



Pro-life

Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, dan Ilmu Serumpun
<https://ejournal.uki.ac.id/index.php/prolife>

Pupuk Daun sebagai Media Alternatif untuk Induksi Kalus Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume.)

Meliana Ximenes Belo¹, Wina Dian Savitri², Ida Bagus Made Artadana³, Didik Pudji Restanto⁴,
Poppy Hartatie Hardjo^{5*}

^{1,5}Master of Biotechnology Program, Faculty of Biotechnology, University of Surabaya,
Surabaya, Indonesia

^{2,3}Department of Biology, Faculty of Biotechnology, Universitas of Surabaya, Surabaya, Indonesia

⁴Department of Master of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Jember, Jember, Indonesia

*Corresponding author: poppy_hardjo@staff.ubaya.ac.id

Article History

Received: 08 June 2025

Approved: 25 October 2025

Published: 12 November 2025

Keywords

foliar fertilizer, callus,
6-Benzylaminopurine, porang,
Amorphophallus muelleri Blume,
2,4-Dichlorophenoxyacetic acid

ABSTRACT

Foliar fertilizer with an affordable market price can be utilized as an alternative medium for callus induction in *Amorphophallus muelleri* Blume. This study aims to compare the concentration of foliar fertilizer used as an alternative medium. This study used different concentrations of foliar fertilizer as culture medium: full strength (3,0 g/L) and half strength (1,5 g/L) as substitutes for Murashige and Skoog (MS) medium. The media were supplemented with plant growth regulators (PGRs) 2,4-D (2,4-Dichlorophenoxyacetic acid) at 1,0 mg/L and BAP (6-Benzylaminopurine) at 0,5 mg/L for callus induction, and the study aimed to assess the effect of foliar fertilizer (Gandasil D) instead of MS (Murashige-Skoog) medium. The study used a completely randomized design with three treatments, and the data were analyzed using ANOVA (Analysis of Variance). If the ANOVA was significant at $\alpha=5\%$, the DMRT (Duncan's Multiple Range Test) was used to determine differences. The results showed that the formulation was Gandasil D (3,0 g/L) + 2,4-D (1,0 mg/L) + BAP (0,5 mg/L). However, it had a lower average increase in callus diameter than the Gandasil D (1,5 g/L) + 2,4-D (1,0 mg/L) + BAP (0,5 mg/L) treatment. Still, it provided a higher average increase in fresh weight and a lower browning percentage. Foliar fertilizer (Gandasil D) can be used as a substitute for MS medium to induce porang callus, but further optimization is needed by adding vitamins and organic compounds to achieve growth comparable to that in MS medium.

© 2025 The Authors. Published by Christian University of Indonesia.

Licensed under CC BY-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

PENDAHULUAN

Amorphophallus, sebuah genus dalam keluarga *Araceae*, terdiri dari sekitar 176 spesies yang tersebar di berbagai belahan

dunia (Ashan *et al.*, 2023; Faristy & Vauzia, 2024). Dari jumlah tersebut, Indonesia memiliki kekayaan biodiversitas yang signifikan, dengan 25 spesies atau sekitar

14,2 % dari total spesies yang ada; Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume.) adalah salah satu spesies paling unggul karena kandungan glukomanan yang bermanfaat sehingga memiliki nilai ekonomis tinggi di Indonesia (Islam *et al.*, 2023). Porang bermanfaat sebagai bahan pangan pengental (Nurlatifah & Amyranti, 2023; Rizoputra *et al.*, 2025), sumber bioaktif untuk kesehatan (Danawati, 2022; Hosiana *et al.*, 2023; Thelmalina & Wirasuta, 2023; Widjanarko *et al.*, 2023), dan bahan industri seperti pengental kosmetik dan bahan impermeabel (Nugrahaeni *et al.*, 2021).

Produksi Porang di Indonesia sekitar 600.000 ton per ha dari 100.000 ha (Dinas Pertanian Cilacap, 2023), khususnya di Jawa Timur dengan luas 37,616 ha dan hasil 266,250 ton per tahun (Hidayat *et al.*, 2022), menjadi prioritas dalam pengembangan pertanian dan perekonomian nasional. Rencana pengembangan hingga 2024 mencakup perluasan area tanam menjadi 100.000 ha dan peningkatan hasil per hektare, dengan target ekspor ke negara seperti China dan Vietnam. Namun, teknik perbanyakan secara konvensional yang umum digunakan, yaitu melalui bibit berupa biji, umbi, dan kormus, memiliki keterbatasan karena prosesnya memakan waktu lama, membutuhkan energi yang besar, dan memerlukan lahan yang luas. Hal ini karena biji membutuhkan waktu berkecambah yang cukup lama yaitu sekitar

6-7 minggu pada kondisi optimal, sementara umbi dan kormus memakan 7-9 bulan serta memerlukan perawatan intensif (Ardianti, 2024; Fadhilah *et al.*, 2025). Sebagai solusi untuk kendala yang dihadapi dalam metode konvensional, induksi kalus menggunakan eksplan bulbil dalam kultur jaringan telah menjadi pendekatan yang semakin populer.

Kultur jaringan tanaman merupakan teknik bioteknologi modern yang memungkinkan perbanyakan tanaman secara aseptik dan massal dengan menggunakan bagian kecil tanaman (eksplan misalnya daun, umbi, batang, biji, akar, kormus) yang ditumbuhkan dalam media buatan (Eriksson, 2022; Wijerathna-Yapa & Hiti-Bandaralage, 2023). Salah satu metode dalam kultur jaringan adalah induksi kalus, yakni merupakan massa sel yang bersifat indiferent dan tidak terorganisasi, terbentuk melalui proses dediferensiasi sel-sel eksplan ketika mengalami stres, luka, atau rangsangan hormonal tertentu. Proses ini menstimulasi sel untuk kembali ke keadaan totipotensi, yakni kemampuan inherent setiap sel untuk berkembang menjadi seluruh bagian tanaman yang utuh seperti akar, batang, atau daun.

Umumnya, propagasi Porang melalui kultur jaringan sudah dilakukan dalam beberapa penelitian. Wijaya *et al.* (2023) melaporkan dalam penelitiannya bahwa BAP 5,0 mg/L kombinasi dengan NAA 2,0 mg/L dengan media MS dapat mempercepat

pertumbuhan kalus *Amorphophallus muelleri* Blume. var. Madiun 1. Selain itu, Restanto *et al.* (2024) melaporkan 93,33% kalus porang dapat meregenerasi dengan cepat dengan menggunakan BAP 1,0 mg/L dengan media MS. Secara umum, auksin 2,4-D dan NAA digunakan secara efektif untuk menginduksi pertumbuhan kalus pada dosis rendah, dengan tingkat aktivasi yang tinggi, dan sitokinin seperti BAP digunakan untuk meningkatkan proliferasi kalus dan regenerasi tanaman dari jaringan adventif, serta dalam media MS, yang menyediakan nutrisi bagi eksplan. Namun, di sisi lain media MS harganya relatif mahal, sehingga diperlukan alternatif media yang lebih ekonomis dan mudah didapatkan, namun tetap efektif dalam menginduksi kalus Porang.

Salah satu alternatif media yang digunakan untuk tanaman lain adalah pupuk daun Gandasil D. Pupuk ini berbentuk kristal dan mengandung nutrisi utama seperti Nitrogen (N) 20%, Fosfor (P_2O_5) 15%, Kalium (K_2O) 15%, dan Magnesium ($MgSO_4$) 1% (Soedarjo, 2022). Nitrogen penting untuk pertumbuhan jaringan karena merupakan unsur pembentuk asam amino, protein, dan nukleotida. Fosfor (P_2O_5) mendukung energi (ATP) dan sintesis DNA/RNA untuk mitosis dan diferensiasi. Kalium (K_2O) mengaktifkan enzim, mengatur tekanan osmotik, dan transpor nutrisi. Magnesium ($MgSO_4$) sebagai

kofaktor enzim dan bagian klorofil meningkatkan fotosintesis, metabolisme energi, dan regenerasi jaringan. Kandungan ini sangat efektif dalam menginduksi fase pertumbuhan vegetatif, terutama pada pembentukan daun dan perangsangan tunas baru. Selain itu, penggunaan pupuk Gandasil D pada dosis yang tepat dapat mempercepat proses induksi kalus, meningkatkan vigor jaringan, dan mendukung efisiensi regenerasi tanaman dari kalus.

Beberapa penelitian juga telah menggunakan Gandasil D sebagai pengganti atau pelengkap media MS. Misalnya pada induksi kalus dengan eksplan batang *Chrysanthemum morifolium* Ramat cv Dewi Ratih menunjukkan kombinasi Gandasil D dengan BAP 0,25 mg/L, dalam 7 hari dapat menghasilkan kalus terbaik (Naser & Wisnu, 2021); perbandingan media Gandasil D dengan media lain seperti Vacin-Went (VW) pada aklimatisasi terhadap pembesaran *plantlet* sebelum anggrek *Vanda* menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan terhadap pembesaran *plantlet* sebelum aklimatisasi terhadap anggrek *Vanda* (Kasutjaningati *et al.*, 2022). Pemanfaatan Gandasil D secara khusus untuk induksi kalus pada tanaman Porang belum ada. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi secara mendalam potensi Gandasil D sebagai media alternatif inovatif untuk induksi kalus dari eksplan bulbil porang, sehingga

memberikan kontribusi baru dalam pengembangan teknik kultur jaringan tanaman Porang secara lebih efisien dan ekonomis.

METODE PENELITIAN

Metode

Jenis penelitian adalah penelitian eksperimen laboratorium yang dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Tanaman, Fakultas Teknobiologi Universitas Surabaya.

Alat dan Bahan

Eksplan yang digunakan untuk induksi kalus Porang adalah bulbil. Bulbil merupakan organ vegetatif umbi yang tumbuh di bagian percabangan tangkai daun. Media perlakuan menggunakan alternatif pupuk daun Gandasil D dan MS, dengan zat pengatur tumbuh (ZPT) auksin 2,4-D dan sitokinin BAP. Prosedur penelitian meliputi persiapan eksplan, persiapan media perlakuan, persiapan ruang kultur dan alat, serta inokulasi eksplan.

Prosedur

Persiapan Eksplan

Eksplan bulbil Porang disiapkan dengan dibersihkan terlebih dahulu di bawah air mengalir untuk menghilangkan kotoran. Selanjutnya, bulbil direndam dalam larutan fungisida dan bakterisida secara berurutan selama masing-masing satu jam, kemudian dibilas dengan air steril untuk memastikan kebersihan dan mengurangi risiko

kontaminasi. Sterilisasi selanjutnya di dalam *laminar-air flow*, ukuran bulbil dikecilkan dan direndam dalam larutan HgCl_2 0,02% selama 5 menit, kemudian dibilas dengan akuades steril, selanjutnya direndam dalam larutan NaOHC 4% selama 15 menit, lalu dibilas akuades steril berkali-kali. Ukuran eksplan potongan bulbil $1 \times 1 \text{ cm}^2$.

Persiapan Media

Media yang digunakan adalah Gandasil D (*half-strength* 1,5 g/L); Gandasil D (*full strength* 3,0 g/L); dan media MS. Medium pupuk daun Gandasil D tanpa penambahan vitamin seperti medium MS. Semua medium perlakuan diberi ZPT auksin 2,4-D 1,0 mg/L kombinasi dengan sitokinin BA 0,5 mg/L, dan sukrosa 30 g/L. Prosedur pembuatan media meliputi penimbangan semua bahan media dan larutkan dalam akuades steril, lalu dipanaskan dengan *microwave* sambil diaduk hingga homogen dan bening. Media dengan volume 25 ml kemudian dipindahkan ke dalam botol kultur steril dan disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 20 menit.

Persiapan Alat

Persiapan alat sebelum induksi kalus dilakukan sterilisasi ruangan *Laminar Air Flow* (LAF). Alat seperti *scalpel* dan penjepit disterilkan dengan cara dibakar sebelum digunakan. Selanjutnya, botol kultur dibuka secara aseptik untuk mengambil bulbil Porang, yang kemudian dipotong menjadi bagian kecil. Bagian

bulbil yang terlihat menghitam atau busuk dibuang untuk menghindari risiko kontaminasi. Eksplan potongan bulbil ditanam di media perlakuan yang sudah disiapkan, lalu diinkubasi dalam ruangan inkubasi dengan temperatur 24°C dan lama penyinaran 16 jam.

Pengambilan Data

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap, dengan tiga perlakuan media yaitu media MS, media Gandasil D (*full strength* 3,0 g/L), dan media Gandasil (*half strength* 1,5 g/L) dengan ulangan 20 kali. Pengambilan data dilakukan secara berkala setiap minggu untuk mengamati perkembangan kalus. Variabel yang diukur adalah pertambahan ukuran kalus (diukur tiga arah yang berbeda), pertambahan berat segar, dan warna kalus dengan mengacu pada **Tabel 1**.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA). Selanjutnya dilakukan uji lanjut

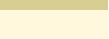
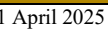
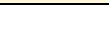
menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Pengujian dilakukan pada taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ untuk menentukan perbedaan yang signifikan antar perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan studi awal yang mengeksplorasi potensi penggunaan Gandasil D sebagai media alternatif untuk induksi kalus *Amorphophallus muelleri*. Gandasil D yang berkombinasi dengan auksin dan sitokinin merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi induksi kalus. Pengaruh konsentrasi Gandasil terhadap ukuran kalus dapat dilihat pada **Tabel 2**.

Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam peningkatan ukuran kalus setelah perlakuan selama 6 minggu ($p < 0,05$). Media MS menghasilkan peningkatan kalus terbesar (rata-rata 2,8 cm), berbeda signifikan dibanding perlakuan Gandasil D (*half* maupun *full strength*).

Tabel 1. Acuan Skor Warna Kalus

Skala Angka	Nama Warna	Warna	Skala Angka	Nama Warna	Warna
1	Old Burgundy		6	Golden Ochre	
2	Dark Brown		7	Earth Yellow	
3	Coffee		8	Pale Gold	
4	Pecan Brown		9	Vanilla	
5	Mustard Brown		10	Cornsilk	

Sumber: <https://coolers.co/>, diakses pada 1 April 2025

Tabel 2. Rata-Rata Pertambahan Ukuran Kalus *A. muelleri* Masa Inkubasi Kultur Enam Minggu

Medium	Rata-Rata Pertambahan Ukuran Kalus (cm)
MS	2,8±0,35 ^a
Gandasil D (<i>half strength</i> 1,5 g/L)	1,0±0,24 ^b
Gandasil D (<i>full strength</i> 3,0 g/L)	0,7±0,16 ^b

Ket. Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan dengan uji DMRT pada $\alpha=5\%$

Tabel 3. Rata-rata Pertambahan Berat Segar Kalus *A. muelleri* Masa Inkubasi Kultur Enam Minggu

Medium	Rata-Rata Pertambahan Berat Segar Kalus (g)
MS	1,55±0,158 ^a
Gandasil D (<i>half strength</i> 1,5 g/L)	0,43±0,372 ^b
Gandasil D (<i>full strength</i> 3,0 g/L)	0,60±0,345 ^c

Ket. Angka-angka yang diikuti huruf yang berbeda berarti berbeda signifikan dengan uji DMRT pada $\alpha=5\%$

Tabel 3 menunjukkan bahwa rata-rata peningkatan berat segar kalus selama enam minggu paling tinggi pada media MS, diikuti oleh Gandasil D *full strength* dan Gandasil D *half strength*. Perlakuan media MS menghasilkan pertambahan berat segar kalus yang paling tinggi, sedangkan Gandasil D meskipun mampu merangsang pembentukan kalus, menghasilkan pertambahan berat segar yang lebih rendah. Variasi dalam berat segar kalus dipengaruhi oleh faktor-faktor fisiologis dan fisiokimia, terutama tingkat pembelahan dan ekspansi sel. Menurut Junairiah *et al.* (2021) berat segar suatu massa jaringan sangat dipengaruhi oleh jumlah air di dalam jaringan tersebut; selanjutnya, kemampuan sel untuk melakukan pembelahan dan ekspansi secara aktif menjadi faktor utama dalam pertumbuhan biomasa. Pada konteks ini, meskipun media Gandasil D *half strength* menghasilkan rata-rata ukuran kalus yang lebih besar, berat segarnya lebih rendah dibandingkan media Gandasil *full strength*.

Kondisi ini dapat dijelaskan melalui aspek biokimia dan fisiologis, di mana ukuran kalus yang lebih besar belum tentu

menunjukkan peningkatan masa per satuan luas atau berat, melainkan kemungkinan besar disebabkan oleh banyaknya kandungan cairan di dalam jaringan (hipotonik), yang meningkatkan volume tanpa meningkatkan masa kering (Gozdur *et al.*, 2024; Korotaeva *et al.*, 2024).

Selain itu, penurunan jumlah nutrisi dalam media Gandasil D *half strength* seiring waktu mungkin menghambat proses penyerapan nutrisi penting seperti sukrosa, N, dan ZPT, yang diperlukan untuk metabolisme energi dan biosintesis biomolekul. Kondisi ini menyebabkan penurunan aktivitas metabolik dan pembelahan sel, sehingga berat segar kalus lebih kecil meskipun ukuran fisik terlihat lebih besar. Oleh karena itu, meskipun ukuran kalus penting sebagai indikator morfologis, pengukuran berat segar menjadi parameter penting untuk menilai kemampuan kultur dalam menghasilkan biomasa yang siap untuk tahap regenerasi selanjutnya.

Selain itu, pengukuran berat segar sangat penting karena menunjukkan kapasitas produksi biomasa jaringan yang menentukan produktivitas dan efisiensi

kultur dalam jangka panjang, serta menjadi indikator adanya aktivitas metabolik dan proliferasi sel (Bano *et al.*, 2022; Mamdouh & Smetanska, 2022), dengan demikian dapat menjaga keseimbangan nutrisi dan kondisi lingkungan kultur sangat diperlukan untuk memperoleh kalus dengan masa biomassa optimal dan mendukung keberhasilan tahap kultur lanjutan. Hal ini mengindikasikan bahwa kalus yang terbentuk pada media tersebut cenderung merupakan kalus remah, sementara kalus yang dihasilkan pada media dengan konsentrasi penuh cenderung lebih kompak. Kalus remah ditandai dengan tekstur yang lunak serta memiliki banyak ruang antar sel, kalus kompak memiliki tekstur padat dan tersusun dari sel-sel kecil yang saling rapat (Rasud & Bustaman, 2020; Restiani *et al.*, 2024).

Pengaruh media kultur terhadap tekstur kalus adalah aspek penting yang mencerminkan proses dediferensiasi dan proliferasi jaringan tanaman dalam kultur *in vitro*. Struktur dan tekstur kalus berhubungan erat dengan tingkat proliferasi sel, distribusi ruang antar sel, serta tingkat kerapatan jaringan yang terbentuk (Günter *et al.*, 2024; Zhu *et al.*, 2022). Kalus yang terbentuk pada media yang kekurangan nutrisi atau dengan konsentrasi nutrisi yang kurang optimal, seperti Gandasil D *half strength*, cenderung memiliki tekstur yang lunak dan longgar, dikenal sebagai kalus remah. Karakteristik ini ditandai oleh

adanya ruang antar sel yang cukup besar, yang berhubungan dengan volume cairan sel dan keberadaan vakuola besar di dalam sel, serta aktivitas metabolisme yang relatif tinggi. Struktur jaringan yang longgar ini menunjukkan tingkat dediferensiasi yang lebih tinggi, di mana sel-sel lebih aktif melakukan pembelahan dan ekspansi tanpa penataan struktural yang ketat (Zhu *et al.*, 2023). Sebaliknya, kalus yang terbentuk pada media dengan kandungan nutrisi lengkap dan konsentrasi penuh, seperti media MS, cenderung menjadi kalus yang lebih kompak dan padat. Tekstur ini disebabkan oleh tingginya tingkat kerapatan jaringan, yang ditandai oleh sejumlah kecil ruang antar sel, serta adanya kompaksi jaringan yang diakibatkan oleh proliferasi aktif dan diferensiasi sel-sel kecil yang tersusun rapat (Restiani *et al.*, 2024).

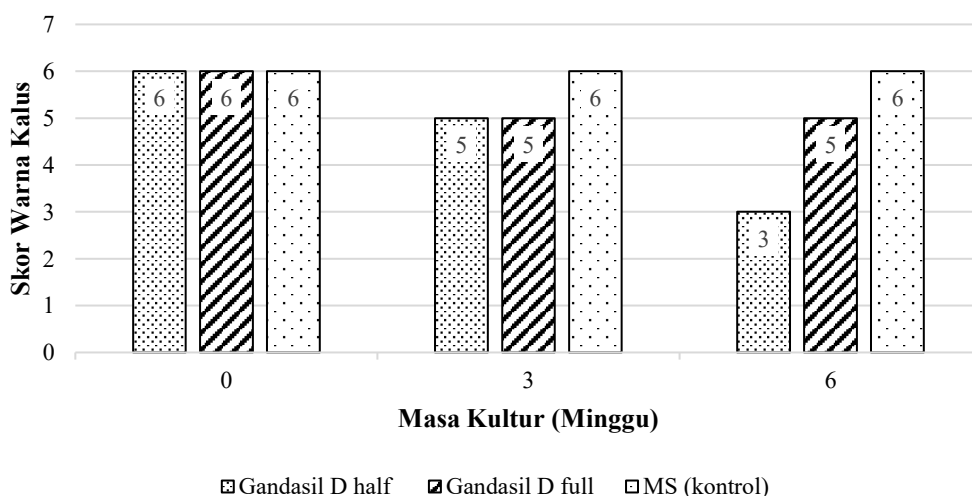
Struktur jaringan seperti ini menunjukkan tingkat dediferensiasi yang lebih rendah, serta kemungkinan mulai berlangsungnya diferensiasi awal menuju organ atau jaringan lain. Hal ini juga berkaitan dengan dinamika aktivitas enzim sel dan jalur sinyal hormonal, di mana kadar nutrisi dan ZPT mempengaruhi jalur biosintesis dinding sel, serta distribusi dan ukuran vakuola di dalam sel. Kalus yang lebih longgar dan lunak biasanya menunjukkan tingkat metabolisme energi dan biosintesis protein yang lebih tinggi, terkait dengan aktivitas enzim seperti

selulase dan pectinase, yang berperan dalam *remodelling* dinding sel dan ekspansi jaringan. Selain itu, kandungan sukrosa yang diserap oleh eksplan berperan sebagai sumber karbon dan energi (Wahyuni *et al.*, 2020). Sukrosa tidak hanya menyediakan bahan bakar metabolisme sel, tetapi juga berfungsi sebagai prekursor dalam biosintesis ZPT dan komponen struktural dinding sel, seperti pektin dan hemiselulosa. Tingkat penyerapan sukrosa ini mempengaruhi osmotik tekanan dalam jaringan dan dapat menyebabkan pembentukan jaringan yang lebih longgar atau lebih padat sesuai dengan ketersediaan energi dan bahan bangunan.

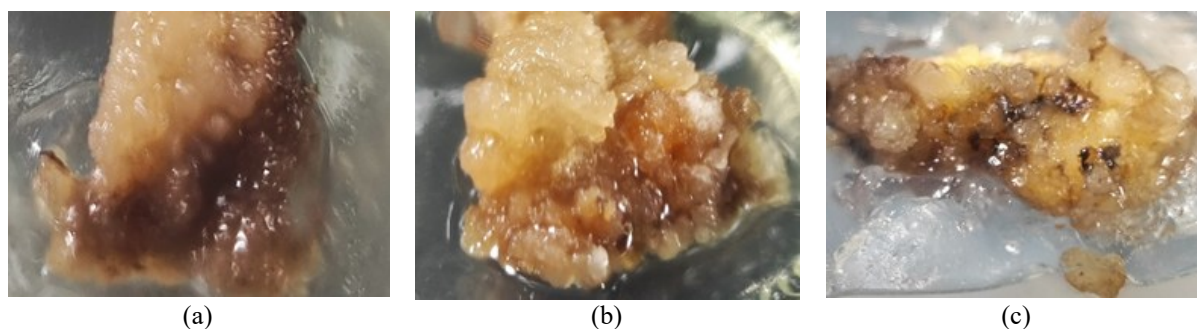
Selain itu, konsentrasi media Gandasil D juga berpengaruh terhadap warna kalus. Perbedaan konsentrasi Gandasil memberi hasil visualisasi warna yang berbeda. Skala warna kalus diukur berdasarkan pengamatan yang dilakukan pada saat tanam, minggu ke-3, dan ke-6 (**Gambar 1**). Penentuan warna

akhir didasarkan pada 70% dari keseluruhan permukaan kalus yang kemudian dibandingkan dengan tabel acuan warna (**Tabel 1**).

Berdasarkan penurunan rata-rata skor warna kalus yang ditunjukkan pada **Gambar 1**, perubahan warna pertama kali terjadi pada minggu ketiga. Perubahan warna ini mengindikasikan bahwa seiring pertumbuhannya, kalus beradaptasi terhadap media pertumbuhan. Pada minggu ke-3, persentase kalus yang mengalami *browning* pada media Gandasil D dengan konsentrasi *half strength* mencapai 66,6%, sementara pada media Gandasil D dengan konsentrasi *full strength* hanya sebesar 20%. Pada minggu ke-6, persentase kalus yang mengalami *browning* meningkat pada kedua media tersebut, di mana warna kalus pada media Gandasil D *half strength* menjadi 76,6% dan pada media Gandasil D *full strength* 33,3% (**Gambar 2**).



Gambar 1. Rata-rata Skor Warna Kalus *A. Muellieri* Blume. Selama Enam Minggu



Gambar 2. Kalus *Amorphophallus muelleri* Blume. pada Masa Kultur 6 Minggu. (a) Media Gandasil D *half strength* (1,5 g/L); (b) Media Gandasil D *full strength* (3,0 g/L); (c) Media MS

Peningkatan persentase *browning* serta penurunan skor warna kalus pada media Gandasil D *half strength* yang mengandung 2,4-D 1,0 mg/L dan BAP 0,5 mg/L menunjukkan bahwa sel-sel kalus mulai mengalami kematian akibat kehabisan nutrisi. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Setiawati *et al.* (2024) bahwa terjadi perubahan warna kalus *Chrysanthemum morifolium* Ramat seiring dengan pertambahan umur kalus yang bertambah pada masa kultur 45 hari setelah tanam (HST). Keadaan ini juga dapat dipengaruhi oleh akumulasi senyawa fenol yang dihasilkan oleh enzim oksidase saat perlakuan. Luka pada eksplan menyebabkan enzim dan substrat keluar dari sel, yang dapat memicu terjadinya ikatan antara protein dan hidrogen. Proses ini meningkatkan aktivitas fenilalanin amonia liase, sehingga menghasilkan senyawa fenilpropanoid (Zagoskina *et al.*, 2023). Kekurangan nutrisi ini dapat diatasi melalui teknik subkultur. Subkultur merupakan metode pemindahan sel, jaringan, atau organ dari media lama ke media baru untuk

meningkatkan daya pertumbuhan dan perkembangan inokulum. Subkultur diperlukan agar kebutuhan nutrisi untuk pertumbuhan kalus selalu terpenuhi, sehingga proses *browning* dapat diminimalkan. Frekuensi subkultur yang dianjurkan berkisar antara 3 hingga 6 kali, di mana pada penelitian ini disarankan untuk melakukannya setiap tiga minggu memastikan pertumbuhan kalus yang optimal (da Silva *et al.*, 2020). Hasil pengamatan (**Gambar 2**) menunjukkan bahwa kombinasi media Gandasil D *full strength* menghasilkan kalus berwarna kuning yang lebih banyak dibandingkan dengan media Gandasil D dengan *half strength*. Kalus berwarna kuning menandakan bahwa sel-sel kalus berada dalam kondisi baik dan aktif melakukan pembelahan. Warna putih kekuningan pada kalus menunjukkan sel yang aktif membelah dan menghasilkan jaringan muda, sementara kalus berwarna kuning merupakan indikator kalus yang aktif beregenerasi pada fase matang, bahwa warna kuning pada kalus memiliki kaitan dengan morfologi dan

pertumbuhan kalus. Berdasarkan hasil penelitian Kuswandi *et al.* (2023), kalus dengan warna kuning keputihan memiliki tekstur yang lebih kompak, yang menunjukkan aktivitas pembelahan sel yang lebih aktif dibandingkan dengan kalus berwarna coklat atau friabel.

Pada media MS, diketahui pertumbuhan kalus (**Tabel 2** dan **Tabel 3**) tertinggi dan juga warna kalus tidak *browning* (**Gambar 2**) dibanding media Gandasil D (*full maupun half strength*). Hal ini mengindikasikan bahwa pada media MS konsentrasi nutrisi makro-mikro mineral yang optimal berkontribusi terhadap viabilitas sel dan stabilitas fisiologis kalus selama periode kultur. Oleh karena itu diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui konsentrasi media Gandasil D yang optimal (dalam hal ini meningkatkan konsentrasi menjadi 1,5 kali) serta juga menambahkan senyawa organik dan vitamin (yang ada di media MS) untuk pertumbuhan kalus *Amorphophallus muelleri* Blume.

SIMPULAN

Media kultur berbasis pupuk daun Gandasil D dapat digunakan sebagai alternatif sumber nutrisi untuk pertumbuhan kalus *Amorphophallus muelleri* Blume. Penggunaan Gandasil D *full strength* (3,0 g/L) + 2,4-D (1,0 mg/L) + BAP (0,5 mg/L) memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan media Gandasil D *half*

strength (1,5 g/L) + 2,4-D (1,0 mg/L) + BAP (0,5 mg/L). Hal ini terlihat dari persentase kalus yang mengalami *browning* terendah pada minggu ke enam (33,3%), penambahan diameter kalus yang mencapai $(0,7 \pm 0,16)$ cm, serta penambahan berat segar kalus sebesar $(0,60 \pm 0,345)$ g selama masa kultur enam minggu.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardianti, R. (2024). Pengembangan Bibit Porang Dari Beberapa Sumber Dengan Berbagai Media Tumbuh Melalui Teknik Potting Mix Pada Tanah Entisol. *Journal of Soil Quality and Management*, 3(1), 13–22. <https://doi.org/https://doi.org/10.29303/jsqm.v3i1.161>
- Ashan, M. A., Haris Bahrin, A., Reflinur, & Ashan, M. D. (2023). *Amorphophallus muelleri* blume diversity based on morphological characteristics in South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1230(1), 1–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012133>
- Bano, A. S., Khattak, A. M., Basit, A., Alam, M., Shah, S. T., Ahmad, N., Gilani, S. A. Q., Ullah, I., Anwar, S., & Mohamed, H. I. (2022). Callus Induction, Proliferation, Enhanced Secondary Metabolites Production and Antioxidants Activity of *Salvia moorcroftiana* L. as Influenced by Combinations of Auxin, Cytokinin and Melatonin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, 1–16. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210200>
- Chimdessa, E. (2020). Composition and Preparation of Plant Tissue Culture Medium. *Journal of Tissue Culture and Bioengineering*, 3(01). <https://doi.org/10.29011/2688->

- 6502.000020
- da Silva, J. A. T., Alanagh, E. N., Barreal, M. E., Kher, M. M., Wicaksono, A., Gulyás, A., Gulyás, N., Tábori, K. M., Drienyovszki, N. M., Márton, L., Landín, M., Gallego, P. P., Driver, J. A., & Dobránszki, J. (2020). Shoot tip necrosis of in vitro plant cultures : a reappraisal of possible causes and solutions. In *Planta* (Vol. 252, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s00425-020-03449-4>
- Danawati, P. M. (2022). Uji Preventif Tepung Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Terhadap Kenaikan Kolesterol Total Tikus (*Rattus norvegicus* L.). *Jurnal Bioshell: Jurnal Pendidikan Biologi, Biologi, Dan Pendidikan IPA*, 11(2), 2022. <https://doi.org/10.56013/bio.v11i2.1416>
- Dinas Pertanian Kabupaten Cilacap. (2023). "PORANG" TaniPedia-Edisi 16. <https://dispertan.cilacapkab.go.id/2023/07/04/porang-tanipedia-edisi-16/> diakses 16 Oktober 2025.
- Eriksson, H. (2022). Basic principles of plant tissue culture and its applications. *Global Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 10(2), 1–2. <https://doi.org/10.15651/GJBB.22.10.039>
- Fadhilah, S., Widajati, E., Ilyas, S., Palupi, E. R., & Qadir, A. (2025). Protocol Development for Assessing Seed Moisture Content and Germination Testing in *Amorphophallus muelleri* Blume. *Journal of Tropical Crop Science*, 12(1), 132–144. <https://doi.org/10.29244/jtcs.12.01.132-144>
- Faristy, A. F. P., & Vauzia. (2024). Population Study of The Titan Arum (*Amorphophallus titanum* Becc.) in Sumatra. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 12(2), 79–85. <https://doi.org/10.25077/jbioua.12.2.79-85.2024>
- Gozdur, K., Szopa, A., & Ślesak, H. (2024). Effect of salt stress on growth and phenolic compounds production in callus suspension culture of the dioecious species thyrse sorrel (*Rumex thyrsiflorus* Fingerh.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 158(3). <https://doi.org/10.1007/s11240-024-02822-5>
- Günter, E., Popeyko, O., Vityazev, F., & Popov, S. (2024). Effect of Callus Cell Immobilization on the Textural and Rheological Properties, Loading, and Releasing of Grape Seed Extract from Pectin Hydrogels. *Gels*, 10(273). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/gels10040273>
- Hidayat, R., Purwadi, Sasongko, P. E., & Dwiridhotjahjono, J. (2022). Pengembangan Hilirisasi Porang (*Amorphophallus Onchopillus* Prain) sebagai Agroindustri Unggulan Jawa Timur. *Cakrawala*, 16(2), 155–171. <https://doi.org/10.32781/cakrawala.v16i2.496>
- Hosiana, A. M., Ngurah Indraguna Pinatih, G., & Ayu Agus Sri Laksemi, D. (2023). Beneficial health effects of porang (*Amorphophallus muelleri*): A review. *Indonesia Journal of Biomedical Science (IJBS)* 2023, 17(1), 235–238. <https://doi.org/10.15562/ijbs.v17i1.484>
- Huang, R., Zheng, R., He, J., Zhou, Z., Wang, J., Xiong, Y., & Xu, T. (2019). Noncanonical auxin signaling regulates cell division pattern during lateral root development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(42), 21285–21290. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910916116>
- Islam, F., Labib, R. K., Zehravi, M., Lami, M. S., Das, R., Singh, L. P., Mandhadi, J. R., Balan, P., Khan, J., Khan, S. L., Nainu, F., Nafady, M. H., Rab, S. O., Emran, T. Bin, & Wilairatana, P. (2023). Genus *Amorphophallus*: A

- Comprehensive Overview on Phytochemistry, Ethnomedicinal Uses, and Pharmacological Activities. *Plants*, 12(23). <https://doi.org/10.3390/plants12233945>
- Junairiah, Wulandari, D. A., Utami, E. S. W., & Zuraidassanaaz, N. I. (2021). Callus induction and secondary metabolite profile from *Elephantopus scaber* L. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, 6(1). <https://doi.org/10.22146/JTBB.59234>
- Kasutjiani ngati, K., Koesparwanti, T. R., & Eliyatiningasih, E. (2022). Utilization of foliar fertilizer as an alternative medium for enlargement of *Vanda orchid* plantlets before acclimatization. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 980(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/980/1/012004>
- Korotaeva, N., Shmakov, V., Bel'kov, V., Pyatrikas, D., Moldavskaya, S., & Gorbenko, I. (2024). The Influence of Water Deficit on Dehydrin Content in Callus Culture Cells of Scots Pine. *Plants*, 13(19). <https://doi.org/10.3390/plants13192752>
- Kuswandi, P. C., Prasetya, F., & Rahayu, R. S. (2023). The effects of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid and leaf surface orientation on callus induction of black betel (*Piper betle* L. var. *nigra*). *Biogenesis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 114–122. <https://doi.org/10.24252/bio.v11i1.35796>
- Liang, J. H., Wu, Z. Q., Zhang, Y. X., Yang, Y. B., Wang, S. Y., Gai, M. Y., Wang, Y. W., Zhang, X. X., Xue, J., Duan, B. H., & Yang, H. L. (2025). Single-cell RNA sequencing of shoot apex reveals the mechanism of cyclin regulating cell division via auxin signaling pathway in *Populus alba*. *Frontiers in Plant Science*, 16(March), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1555388>
- Mamdouh, D., & Smetanska, I. (2022). Optimization of Callus and Cell Suspension Cultures of *Lycium schweinfurthii* for Improved Production of Phenolics, Flavonoids, and Antioxidant Activity. *Horticulturae*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050394>
- Montesinos, J. C., Abuzeineh, A., Kopf, A., Juanes-Garcia, A., Ötvös, K., Petrášek, J., Sixt, M., & Benková, E. (2020). Phytohormone cytokinin guides microtubule dynamics during cell progression from proliferative to differentiated stage. *The EMBO Journal*, 39(17), 1–22. <https://doi.org/10.15252/embj.2019104238>
- Naser, A. S., & Wisnu, M. (2021). Callus Induction of Leaves and Stems in Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat cv Dewi ratih) with Alternative Foliar Fertilizers Media. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*, 9(2), 109–115. <https://doi.org/10.14421/biomedich.2020.92.109-115>
- Nugrahaeni, N., Hapsari, R. T., Trustinah, Indriani, F. C., Sutrisno, Amanah, A., Yusnawan, E., Mutmaidah, S., Baliadi, Y., & Utomo, J. S. (2021). Morphological characteristics of Madiun 1, the First Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) released cultivar in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 911(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012011>
- Nurlatifah, I., & Amyranti, M. (2023). The Utilization from Glucomannan of Porang Flour (*Amorphophallus Muelleri* Blume) as a Raw Material for Making an Edible Film. *Berkala Sainstek*, 11(3), 138. <https://doi.org/10.19184/bst.v11i3.38122>
- Rasud, Y., & Bustaman, B. (2020). In Vitro

- Callus Induction from Clove (*Syzigium aromaticum* L.) Leaves on Medium Containing Various Auxin Concentrations. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 67–72. <https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.67>
- Restanto, D. P., Prayoga, M. C., & Arsyika, I. (2024). Optimasi Regenerasi Kalus Embriogenik Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Melalui Kultur Suspensi Sel Menggunakan BAP (Benzyl Amino Purin). *Vegetalika*, 13(4), 402–411. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/veg.100708>
- Restiani, R., Aditiyarini, D., & Dolonseda, A. C. (2024). The Effect of Callus Age on Biomass and Flavonoid Production in *Talinum paniculatum* In Vitro Culture Ratih. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 10(March), 96–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.36987/jpbn.v10i1.5417> Restiani
- Rizoputra, I., Wahyudi, S., Sudarsono, Anggoro, D., Puspita, N. F., Risdiana, & Darminto. (2025). Identification of glucomannan molecules derived from Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) flour by various purification process and the optical transparency. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2024.100659>
- Rizwan, H. M., Irshad, M., He, B., Liu, S., Lu, X., Sun, Y., & Qiu, D. (2020). South African Journal of Botany Role of reduced nitrogen for induction of embryogenic callus induction and regeneration of plantlets in *Abelmoschus esculentus* L. *South African Journal of Botany*, 130, 300–307. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.01.016>
- Setiawati, T., Arofah, A. N., Lestari, A., & Hasan, R. (2024). Karakteristik Kalus dari Eksplan Batang Planlet Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) pada Media dengan Konsentrasi 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D) dan 6-Benzylaminopurine (BAP) serta Kondisi Pencahayaan. *Jurnal Pro-Life*, 11(3), 223–240. <https://doi.org/10.33541/pro-life.v11i3.6404>
- Soedarjo, M. (2022). Pengaruh Pupuk Anorganik dan Gandasil terhadap Pertumbuhan dan Hasil Umbi Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 10(3), 191–199. <https://doi.org/10.21776/ub.jkptb.2022.010.03.03>
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2003). *Plant Physiology*. 3rd ed. Sinauer Associates. 690p.
- Thelmalina, F. J., & Wirasuta, I. M. A. G. (2023). Potensi *Amorphophallus* sp. sebagai Pangan Fungsional untuk Pasien Diabetes Melitus. *Prosiding Workshop Dan Seminar Nasional Farmasi*, 1, 230–243. <https://doi.org/10.24843/wsnf.2022.v01.i01.p19>
- Wahyuni, D. K., Huda, A., Faizah, S., Purnobasuki, H., & Wardoyo, B. P. E. (2020). Effects of light, sucrose concentration and repetitive subculture on callus growth and medically important production in *Justicia gendarussa* Burm.f. *Biotechnology Reports*, 27, e00473. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2020.e00473>
- Widjanarko, S. B., Jamil, S. N. A., Ni'maturohmah, E., & Putri, W. D. R. (2023). The Potential of Porang (*Amorphophallus muelleri* Blume) Flour and Porang Flour Formulation as an Anti-Diabetes Type-2 Agent. *HAYATI Journal of Biosciences*, 30(5), 855–863. <https://doi.org/10.4308/hjb.30.5.855-863>
- Wijaya, A. N., Poernomo, C., Savitri, W. D., Irawati, F., & Hardjo, P. H. (2023).

- The effectiveness of growth regulators and light color spectrum on callus growth of *Amorphophallus muelleri* Blume. var. Madiun 1. *AGROMIX*, 14, 182–188.
<https://doi.org/10.35891/agx.v14i2>
- Wijerathna-Yapa, A., & Hiti-Bandaralage, J. (2023). Tissue Culture—A Sustainable Approach to Explore Plant Stresses. *Life*, 13(3), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/life13030780>
- Yu, S., Leilin, L., Liu, T., Li, J., Yang, Q., & Cui, X. (2024). The effects of different hormone combinations on the growth of *Panax notoginseng* anther callus based on metabolome analysis. *Frontiers in Plant Science*, 15(December), 1–15.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1503931>
- Zagoskina, N. V., Zubova, M. Y., Nechaeva, T. L., Kazantseva, V. V., Goncharuk, E. A., Katanskaya, V. M., Baranova, E. N., & Aksenova, M. A. (2023). Polyphenols in Plants: Structure, Biosynthesis, Abiotic Stress Regulation, and Practical Applications (Review). In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 24, Issue 18). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI).
<https://doi.org/10.3390/ijms241813874>
- Zhu, X., Xu, Z., Wang, G., Cong, Y., Yu, L., Jia, R., Qin, Y., Zhang, G., Li, B., Yuan, D., Tu, L., Yang, X., Lindsey, K., Zhang, X., & Jin, S. (2023). Single - cell resolution analysis reveals the preparation for reprogramming the fate of stem cell niche in cotton lateral meristem. *Genome Biology*, 24(194), 1–31. <https://doi.org/10.1186/s13059-023-03032-6>
- Zhu, X., Zhu, H., Ji, W., Hong, E., Lu, Z., Li, B., & Chen, X. (2022). Callus induction and transcriptomic analysis of in vitro embryos at different developmental stages of peony. *Frontiers in Plant Science*, November, 1–14.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1046881>