrio somatik



Gambar 3. Awal kediniannya munculnya tunas dan multiplikasi tunas porang. (A) awal kediniannya tunas, (B) awal multiplikasi tunas, (C) hasil multiplikasi tunas.

Semua perlakuan konsentrasi hormon BAP menunjukkan perubahan pertumbuhan kalus yang sama (Gambar 2A). Namun pada pembentukan embrio menunjukkan pada perlakuan BAP 1 mg.L⁻¹ lebih dominan berwarna hijau dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan BAP 4 mg.L⁻¹ terlihat lebih dominan berwarna putih kekuningan dibandingkan warna hijau.

Perkembangan embrio somatik semakin menunjukkan perubahan warna hijau tua dan berbentuk bulat-bulat dalam

jumlah yang banyak (Gambar 2B). Setiap struktur bulat embrio berpotensi berkembang membentuk tunas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan hormon BAP pada media MS efektif meregenerasi kalus embriogenik membentuk embrio. Perkembangan embrio mulai terbentuk tunas diikuti terbentuknya organ daun teramati pada minggu ke-3 (Gambar 3A). Pada fase awal pembentukan tunas menunjukkan perubahan warna embrio somatik yang awalnya berwarna hijau tua menjadi berwarna coklat tua (Gambar 3A).

Awal kedonian tunas teramati muncul dari embrio somatik di bagian tengah yang disusul kemunculan tunas baru dari samping (Gambar 3B). Pengamatan pada minggu ke-9 menunjukkan multiplikasi tunas yang banyak dengan ukuran yang beragam (Gambar 3C). Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil regenerasi kalus embriogenik porang menghasilkan tunas yang banyak namun dengan ukuran tunas yang beragam. Selain itu, tunas porang teramati dapat membentuk organ akar beriringan dengan bertambahnya jumlah tunas.

Pertumbuhan Tunas

Berdasarkan hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan konsentrasi BAP berpengaruh nyata terhadap regenerasi kalus embriogenik porang pada parameter kedonian munculnya tunas, panjang tunas,

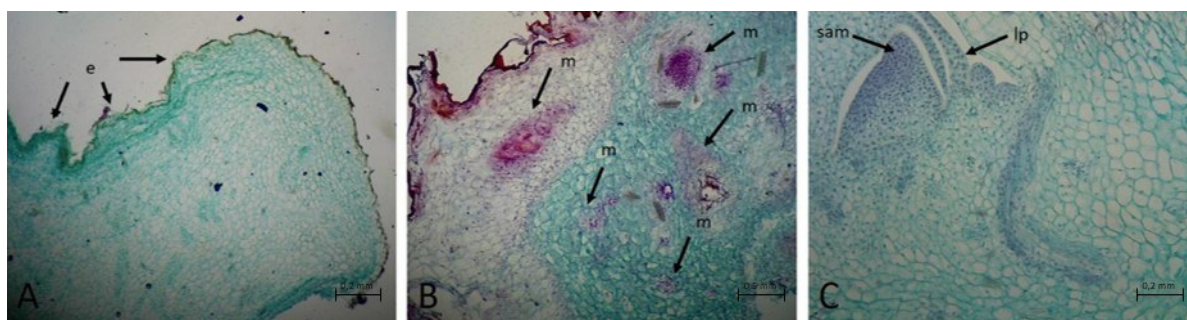
dan jumlah tunas (Tabel 1). Parameter persentase regenerasi menunjukkan hasil yang tidak berbeda signifikan dengan hasil yang tinggi yaitu rentang 80-93%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa konsentrasi hormon BAP 1-4 mg.L⁻¹ menunjukkan tingkat regenerasi yang tinggi.

Perlakuan BAP 1 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik dengan parameter kedonian munculnya tunas tercepat 45 hst, tunas terpanjang 7.6 cm, jumlah tunas terbanyak 7,33 tunas, dan persentase regenerasi 93,33%. Konsentrasi BAP yang rendah menunjukkan hasil terbaik dibandingkan konsentrasi BAP yang lebih tinggi. Perlakuan BAP 4 mg.L⁻¹ menunjukkan kedonian munculnya tunas 60 hst, panjang tunas 4,3 cm, jumlah tunas 2,3, dan persentase regenerasi 80%.

Tabel 1. Parameter pengamatan regenerasi kalus porang

Perlakuan	Kedonian (hst)	Panjang tunas (cm)	Jumlah Tunas	Persentase regenerasi (%)
BAP 1 mg.L ⁻¹	45.00 ± 2.00 a	7.6 ± 0.17 a	7.33 ± 1.15 a	93.33 ± 11.55
BAP 2 mg.L ⁻¹	56.00 ± 3.00 b	6.1 ± 0.11 ab	7.00 ± 0.00 a	93.33 ± 11.55
BAP 3 mg.L ⁻¹	57.67 ± 1.15 b	4.6 ± 0.08 b	3.33 ± 0.58 b	83.33 ± 5.77
BAP 4 mg.L ⁻¹	60.33 ± 3.21 b	4.3 ± 0.05 b	2.33 ± 0.58 b	80.00 ± 0.00

Keterangan: Rerata yang diikuti huruf sama dalam suatu kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda signifikan menurut uji DMRT 5%.



Gambar 4. Histologi regenerasi kalus membentuk tunas. (A) fase embrio, e: embrio, (B) histologi secara melintang pada sel meristematik, m: meristematik, (C) awal terbentuknya bakal tunas, sam: shoot apical meristem, lp: leaf primordium.

Pengamatan Histologi

Hasil pengamatan histologi menunjukkan bahwa kalus embriogenik mampu membentuk embrio somatik dengan sel meristematik (Gambar 4A). Sel meristematik membentuk struktur oval (m) dan berpotensi menjadi bakal tunas. Berdasarkan pengamatan histologi secara melintang dan membujur teramati shoot apical meristem (sam) dan leaf primordium (lp). Pengamatan histologi secara melintang teramati struktur sel dengan ukuran yang kecil menunjukkan bahwa sel aktif membelah (Gambar 4B). Pengamatan histologi secara membujur teramati shoot apical meristem dan leaf primordium (Gambar 4C). Shoot apical meristem merupakan bagian pucuk tunas yang aktif membelah dan tumbuh memanjang. Leaf primordium merupakan bagian yang akan berkembang membentuk organ daun.

PEMBAHASAN

Pemberian BAP pada media kultur banyak digunakan untuk merangsang pembentukan tunas (Ferziana *et al.*, 2021). Pada penelitian ini, penambahan BAP pada media dapat meregenerasi kalus embriogenik membentuk tunas. Respon pertumbuhan porang berbeda-beda setiap perlakuan konsentrasi BAP yang diberikan. Awal kedindian tunas teramati muncul dari embrio somatik di bagian tengah yang disusul kemunculan tunas baru dari samping (Gambar 3B). Pengamatan pada minggu ke-9 menunjukkan multiplikasi tunas yang banyak dengan ukuran yang beragam

(Gambar 3C). Hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa hasil regenerasi kalus embriogenik porang menghasilkan tunas yang banyak namun dengan ukuran tunas yang beragam. Selain itu, tunas porang teramati dapat membentuk organ akar beriringan dengan bertambahnya jumlah tunas. Menurut Hesami *et al.* (2023), kalus embriogenik menunjukkan regenerasi organ yang tampak jelas seperti struktur tunas, akar, dan embrio somatik.

Konsentrasi BAP yang rendah menunjukkan hasil terbaik dibandingkan konsentrasi BAP yang lebih tinggi. Perlakuan BAP 1 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik pada semua parameter pengamatan dibandingkan perlakuan BAP 4 mg.L⁻¹. Hal tersebut dapat disebabkan karena kalus hasil kultur suspensi mengandung hormon sitokinin endogen, sehingga dengan konsentrasi yang rendah dari sitokinin eksogen sudah mampu meregenerasi kalus embriogenik (Lailani, 2023). Berdasarkan pengamatan, semakin tinggi konsentrasi BAP menunjukkan respon pertumbuhan yang semakin menurun. Konsentrasi BAP yang terlalu tinggi dapat merusak jaringan, sehingga menghambat pertumbuhan dan pembesaran sel (Maulia *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian sebelumnya, konsentrasi BAP 1 mg.L⁻¹ dan 2 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik pada mikropropagasi tangkai daun iles-iles (Prayana *et al.*, 2017). Konsentrasi BA 1-2 mg.L⁻¹ dalam media berfungsi untuk proliferasi tunas dan konsentrasi 0,1 mg.L⁻¹ untuk pemanjangan tunas (Witjaksono *et al.*,

2012). Pada tanaman umbi lainnya, konsentrasi BAP 0,25 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil regenerasi kentang yang lebih baik dibandingkan BAP 1 mg.L⁻¹ (Dilshad *et al.*, 2021).

Hasil pengamatan histologi menunjukkan bahwa regenerasi kalus membentuk embrio yang lebih banyak dan berpotensi membentuk tunas. Metode perbanyak porang yang efektif dan efisien dalam memproduksi bibit sangat diperlukan untuk menunjang budidaya porang skala masal. Embrio somatik digunakan untuk mempelajari pengaturan perkembangan embrio dan sebagai alat untuk perbanyak vegetatif skala besar (Zhong *et al.*, 2017). Regenerasi porang melalui somatik embriogenesis dan kultur suspensi sel memungkinkan menghasilkan bibit skala besar dan meningkatkan efisiensi budidaya bibit porang (Farlisa *et al.*, 2022). Hal ini karena setiap suspensi sel dapat menghasilkan embrio somatik yang berpotensi beregenerasi membentuk tunas. Regenerasi tunas dari eksplan umbi porang dapat membantu untuk memenuhi kebutuhan industri pangan, obat-obatan dan farmasi (Thach *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Regenerasi kalus embriogenik berhasil membentuk tunas. Perlakuan BAP 1 mg.L⁻¹ menunjukkan hasil terbaik dengan parameter kedinian munculnya tunas tercepat 45 hst, tunas terpanjang 7,6 cm, jumlah tunas terbanyak 7,33 tunas, dan persentase regenerasi 93,33%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada Laboratorium Kultur Jaringan Program Studi Agronomi yang telah mendukung dan memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, W., Purwaningsih, P., & Palupi, T. (2023). Peningkatan Viabilitas Benih Porang Melalui Moisturizing Ekstrak Bawang Merah. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4), 1009. <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i4.64308>.
- Basri, A. H. H. (2016). Kajian Pemanfaatan Kultur Jaringan Dalam Perbanyak Tanaman Bebas Virus. *Agrica Ekstensia*, 10(6), 64–73.
- Chen, Y., Zhang, Y., Cheng, Q., Niu, M., Liang, H., Yan, H., Zhang, X., Teixeira da Silva, J. A., & Ma, G. (2016). Plant regeneration via direct and callus-mediated organogenesis from leaf explants of *Chirita swinglei* (Merr.) W. T. Wang. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 52(5), 521–529. <https://doi.org/10.1007/s11627-016-9766-5>.
- Dilshad, E., Asif, A., Arooj, H., Khan, S. H., & Bakhtiar, S. M. (2021). Impact of BAP on in Vitro Regeneration of Potato (*Solanum Tuberosum* L.). *Current Trends in OMICS*, 1(2), 67–79. <https://doi.org/10.32350/cto.12.04>.
- Farlisa, V. Y., Dewanti, P., Hariyono, K., Handoyo, T. & Restanto, D. P. (2022). Induksi Somatic Embriogenesis dan Kultur Suspensi Sel Pada Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(2), 111–123. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i2.448>.

- Ferziana., Erfa, L., Maulida, D., Sari, R.M., & Yuniardi, F. 2021. In vitro regeneration of porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) at several concentrations of BAP (benzyl amino purine). *International Conference On Agriculture and Applied Science*. 76-83.
- Graeber, K., Nakabayashi, K., Miatton, E., Leubner-Metzger, G., & Soppe, W. J. J. (2012). Molecular mechanisms of seed dormancy. *Plant, Cell and Environment*, 35(10), 1769–1786. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2012.02542.x>.
- Hamdi, M. F. F. A, Diyanti, A. R., & Mutia, Y. D. (2022). Studi Perkecambahan tiga Jenis benih porang asal Kab. Pacitan. *Jurnal Folium*, 6(1), 23–36.
- Hardjo, P. H., Wijaya, A. N., Savitri, W. D., & Irawati, F. (2023). Plant Regeneration in *Amorphophallus muelleri* Blume. through Organogenic. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 15(1), 60–66. DOI: <http://dx.doi.org/10.15294/biosaintifika.v15i1.40501>.
- Hesami, M., Pepe, M., de Ronne, M., Yoosefzadeh-Najafabadi, M., Adamek, K., Torkamaneh, D., & Jones, A. M. P. (2023). Transcriptomic Profiling of Embryogenic and Non-Embryogenic Callus Provides New Insight into the Nature of Recalcitrance in Cannabis. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(19). <https://doi.org/10.3390/ijms241914625>.
- Indriyani, S., & Widoretno, W. (2017). Dormancy Breaking Of Porang ' S (*Amorphophallus Muelleri* Blume) Bulbil By Photoperiod Treatment. *International Journal Of Agriculture and Environmental Research*. 3(1), 2369–2374.
- Indriyani, S., & Widoretno, W. (2016). The Effect of Photoperiod to Break Dormancy of Porang's (*Amorphophallus muelleri* Blume) Tuber and Growth. *Research Journal of Life Science*, 3(3), 166–171. <https://doi.org/10.21776/ub.rjls.2016.03.03.5>.
- Klupczynska, E. A., & Pawlowski, T. A. (2021). Regulation of seed dormancy and germination mechanisms in a changing environment. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(3), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijms22031357>.
- Lailani, Z. I., & Kuswandi, P. C. 2023. Pengaruh Penambahan Bap Terhadap Induksi Kalus Tanaman Porang Secara In Vitro. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 9(1), 45-55.
- Li, D., Mohammadi, M. A., Qin, Y., & Zhang, Z. (2021). Somatic embryogenesis and indirect in vitro plant regeneration in *amorphophallus* konjac k. Koch by one-step seedling formation. *Horticulturae*, 7(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7110497>.
- Liu, E., Yang, C., Liu, J., Jin, S., Harijati, N., Hu, Z., Diao, Y., & Zhao, L. (2019). Comparative analysis of complete chloroplast genome sequences of four major *Amorphophallus* species. *Scientific Reports*, 9(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37456-z>.
- Maulia, E., Zuyasna, & Basyah, B. (2021). Growth of Patchouli Shoots (*Pogostemon Cablin Benth*) with Several Concentrations of Growth Regulator Substances in Vitro. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 14(1), 38–46. <https://doi.org/10.9790/2380-1401013846>.
- Mutaqin, A. Z., Khrisnan, M. A., Kusmoro, J., Iskandar, J., Budiono, R., Madihah, Nurzaman, M., Setiawati, T., & Rusdi. (2024). Morphology of porang (*Amorphophallus muelleri*) in the Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(8), 2656–2662. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250838>.

- Prayana, F. A., Djenal., & Wardana, R. (2017). Mikropropagasi Tangkai Daun Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri* Blume) Secara In Vitro Dengan Penambahan ZPT BAP dan NAA. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1(2), 95–104. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v1i2.45>.
- Thach, B. D., Nguyen, L., Linh, T., Khac Duy, N., Ben, T. T., Thi, T., Giang, L., Pham, N., Uyen, A., Suong, N. K., & Van Du, N. (2016). Preliminary Selection and in Vitro Propagation of *Amorphophallus* Species With High Content of Glucomannan Distributed in Vietnam. *European Journal of Advanced Research in Biological and Life Sciences*, 4(1), 1–7. www.idpublications.org.
- Wijayanti, P. R. (2023). Review Pematahan Dormansi Biji dengan Metode Skarifikasi Mekanik dan Kimia. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(2), 109–116.
- Witjaksono, Nugraheni, K. U., Hoesen, D. S. H., & Irawati. (2012). Perbanyakan *Amorphophallus titanum* Becc (Araceae) dengan Teknologi In Vitro. *Jurnal Biologi Indonesia*, 8(2), 343–354. http://ejournal.biologi.lipi.go.id/index.php/jurnal_biologi_indonesia/article/view/3056.
- Zhong, L., Liu, E., Yang, C., Jin, S., Diao, Y., & Hu, Z. (2017). High embryogenic ability and regeneration from floral axis of *Amorphophallus konjac* (Araceae). *Open Life Sciences*, 12(1), 34–41. <https://doi.org/10.1515/biol-2017-0004>.