

**INDUKSI KALUS TANAMAN PORANG (*Amorphophallus muelleri*)
DENGAN PENGGUNAAN BENZYL AMINO PURIN (BAP) DAN
KOMBINASI 2,4 – DIKHLOROFENOKSIASETAT (2,4 -D)
SECARA IN VITRO**

S K R I P S I

Oleh :

**SITI DELIMA SARAH
2004290081
AGROTEKNOLOGI**



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025**

**INDUKSI KALUS TANAMAN PORANG (*Amorphophallus muelleri*)
DENGAN PENGGUNAAN BENZYL AMINO PURIN (BAP) DAN
KOMBINASI 2,4 – DIKHLOROFENOKSIASETA(2,4 -D)
SECARA IN VITRO**

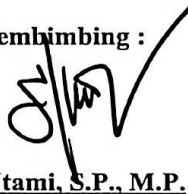
S K R I P S I

Oleh :

SITI DELIMA SARAH
NPM : 2004290081
Program Studi : AGROTEKNOLOGI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Stara 1 (S1) pada
Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

Pembimbing :



Sri Utami, S.P., M.P.

Disahkan Oleh :



Assoc. Prof. Dr. Daini Mawar Tarigan, S.P., M.Si

Tanggal Bulet : 31- 01- 2025

PERNYATAAN

Dengan ini saya :

Nama : Siti Delima Sarah

NPM : 2004290081

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul “**Induksi Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*.) dengan Penggunaan Benzyl Amino Purin (BAP) dan Kombinasi 2,4 – Diklorofenoksiasetat (2,4 – D) secara *in vitro***” adalah berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya penjiplakan (plagiarisme), maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah saya peroleh. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Medan, November 2024

Yang menyatakan



Siti Delima Sarah

RINGKASAN

Siti Delima Sarah Induksi Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*) dengan Penggunaan Benzyl Amino Purin (BAP) dan Kombinasi 2,4-Diklorofenoksiasetat (2,4 – D) secara *in vitro*” Dibimbing oleh : Sri Utami, S.P, M.P. selaku pembimbing. Penelitian dilaksanakan di laboratorium kultur jaringan Alifa Agricultural Research Center (ALIFA-ARC), Jl. Brigjend Katamso No. 454/51C, Kel.Kampung Baru, Kec. Medan Maimun, Kota Medan. Pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2024. Tujuan penelitian untuk mengetahui efektivitas induksi kalus tanaman porang pada berbagai konsentrasi *benzyl amino purin* (BAP) dan 2,4 *Diklorofenoksiasetat* (2,4- D) secara *in vitro*. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama pemberian konsentrasi BAP yaitu: B₀: Tanpa Hormon (Kontrol), B₁: 0,5 mg/l, B₂ :1,5mg/l dan B₃: 2,5 mg/l, faktor kedua pemberian 2,4 – Diklorofenoksiasetat yaitu : D₀: Tanpa Hormon (Kontrol), D₁ :1 mg/l, D₂: 2 mg/l dan D₃: 3 mg/l. Parameter yang diamati adalah persentase eksplan membentuk kalus (%), persentase eksplan terkontaminasi (%), waktu muncul kalus (minggu), warna kalus, tekstur kalus dan berat basah kalus (gram). Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji beda rata-rata menurut Duncan's Multiple range Test (DMRT) pada α 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan BAP (*Benzly Amino Purin*) memberikan pengaruh nyata pada perlakuan B₁ (0,5 mg/l) merupakan hasil terbaik terhadap waktu muncul kalus (1,8 minggu). Sedangkan Perlakuan 2,4-D memberikan pengaruh nyata pada parameter berat basah kalus dengan konsentrasi D₁ (1 mg/l) menghasilkan berat basah kalus sebesar 0,83 gram dan interaksi konsentrasi BAP dan 2,4-D tidak memberikan pengaruh nyata terhadap semua parameter dalam induksi tanaman porang.

SUMMARY

Siti Delima Sarah, "Induction of Porang Plant Callus (*Amorphophallus muelleri*) using *Benzyl Amino Purine* (BAP) and a Combination of *2,4-Dichlorophenoxyacetate* (2,4 - D) *in vitro*" Supervised by: Sri Utami, S.P, M.P. as a guide. The research was carried out at the tissue culture laboratory of the Alifa Agricultural Research Center (ALIFA-ARC), Jl. Brigjend Katamso No. 454/51C, Kel. Kampung Baru, Kec. Medan Maimun, Kota Medan. From July to October 2024. The aim of the research is to determine the effectiveness of callus induction in porang plants at various concentrations of *benzyl amino purine* (BAP) and *2,4 - Dichlorophenoxyacetate* (2,4-D) *in vitro*. The research used a factorial Completely Randomized Design (CRD) consisting of 2 factors and 3 replications. The first factor for administering BAP concentration is: B₀: Control (0 mg / l), ; B₁: 0.5 mg/l, B₂: 1.5 mg/l and B₃: 2.5 mg/l, the second factor is administration of 2,4 – Dichlorophenoxyacetate, namely : D₀: Control (0 mg / l), D₁ :1 mg/l, D₂: 2 mg/l and D₃: 3 mg/l. The parameters observed were the percentage of explants forming callus (%), percentage of contaminated explants (%), time to callus appearance (days), callus color, callus texture and wet weight of callus (grams). Observation data were analyzed using the mean difference test according to Duncan's Multiple range Test (DMRT) at α 5%. The research results showed that BAP (Benzly Amino Purin) treatment had a real effect on B₁ treatment (0.5 mg/l) which was the best result on the time to callus appearance (1.8 weeks). Meanwhile, the 2,4-D treatment had a real influence on the wet weight parameters of the callus with the D₁ concentration (1 mg/l) producing a callus wet weight of 0.83 grams and the interaction of BAP and 2,4-D concentrations did not have a real influence on all parameters. in callus induction of porang plants.

RIWAYAT HIDUP

Siti Delima Sarah, dilahirkan pada tanggal 28 Januari 2002 di RENGAS PULAU. Anak dari pasangan Ramli dan Rosmalizah yang merupakan anak ke-1 dari 3 bersaudara.

Pendidikan yang telah ditempuh adalah sebagai berikut:

1. Tahun 2007 – 2008 menjalani Taman Kanak Kanak di R.A. AL Maarif
2. Tahun 2008-2014 menjalani pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 054906 di Tebasan Lama.
3. Tahun 2014-2017 menjalani pendidikan Sekolah Menengah Pertama SMP di Stabat.
4. Tahun 2017-2020 menjalani pendidikan Sekolah Menengah Atas SMAS Persiapan Stabat di Stabat.
5. Tahun 2020 melanjutkan Pendidikan Strata 1 (S1) pada Program Studi Agroteknologi di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Kegiatan yang pernah diikuti selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian UMSU antara lain:

1. Mengikuti kegiatan Pengenalan Kehidupan Kampus bagi Mahasiswa Baru Muhammadiyah (PKKMB) Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara 2020.
2. Mengikuti Masa Ta'aruf (Masta) Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa IV Muhammadiyah Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2020.
3. Mengikuti Kegiatan Kajian Intensif Al-Islam dan Kemuhammadiyahan (KIAM) oleh Badan Al-Islam dan Kemuhammadiyahan (BIM) tahun 2020.

4. Mengikuti Kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) dan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di PT. BUANA ESTATE pada bulan Agustus sampai September 2023.
5. Mengikuti Training Organisasi Mahasiswa Agroteknologi (TOPMA) Pada Tahun 2022 di Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Pernah menjabat sebagai badan pengawas harian Divisi Minat Dan Bakat di Himpunan Mahasiswa Agroteknologi (Himagro).
7. Pernah menjabat sebagai Seketaris Divisi Minat Dan Bakat di Himpunan Mahasiswa Agroteknologi (Himagro).
8. Melaksanakan penelitian di laboratorium Kultur Jaringan Alifa Agricultural Research Center (ALIFA-ARC), Jl. Brigjend Katamso No. 454/51C, Kel.Kampung Baru, Kec. Medan Maimun, Kota Medan. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli sampai September 2024.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal yang berjudul “Induksi Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*) dengan penggunaan *Benzyl Amino Purin* (BAP) dan kombinasi 2,4-Diklorofeoksiasetat (2,4-D) secara *in vitro*”.

Pada Kesempatan Kali ini Penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ibu Assoc. Prof. Dr. Dafni Mawar Tarigan, S.P., M.Si selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Ibu Prof. Dr. Ir Wan Arfiani Barus, M. P., selaku Wakil Dekan I Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Akbar Habib, S.P., M.P., selaku Wakil Dekan III Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara .
4. Ibu Dr. Rini Sulistiani, S.P., M.P., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Sri Utami S.P., M.P., selaku Komisi Pembimbing Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kedua Orang Tua Ayahanda Ramli dan Ibu Rosmalizah serta seluruh Keluarga tercinta yang telah memberikan dukungan moral Dan material.
7. Seluruh dosen fakultas pertanian, staf biro administrasi pertanian dan dosen program studi Agroteknologi.

8. Kedua adik kandung Khairil Anam dan Fatimah Az Zahra yang telah membantu saya dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Suami saya Khairun Nazhri S.Pd terima kasih telah berkontribusi banyak dalam penulisan skripsi ini. yang menemani, meluangkan waktu, tenaga, pikiran ataupun materi kepada saya, dan telah menjadi sosok rumah yang selalu ada untuk saya dan menjadi bagian dari perjalanan hidup saya.
10. Teman-teman seperjuangan penelitian Putri, Wita, Dinda, Fiona, Rika dan Billa yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini .

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu penulis menerima segala masukan dan saran dengan tangan terbuka untuk menyempurnakan skripsi ini.

Medan, November 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
RIWAYAT HIDUP	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	4
Kegunaan Penelitian	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
Tanaman Porang (<i>Amorphophallus muelleri</i>)	6
Botani Tanaman (<i>Amorphophallus muelleri</i>)	7
Perbanyakan Tanaman Secara <i>In Vitro</i>	9
Media Kultur <i>in vitro</i>	10
Peranan <i>Benzyl Amino Purin</i> (BAP)	11
Peranan Konsentrasi 2,4 – <i>Dikhlorofenoksiasetat</i> (2,4 – D)	12
Hipotesis Penelitian	14
METODE PENELITIAN	15
Tempat dan Waktu	15
Bahan dan Alat	15
Metode Penelitian	15
Metode Analisis Data	17
Pelaksanaan Penelitian	17
Sterilisasi Alat Dan Bahan	17
Pembuatan Larutan Stok	18

Pembuatan Media	18
Penyediaan Eksplan.....	19
Sterilisasi dan penanaman Eksplan	19
Pemeliharaan	20
Parameter Pengamatan.....	20
Presentase Eksplan membentuk kalus (%)	20
Eksplan Terkontaminasi (%)	20
Waktu Muncul Kalus (Minggu).....	21
Warna Kalus.....	21
Tekstur Kalus	21
Berat Basah Kalus (g)	22
HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
KESIMPULAN DAN SARAN.....	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN.....	40

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul	Halaman
1.	Persentase Eksplan Tumbuh Berkalus.....	23
2.	Waktu Muncul Kalus Eksplan Porang Pada Perlakuan BAP dan 2,4-D	25
3.	Warna Kalus Eksplan Porang Pada Perlakuan BAP Dan 2,4 - D	30
4.	Tekstur Kalus Eksplan Porang Pada Perlakuan BAP dan 2,4 -D..	31
5.	Berat Kalus Eksplan Porang Pada Perlakuan BAP dan 2,4 –D Pada Umur 10 MST	34

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul	Halaman
1.	Tanaman Porang (<i>Amorphophallus muelleri</i>)	6
2.	Kalus Tanaman Porang (<i>Amorphophallus muelleri</i>) pada Umur 4 MST.....	24
3.	Hubungan Waktu Muncul Kalus pada Tanaman Porang dengan Perlakuan BAP (minggu).	26
4.	Warna Kalus Putih Kehijauan (PH)	27
5.	Warna Kalus Putih Transpran (P)	28
6.	Warna Kalus Putih Kekuningan (PK)	28
7.	Warna Kalus Coklat Kehitaman (CK)	29
8.	Warna Kalus Kuning Kecoklatan (KC).....	29
9.	Kalus Tekstur Kompak	32
10.	Kalus Tekstur Remah	32
11.	Kalus Tekstur Intermediet.....	33
12.	Hubungan Berat Basah Kalus Pada Tanaman Porang Dengan Perlakuan 2,4 – D 10 MST	35

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Judul	Halaman
1.	Deskripsi Tanaman Porang (<i>Amorphophallus muelleri</i>)	40
2.	Komposisi Media <i>Murashige dan Skoog</i>	41
3.	Bagan Penelitian Plot Keseluruhan	42
4.	Bagan Plot Penelitian Tanaman.....	43
5.	Data Rataan Pengamatan Hari Muncul Kalus	44
6.	Daftar Sidik Ragam Hari Muncul Kalus	44
7.	Data Rataan Pengamatan berat basah kalus (g) 10 MST.....	45
8.	Daftar Sidik Ragam berat basah kalus (g) 10 MST	45
9.	Data Rataan Eksplan Membentuk kalus	46
10.	Data Rataan Eksplan Terkontaminasi	46
11.	Data Rataan Waktu Muncul Kalus.....	47
12.	Data Rataan Warna Kalus	47
13.	Data Rataan Tekstur Kalus	48
14.	Data Rataan Berat Basah Kalus	48

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pembangunan di sektor pangan memiliki peran strategis dalam meningkatkan mutu serta produktivitas sumber daya manusia, yang pada akhirnya berkontribusi terhadap keberhasilan pembangunan nasional dan kesejahteraan masyarakat Indonesia secara menyeluruh. Perubahan persepsi pada jenis pangan yang selama ini kurang populer merupakan langkah penting untuk dapat ditingkatkan, seperti pada tanaman porang. Perubahan ini perlu dilakukan melalui pengembangan produk berbasis porang menjadi komoditas baru yang lebih menarik dan bernilai tambah, termasuk dengan peningkatan kandungan nutrisinya.

Inovasi dalam budidaya porang menjadi bagian dari strategi diversifikasi pangan nasional, sekaligus pemasokan bahan baku dalam industry. Langkah ini diharapkan dapat mendongkrak nilai ekspor komoditas pertanian Indonesia. Umbi porang diketahui mengandung zat aktif berupa glukomanan, yaitu sejenis serat larut yang telah lama dimanfaatkan di berbagai negara Asia, tidak hanya sebagai sumber pangan dengan karakteristik fisik tertentu, tetapi juga sebagai bahan dalam pengobatan tradisional Tiongkok. Selain itu, produk glukomanan menjadi produk populer memiliki potensi besar dalam pengembangan industri pangan dan kesehatan (Lailani, 2023).

Porang merupakan salah satu tanaman umbi-umbian yang belakangan ini menarik perhatian luas dari berbagai kalangan, terutama karena potensinya sebagai komoditas ekspor yang menjanjikan. Kandungan glukomanan yang tinggi di dalam umbi porang menjadikannya sangat diminati oleh berbagai negara seperti Tiongkok, Jepang, Korea Selatan, Malaysia, dan lainnya. Permintaan internasional

yang tinggi terhadap tanaman ini menyebabkan porang banyak diekspor, baik dalam bentuk chip maupun tepung glukomanan. Volume ekspor porang menunjukkan tren yang terus meningkat, bahkan tercatat mencapai 11,3 ribu ton pada Oktober 2019.

Seiring dengan meningkatnya permintaan global, ketersediaan bibit porang menjadi salah satu tantangan utama dalam pengembangan budidaya tanaman ini. Keterbatasan tersebut dapat diatasi dengan menerapkan metode Teknik kultur jaringan. Teknik ini memungkinkan produksi bibit dalam jumlah besar secara cepat, efisien, dan seragam (Kurniati, 2021).

Metode kultur jaringan merupakan teknik dalam memperbanyak tanaman yang unggul dalam menghasilkan bibit bebas patogen, karena dilakukan dalam kondisi steril (*aseptik*) dan tidak dipengaruhi oleh faktor cuaca maupun iklim. Dalam teknik ini, berbagai bagian tanaman dapat digunakan sebagai eksplan atau bahan awal perbanyakan, seperti pucuk, umbi, bulbil, tangkai daun, dan daun. Pada tanaman porang, penggunaan tangkai daun sebagai eksplan memberikan sejumlah keuntungan, di antaranya efisiensi waktu perbanyakan dan tetap terjaganya kelangsungan hidup tanaman induk. Untuk mendukung pertumbuhan eksplan selama proses kultur *in vitro*, diperlukan penambahan zat pengatur tumbuh (ZPT) sebagai stimulan dalam media kultur (Wardana *et al.*, 2017).

Penelitian mengenai induksi kalus pada tanaman porang telah dilakukan sebelumnya dengan memanfaatkan berbagai jenis eksplan, seperti daun, biji, dan umbi. Kalus sendiri merupakan kumpulan sel hasil proliferasi jaringan yang terbentuk sebagai respons terhadap luka atau perlakuan tertentu, dan memiliki kemampuan melakukan dediferensiasi yakni kembalinya sel yang telah

terdiferensiasi menjadi sel meristematik. Kemampuan ini memungkinkan tanaman untuk membentuk jaringan atau organ baru. Proses pembentukan kalus umumnya dipicu oleh adanya hormon pada tanaman yaitu auksin dan sitokinin. Hormon tersebut memiliki peran penting agar tumbuhan memiliki regulasi dan diferensiasi sel. Pertumbuhan tersebut dipicu oleh zat pengatur tumbuh (ZPT) yang umum digunakan dalam kultur jaringan adalah BAP (*Benzyl amino purine*). Hal tersebut tergolong dalam kelompok *sitokinin* dan efektif dalam merangsang pembentukan tunas, akar, serta kalus. Namun, keberhasilan induksi kalus sangat bergantung pada kecocokan jenis dan konsentrasi ZPT yang digunakan. Ketidaktepatan dosis atau kombinasi ZPT dapat menghambat proses pembentukan kalus. Kebutuhan terhadap auksin dalam proses ini juga dipengaruhi oleh kadar auksin endogen pada eksplan, sementara sitokin berperan membantu pembelahan pada sel dan jaringan kalus untuk melakukan diferensiasi tunas adventif (Yunita, 2024).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lailani dan Kuswandi (2023), penambahan zat pengatur tumbuh BAP (*Benzyl amino purine*) dalam kultur *in vitro* eksplan porang (*Amorphophallus muelleri*) menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap waktu pelengkungan eksplan serta waktu munculnya kalus. Hasil terbaik diperoleh pada konsentrasi BAP 2 mg/L, yang mampu mempercepat proses pembentukan kalus, dengan rata-rata waktu pelengkungan eksplan sebesar 1,450 MST (minggu setelah tanam) dan rata-rata waktu munculnya kalus sebesar 2,633 MST. Selain itu, variasi konsentrasi BAP juga memengaruhi karakteristik morfologis kalus yang terbentuk. Dua warna kalus yang dominan muncul adalah kuning dan kecoklatan, dengan tekstur intermediet, yaitu perpaduan antara kalus tipe remah dan tipe kompak.

Jenis zat pengatur tumbuh sering digunakan untuk mendukung proses pembentukan kalus adalah *2,4-diklorofenoksiasetat* (2,4-D). Zat ini dikenal memiliki stabilitas tinggi karena susah terurai oleh enzim tanaman maupun proses sterilisasi. Penggunaan 2,4-D dalam media MS padat menunjukkan kemampuan yang signifikan dalam mendorong pembentukan kalus pada eksplan porang (*Amorphophallus muelleri*) (Khatima, 2022). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Khoirunnisa dan Mercuriani (2022), konsentrasi optimal 2,4-D untuk mempercepat induksi kalus adalah 1 mg/L. Rata-rata pada hari ke-12,40 setelah tanam, kalus mulai terbentuk dengan tingkat keberhasilan 53,40%. Kalus berwarna putih kekuningan menunjukkan tingginya aktivitas sel dan terbentuknya jaringan muda. Tekstur kalus yang terbentuk tergolong intermediet, yakni berada di antara tipe remah dan kompak.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan Induksi kalus tanaman porang (*Amorphophallus muelleri*) melalui pemberian konsentrasi *Benzyl Amino Purin* (BAP) dan *2,4-Dikhorofenoksiasetat* (2,4- D).

Kegunaan Penelitian

1. Menentukan dosis ZPT yang tepat untuk induksi kalus porang melalui kultur jaringan *in vitro*.
2. Memenuhi persyaratan akademik yang diperlukan untuk penyelesaian program Sarjana (S1) di Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

3. Menyediakan referensi ilmiah yang dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak terkait serta menjadi dasar untuk pengembangan penelitian lanjutan dalam bidang yang serupa.

TINJAUAN PUSTAKA

Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*)

Tanaman porang dikenal juga dengan tanaman Iles-Iles merupakan tumbuhan semak (herba) yang memiliki tinggi 100 –150 cm, batang tegak, lunak, batang halus berwarna hijau atau hitam belang-belang (totol-totol) putih. Batang tunggal bercabang menjadi tiga batang sekunder dan akan bercabang lagi sekaligus menjadi tangkai daun. Pada setiap ketiak akan tumbuh bulbil/katak berwarna coklat kehitam-hitaman sebagai salah satu alat perkembangbiakan tanaman porang.



Gambar 1. Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*)

Selain melalui bulbil, tanaman porang juga bisa berkembang biak menggunakan umbi dan daun. Daun porang ini menjadi bagian yang biasanya dipanen karena mengandung zat glukomanan yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Selain itu, daun porang sangat mudah diperbanyak dengan teknik kultur jaringan (Lebi, 2013).

Tanaman porang dapat di klasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Magnoliophyta

Kelas : Liliopsida

Ordo : Arales

Famili : *Araceae*

Genus : *Amorphophallus*

Spesies : *Amorphophallus muelleri* (Siregar, 2023)

Botani Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*)

Akar

Akar tanaman porang merupakan akar serabut yang berkembang pada pangkal batang, dengan beberapa akar yang melingkupi umbinya. Akar tanaman memiliki peran penting menyerap air dan menjalankan nutrisi yang diserap dari tanah. Pertumbuhan akar biasanya berlangsung selama 7 hingga 14 hari sebelum daun mulai tumbuh, kemudian tunas baru akan muncul (Khatima, 2022).

Batang

Batang porang tumbuh dengan posisi tegak, berukuran lebar, dan memiliki permukaan halus berwarna hijau dengan bercak-bercak putih. Batang tunggal semu ini tumbuh di atas umbi bawah tanah, dengan diameter 5–50 mm tergantung pada usia dan fase pertumbuhan tanaman. Batang utama ini kemudian bercabang menjadi tiga batang sekunder, yang selanjutnya bercabang lagi membentuk tangkai daun. Tangkai daun halus berwarna hijau-coklat kehijauan dengan belang putih kehijauan yang pucat (Finamore *et al.*, 2021).

Daun

Daun porang adalah daun majemuk menjari, dengan setiap anak daun terdiri dari 3–4 helai. Pada pertumbuhan yang normal, daun majemuk ini memiliki sekitar 10 helaian dengan tepi yang rata. Daun porang menampilkan variasi warna dari hijau tua sampai hijau muda, tergantung pada kesuburan tanah tempat tanaman tumbuh. Warna daun cenderung menunjukkan rona hijau kebiruan jika tanah tersebut subur. Porang di lahan subur membentuk daun majemuk dengan enam cabang, masing-masing terdiri dari 6–8 helaian daun. Ukuran daun porang juga terus membesar setiap tahunnya hingga saat pembungaan terjadi (Khatima, 2022).

Bunga

Amorphophallus muelleri merupakan tanaman berumah satu (*monoecious*). Bunganya terdiri dari tangkai bunga (*peduncle*), kelopak bunga (*eaux*), seludang (*spathe*), dan tongkol bunga (*spadix*). Organ reproduktif berada di dasar spadix, dengan ratusan kepala putik di bagian bawah dan benang sari di bagian atas. Bagian paling atas yang menonjol dari spadix serta seludang merupakan bagian steril yang disebut appendix (Khatima, 2022).

Biji

Biji porang terbentuk dalam buah-buah kecil pada tongkol setelah terjadinya pembuahan antara bunga jantan dan betina. Benih diperoleh dari buah matang, yang ditandai dengan warna merah kehitaman dan buah yang mulai lepas dari tongkol. Kulit buah yang berlendir melindungi setiap biji; saat dikupas atau ditekan, terlihat biji hitam yang biasanya berpasangan (Khatima, 2022).

Katak/Bulbil

Katak di pucuk tanaman biasanya berukuran besar dan bulat, sementara katak pada ketiak daun lebih kecil, lonjong, dan lebih banyak jumlahnya. Warnanya coklat gelap keabuan dengan permukaan bersisik-tonjol menyerupai mata tunas. Keberadaan katak menjadi ciri pembeda antara satu tanaman porang dengan yang lainnya. Jumlah katak yang tumbuh pada satu pohon bervariasi, biasanya antara 4 hingga 15 buah, tergantung dari banyaknya ruas dan percabangan daun (Khatima, 2022).

Umbi

Tanaman Porang hanya membentuk satu umbi per tanaman. Berbeda dengan katak yang tumbuh di banyak titik, umbi porang muncul hanya pada bekas batang sebelumnya. Daging umbi berwarna kuning cerah dengan tekstur serat yang halus. Porang juga mengeluarkan getah berwarna agak keruh yang dapat menimbulkan rasa gatal saat kulit terkena. Bentuk umbi porang bulat dengan titik tumbuh berada di bagian atas, dan ukuran umbi bervariasi tergantung pada usia tanaman serta tingkat kesuburan tanah (Khatima, 2022).

Perbanyakan Tanaman Secara *In Vitro*

Pembiakan tanaman dengan kultur *in vitro* memungkinkan penggandaan tanaman secara cepat dan menghasilkan bibit yang berkualitas, sehingga dapat memenuhi kebutuhan benih porang dalam jumlah besar. Keunggulan utama teknik ini adalah kemampuannya untuk melakukan perbanyakan klon secara massal dengan sifat genetik yang identik dengan tanaman induk. Selain itu, kultur *in vitro* juga memberikan manfaat lain seperti perbanyakan klon yang cepat, menghasilkan tanaman dengan keseragaman genetik, berlangsung dalam kondisi steril (aseptik), memudahkan seleksi tanaman, pengendalian lingkungan tumbuh,

serta pelestarian plasma nutfah. Keberhasilan pembiakan tanaman ditentukan oleh Teknik pada media kultur yang digunakan. Teori kultur jaringan didasari teori sel oleh Schawann dan Scheleiden bahwa setiap sel tanaman mempunyai kemampuan untuk berkembangbiak menjadi tanaman yang utuh pada kondisi lingkungan yang tepat disebut totipotensi. Oleh sebab itu, tanaman hasil kultur *in vitro* bersifat sama dengan induknya (Kurnianingsih *et al.*, 2020).

Media Kultur In Vitro

Media tumbuh merupakan faktor utama dalam proses perbanyakan tanaman melalui kultur jaringan, karena keberhasilan pertumbuhan dan perkembangan tanaman sangat dipengaruhi oleh jenis media yang digunakan. Media kultur memiliki peran penting pada pertumbuhan eksplan serta kualitas bibit yang dihasilkan (Widiastoety *et al.*, 2009).

Media kultur harus steril selama proses penanaman eksplan dan mampu menyediakan nutrisi yang diperlukan. Media kultur jaringan umumnya tersusun atas agar-agar, mineral, vitamin, dan zat pengatur tumbuh (Nurhanis *et al.*, 2019). Di antara berbagai jenis media, MS merupakan yang paling sering digunakan karena menyediakan nutrisi makro, mikro, dan vitamin penting bagi pertumbuhan tanaman. Media ini kerap dimanfaatkan dalam makropropagasi tanaman dikotil serta diperkaya dengan hormon sintetis, seperti auksin dan sitokinin, untuk merangsang pertumbuhan akar dan pembentukan kalus (Nurhanis *et al.*, 2019).

Media MS memiliki kandungan unsur hara makro seperti *Nitrogen* (N), *Kalium* (K), *Belerang* (S), *Kalsium* (Ca), *Magnesium* (Mg), dan *Fosfor* (P), sedangkan unsur mikro yang digunakan terdiri dari *Molibdenum* (Mo), *Besi* (Fe),

Boron (B), Mangan (Mn), Seng (Zn), Kobalt (Co), dan Chlor (Cl), disamping kandungan nitratnya yang tinggi (Sukmadjaja, 2003).

Beberapa faktor yang menentukan keberhasilan kultur *in vitro* meliputi spesies tanaman yang digunakan, tekanan osmotik media yang berkaitan dengan kadar sukrosa, intensitas cahaya, dan kandungan zat pengatur tumbuh. Komposisi media merupakan faktor krusial dalam kultur jaringan, yang mencakup unsur hara makro, mikro, vitamin, sumber karbon, dan zat pengatur tumbuh. Masing-masing genotipe tanaman dapat memberikan respon pertumbuhan yang berbeda meskipun ditanam pada media yang sama termasuk sumber eksplan yang digunakan. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian dan optimasi kondisi kultur yang tepat sesuai dengan genotipe dan sumber eksplan yang dipakai (Damayanti *et al.*, 2016).

Peranan *Benzyl Amino Purin (BAP)*

Zat pengatur tumbuh berperan dalam pembelahan sel. BAP, salah satu *sitokinin* turunan *adenine*, mampu merangsang pembelahan sel dan pertumbuhan tunas, tetapi dapat menghambat multiplikasi tunas serta pembentukan akar (Sutriana *et al.*, 2013).

Benzyl Amino Purin banyak digunakan karena efektivitasnya yang tinggi dalam merangsang pembentukan tunas pada tanaman, kestabilannya saat digunakan, dan ketahanannya terhadap oksidasi. Pemberian BAP pada kalus dapat mempercepat proliferasi, sehingga menghasilkan jumlah kalus yang lebih banyak. Selain itu, BAP juga efisien dalam memperbanyak tunas dan induksi kalus, mudah diperoleh, dan harganya relatif terjangkau (Sukmadjaja, 2003).

Zat pengatur tumbuh BAP dapat meningkatkan proses fotosintesis dengan cara merangsang produksi klorofil pada tanaman. Peningkatan klorofil ini

selanjutnya memperkuat aktivitas fotosintesis, sehingga menghasilkan senyawa organik seperti karbohidrat yang penting untuk pembentukan daun (Lailani, 2023).

BAP termasuk dalam golongan *sitokinin* yang sangat aktif dan bila diaplikasikan pada tunas pucuk, dapat merangsang proliferasi tunas, yaitu munculnya lebih dari satu tunas. BAP digunakan dalam media kultur untuk induksi kalus. Dibandingkan kinetin, BAP lebih efektif karena memiliki gugus *benzyl* yang meningkatkan respons tanaman, sehingga mendukung produksi tunas dan kalus *in vitro* (Hariyati *et al.*, 2016).

BAP berperan krusial dalam pembelahan sekaligus diferensiasi sel. Jika konsentrasi BAP melebihi auksin, pertumbuhan tanaman biasanya mengarah pada pembentukan kalus. Interaksi antara sitokinin dan auksin menjadi kunci, karena keduanya tidak bekerja secara terpisah. Sitokinin memicu pembelahan sel, sementara kombinasi dengan auksin menentukan arah diferensiasi sel (Fauzan *et al.*, 2021).

Peranan 2,4- Diklorofenoksiasetat (2,4 - D)

2,4-D (Asam 2,4-Diklorofenoksiasetat) adalah auksin sintetis yang sering digunakan dalam kultur jaringan tanaman dan juga dimanfaatkan dalam perikanan untuk merangsang pertumbuhan *Gracillaria verrucosa*. Auksin adalah hormon tanaman yang berperan penting dalam berbagai proses fisiologis pada pertumbuhan, membelah dan sel yang didiferensial serta protein yang disintesis. Auksin mendorong pembelahan sel dengan memengaruhi dinding sel tanaman. Zat pengatur tumbuh 2,4-D memiliki kandungan *nitrogen* (N) sebesar 8,9 mg. Kandungan *nitrogen* ini memungkinkan 2,4-D berpotensi meningkatkan

kepadatan *Nannochloropsis oculata* dengan menyediakan unsur N yang penting bagi pertumbuhan (Sari *et al.*, 2012).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa 2,4-D berperan penting dalam induksi kalus maupun pembentukan tunas pada berbagai jenis tanaman. Misalnya, penelitian pada porang (*Amorphophallus muelleri*) melaporkan bahwa penambahan 2,4-D pada media MS mampu mempercepat munculnya kalus serta meningkatkan persentase keberhasilan induksinya, terutama pada konsentrasi sekitar 1,5 mg/L. Temuan serupa juga dilaporkan pada padi Himalaya, di mana pemberian 2,4-D sebesar 3,5 mg/L menghasilkan tingkat induksi kalus hingga 90%. Selain itu, ulasan ilmiah menegaskan bahwa efektivitas 2,4-D dalam memicu pembelahan dan diferensiasi sel sangat bergantung pada konsentrasi yang digunakan serta jenis jaringan tanaman yang dikultur. Pada beberapa spesies, 2,4-D terbukti mendorong terbentuknya kalus yang bersifat embrionik, sehingga dapat berkembang menjadi tunas. Namun, untuk regenerasi tunas yang optimal, konsentrasi 2,4-D biasanya perlu diturunkan atau digantikan dengan zat pengatur tumbuh lain, seperti sitokinin (Ariati *et al.*, 2012).

Efektivitas tersebut dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman, usia jaringan, serta kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, kadar oksigen, suhu, kelembapan udara, dan kemampuan jaringan dalam menyerap nutrisi. Faktor-faktor tersebut tidak hanya ditentukan oleh komposisi media dan zat pengatur tumbuh, tetapi juga dipengaruhi oleh aerasi media serta sifat tekstur kalus yang terbentuk, karena keduanya berperan penting dalam mendukung pertukaran gas dan kelangsungan metabolisme sel (Mahadi *et al.*, 2016).

Efektivitas 2,4-D dikenal dapat merangsang sel dengan membelah dan membentuk kalus secara optimal. Melalui mekanisme sinergis, zat ini menginduksi pembentukan kalus dengan cara mengubah sel-sel jaringan daun porang yang telah terdiferensiasi agar kembali bersifat meristematis. Proses dediferensiasi ini memungkinkan sel untuk memasuki kembali siklus pembelahan, yang pada akhirnya menghasilkan jaringan kalus (Aziz *et al.*, 2014).

Peran 2,4-D penting dalam memproses induksi kalus dengan zat pengatur tumbuh yang lebih baik berasal dari dalam tanaman (*endogen*) maupun yang ditambahkan dari luar (*eksogen*). Zat pengatur tumbuh utama yang memengaruhi induksi kalus adalah auksin dan sitokinin. Penambahan auksin, seperti 2,4-D, bersama dengan sitokinin pada media kultur berkontribusi terhadap peningkatan kadar fitohormon endogen di dalam sel. Peningkatan ini berperan penting dalam mengaktifkan mekanisme fisiologis yang mendukung pembelahan, pemanjangan, serta diferensiasi sel, sehingga mendorong pertumbuhan dan perkembangan jaringan tanaman (Sitinjak *et al.*, 2015).

Hipotesis Penelitian

1. Konsentrasi BAP memiliki pengaruh pada tanaman porang terhadap induksi kalus.
2. Konsentrasi 2,4 Dikhorofenoksiasetat berpengaruh memiliki induksi kalus pada tanaman porang.
3. Terdapat interaksi antara konsentarsi BAP dan Konsentrasi 2,4 Dikhorofenoksiasetat pada induksi kalus tanaman porang

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di laboratorium kultur jaringan Alifa Agricultural Research Center (ALIFA-ARC), Jl. Brigjend Katamso No.454/51C, Kel. Kampung Baru, Kec. Medan Maimun, Kota Medan. Penelitian dilakukan mulai bulan Juli sampai Oktober 2024.

Bahan dan Alat

Penelitian menggunakan bahan eksplan daun porang, alkohol, auksin berupa 2,4-Diklorofenoksiasetat, sitokinin dalam bentuk Benzyl Amino Purine (BAP), agar, aquades steril, media Murashige and Skoog (MS), asam askorbat, aluminium foil, plastik wrap, detergen, kloroks sebagai bahan untuk sterilisasi eksplan, Tween 20%, myo-inositol, HCl, NaOH, tisu, kapas, betadine, fungisida, bakterisida, sarung tangan karet, dan masker.

Peralatan yang dipakai meliputi cawan petri, gelas ukur, botol kultur, botol kultur, pipet volume, bola tetes (bulb), gelas beaker, tabung ukur, serta alat-alat diseksi seperti pinset, pisau bedah, dan scalpel. Selain itu, digunakan juga Laminar Air Flow Cabinet (LAFC), autoklaf, cangkir, pisau, bunsen, sprayer alkohol, pH meter, plastik pembungkus berbentuk *wrap*, kertas koran, timbangan analitik, pipet

tetes, panci pemanas, kompor gas, spatula, pengaduk magnetik (magnetic stirrer), kertas label, kamera, dan alat tulis.

Metode Penelitian

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial, terdiri dari dua faktor dan masing-masing diperulang sebanyak tiga kali, yaitu:

1. Faktor perlakuan berbagai konsentrasi BAP (P) dengan 4 taraf, yaitu:

B_0 : Tanpa hormon (Kontrol)

B_1 : 0,5 mg/l

B_2 : 1,5 mg/l

B_3 : 2,5mg/l

2. Faktor perlakuan berbagai konsentrasi 2,4-D (D) dengan 4 taraf, yaitu:

D_0 : Tanpa hormon (Kontrol)

D_1 : 1 mg/l

D_2 : 2 mg/l

D_3 : 3 mg/l

Jumlah kombinasi perlakuan adalah $4 \times 4 = 16$ kombinasi perlakuan, yaitu:

B_0D_0	B_1D_0	B_2D_0	B_3D_0
B_0D_1	B_1D_1	B_2D_1	B_3D_1
B_0D_2	B_1D_2	B_2D_2	B_3D_2

B_0D_3 B_1D_3 B_2D_3 B_3D_3

Jumlah Kombinasi Perlakuan	: 16 Kombinasi
Jumlah Ulangan	: 3 Ulangan
Jumlah Eksplan per perlakuan	: 2 Eksplan
Jumlah eksplan seluruhnya	: 96 Eksplan

Metode Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis varians dan dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menurut Duncan mengikuti model matematik linear RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktorial sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_j + \alpha_k + (\beta\alpha)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Y_{ijk}	: Hasil pengamatan pada ulangan ke i dengan perlakuan faktor D taraf ke-j dan perlakuan faktor B taraf ke- k.
μ	: Nilai tengah umum
β_j	: Pengaruh perlakuan faktor D taraf ke- j.
α_k	: Pengaruh perlakuan faktor B taraf ke- k.
$(\beta\alpha)_{jk}$	: Pengaruh interaksi perlakuan faktor D taraf ke- j dan perlakuan faktor B taraf ke- k
ϵ_{ijk}	: Pengaruh eror ulangan ke-i dengan perlakuan faktor B taraf ke- j dan perlakuan faktor D taraf ke- k.

PELAKSANAAN PENELITIAN

Sterilisasi Alat dan Bahan

Peralatan penelitian seperti satu set alat diseksi (pinset, scalpel, dan pisau), cup, serta cawan petri terlebih dahulu dicuci menggunakan detergen, kemudian dibilas dengan air mengalir. Peralatan kemudian dibungkus dengan plastik tahan panas, lalu disterilisasi menggunakan autoklaf bersuhu 121°C selama 60 menit..

Aquades steril dimasukkan ke dalam botol kultur, ditutup rapat dengan plastik serta aluminium foil, kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 1 jam

Pembuatan Larutan Stok

Proses pembuatan larutan stok dimulai dengan menimbang bahan kimia yang meliputi hara makro, hara mikro, vitamin, dan zat pengatur tumbuh (ZPT) sesuai kebutuhan komposisi media MS. Seluruh bahan kemudian dilarutkan ke dalam 100 ml aquades steril dan dihomogenkan menggunakan magnetic stirrer. Setelah homogen, larutan dipindahkan ke dalam botol yang telah diberi label sesuai dengan masing-masing perlakuan untuk memudahkan identifikasi.

Stok hormon 2,4-D dan BAP, hormon sebanyak 0,1 gram dan dilarutkan dalam 100 ml aquades steril, kemudian diaduk hingga merata. Larutan hormon ini juga dimasukkan ke dalam botol berlabel dan disimpan dalam lemari pendingin.

Pembuatan Media

Pembuatan media MS dimulai mencampurkan larutan stok sesuai komposisi, yang terdiri dari larutan stok 1, 2, 3, dan 4. Masing-masing ditambahkan ke dalam wadah sebanyak: 20 ml untuk larutan stok 1, 0,2 ml untuk stok 2, serta 2 ml masing-masing untuk stok 3 dan 4. Selanjutnya, ditambahkan

zat pengatur tumbuh (ZPT) 2,4-D dan BAP sesuai dosis perlakuan. Setelah itu, disiapkan wadah cup dan ditimbang bahan tambahan berupa *myo-inositol* sebanyak 0,02 gram, sukrosa 6 gram, dan agar 0,7 gram. *Myo-inositol* dan sukrosa dimasukkan bersamaan ke dalam gelas beaker dan dilarutkan dengan menggunakan hotplate hingga larut sempurna, kemudian pH larutan disesuaikan hingga mencapai 5,6. Setelah pH larutan media disesuaikan, larutan dituangkan ke dalam panci pemanas, kemudian ditambahkan agar sesuai takaran. Larutan dipanaskan hingga mendidih sambil diaduk agar tercampur homogen, lalu dipindahkan ke dalam botol kultur. Setelah dingin, botol segera ditutup rapat menggunakan plastik dan karet, kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada tekanan 17,5 psi dengan suhu 121°C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi, media disimpan di ruang kultur dalam kondisi aseptis sampai media siap dipakai untuk menanam eksplan.

Penyediaan Eksplan

Penelitian ini menggunakan eksplan yang berasal dari daun kedua dan ketiga tanaman porang. Daun yang dipilih memiliki kriteria tertentu, yaitu berpermukaan lebar, berwarna hijau muda, dan dalam kondisi sehat. Tanaman porang yang daunnya diambil sebagai eksplan berumur sekitar satu bulan.

Sterilisasi dan Penanaman Eksplan

Beberapa helai daun porang dibersihkan terlebih dahulu menggunakan detergen cair dengan cara menggosok permukaannya secara perlahan, lalu dibilas di bawah air mengalir sebanyak tiga kali. Daun kemudian direndam dalam larutan fungisida (0,5 g/250 ml *aquades*) selama 30 menit, ditetesi dua tetes betadine, dan selanjutnya dicuci kembali menggunakan air mengalir

Langkah berikutnya, proses sterilisasi daun dilakukan dengan merendamnya dalam alkohol 70% selama dua menit, lalu dibilas dengan *aquades*. Setelah itu, proses sterilisasi dilanjutkan dengan merendam daun dalam larutan kloroks 25% yang telah ditambahkan dua tetes Tween 20% selama 20 menit, lalu dibilas dua kali menggunakan *aquades* steril.

Proses sterilisasi dilanjutkan dengan merendam daun dalam larutan kloroks 10% selama satu menit, lalu dibilas tiga kali menggunakan *aquades* steril untuk menghilangkan sisa larutan sterilan. Eksplan yang telah steril dipotong dengan ukuran 1×1 cm di dalam cawan petri yang berisi larutan asam askorbat, kemudian ditiriskan di atas tisu steril. Setiap potongan eksplan ditanam ke dalam satu *cup*, ditutup rapat menggunakan aluminium foil, dan bagian tepinya dilapisi plastik wrap untuk mencegah kontaminasi. *Cup* yang telah berisi eksplan kemudian disimpan di ruang kultur tertutup hingga proses selanjutnya.

Pemeliharaan

Cup yang berisi eksplan selanjutnya ditempatkan di atas rak kultur dalam ruang kultur. Untuk menjaga kondisi tetap steril, bagian luar *cup* disemprot dengan alkohol 70% setiap hari, sehingga dapat meminimalisir risiko kontaminasi oleh mikroorganisme. Perkembangan eksplan diamati secara rutin. Apabila ditemukan eksplan yang terkontaminasi oleh jamur atau bakteri, maka eksplan tersebut segera diganti dengan yang baru guna mencegah penyebaran kontaminasi lebih lanjut.

Parameter Pengamatan

Persentase Eksplan Terkontaminasi (%)

Persentase eksplan terkontaminasi dihitung dengan menghitung jumlah

tanaman yang terkontaminasi pada umur 2,4,6,8 dan 10 MST, dilakukan pada setiap 2 minggu sekali. Persentase kontaminasi dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ terkontaminasi} = \frac{\text{Jumlah eksplan terkontaminasi} \times 100\%}{\text{Jumlah eksplan yang dikultur}}$$

Persentase Eksplan Tumbuh Berkalus (%)

Pengamatan dilakukan pada saat muncul kalus. Pembentukan kalus merupakan salah satu indikator adanya pertumbuhan dalam kultur *In vitro*.

$$\text{Persentase terbentuknya kalus} = \frac{\text{Jumlah kalus yang terbentuk}}{\text{Jumlah Eksplan yang dikultur}} \times 100 \%$$

Waktu Muncul Kalus (Minggu)

Waktu pengamatan munculnya kalus dilakukan secara rutin setiap hari pada masing-masing cup kultur. Pemantauan harian ini bertujuan untuk mempermudah pencatatan waktu terbentuknya kalus sejak penanaman eksplan.

Warna Kalus

Pengamatan warna kalus dilakukan di akhir pengamatan pada hari ke10 MST dengan cara mengamati perubahan pada setiap warna kalusnya. Satuan parameter warna kalus adalah dilihat dari warna kalus yang terbentuk, misal Putih Kehijauan (PH), Putih Transparan (P), Putih Kekuningan (PK), Coklat kehitaman (CK), Kuning Kecoklatan (KC). Berdasarkan dari warna tersebut dikatakan kalus sehat, namun jika kalus berwarna coklat menandakan kalus mengalami browning. Browning (pencoklatan) pada jaringan merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada kultur tanaman.

Tekstur Kalus

Pengamatan secara visual terhadap tekstur kalus diidentifikasi berdasarkan bentuk dan karakteristik permukaannya. Tekstur kalus dikategorikan menjadi 3 jenis, yaitu:

- 1) Kompak, yaitu kalus yang memiliki struktur padat dan tersusun rapat,
- 2) Remah, yakni kalus yang mudah hancur atau terlepas,
- 3) Intermediet, yaitu kalus dengan karakteristik campuran antara remah dan Kompak.

Berat Basah Kalus (g)

Penentuan berat basah kalus dilakukan pada akhir pengamatan, tepatnya pada 10 Hari Setelah Tanam (HST). Kalus ditimbang memakai timbangan analitik dengan tingkat ketelitian tinggi, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam gram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Eksplan Tumbuh Berkalus (%)

Pertumbuhan eksplan hidup tanaman porang menunjukkan adanya peningkatan pembentukan kalus dari minggu ke minggu. Namun, tidak semua eksplan berhasil membentuk kalus secara optimal atau mencapai tingkat keberhasilan 100%. Kondisi fisiologis eksplan menjadi salah satu faktor yang berpengaruh dengan ciri daun menjadi terlalu tua, yang dapat menghambat proses pembentukan kalus. Data lengkap mengenai persentase eksplan yang berhasil terbentuk menjadi kalus pada Tabel 1.

Tabel 1. Presentase Eksplan Tumbuh Berkalus Porang (*Amorphophallus muelleri*)

Perlakuan	Minggu Setelah Tanam (MST)				
	2	4	6	8	10
	%.....				
Tumbuh	0	2,08	6,25	20,83	27,08
Terkontaminasi	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12

Berdasarkan Tabel 1, seluruh eksplan yang ditanam pada keempat kombinasi media perlakuan menunjukkan kemampuan dalam membentuk kalus, dengan persentase keberhasilan sebesar 27,08% umur 10 Hari Setelah Tanam (HST). Visualisasi eksplan tanaman porang yang digunakan dalam penelitian seperti Gambar 2.



Gambar 2 . Kalus tanaman porang umur 4 MST

Mengacu pada Gambar 2, terlihat bahwa persentase eksplan porang yang berhasil membentuk kalus yang dipengaruhi oleh ZPT. Pada perlakuan dengan kombinasi konsentrasi tinggi antara BAP dan 2,4-D, tidak teramati pertumbuhan lanjutan hingga 30 HST. Eksplan menunjukkan gejala pencoklatan yang intens, yang diduga sebagai tanda kematian jaringan akibat penggunaan 2,4-D dalam konsentrasi berlebih. Kondisi tersebut sejalan dengan teori bahwa kadar senyawa fenolik yang tinggi pada jaringan tanaman dapat menghambat pembentukan kalus. Selain sebagai respon terhadap luka, senyawa fenol ini juga kemungkinan besar terbentuk akibat penggunaan auksin sintetis 2,4-D yang berlebihan. Sebagai auksin kuat, 2,4-D dapat memicu produksi etilen, yang pada gilirannya mempercepat proses pencoklatan jaringan (Widyastuti *et al.*, 2017). Penelitian serupa dilakukan Hapsoro *et al.* (2010) yang membuktikan kegagalan dalam regenerasi tunas, induksi kalus, atau pembentukan propagul sering kali berkaitan erat dengan pencoklatan eksplan akibat eksudasi senyawa fenolik.

Persentase Eksplan Terkontaminasi (%)

Berdasarkan Tabel 1, terdeteksi adanya kontaminasi sebesar 3,12% pada minggu ke-2 setelah tanam (2 MST), yang terjadi pada salah satu perlakuan.

Kontaminasi ini diduga berasal dari kondisi fisiologis eksplan daun porang yang kurang aseptik saat proses sterilisasi. Heriansyah *et al.* (2020) menyatakan bahwa keberadaan mikroorganisme, termasuk jamur dan bakteri, dapat mengganggu kultur karena masuk melalui berbagai jalur, misalnya melalui eksplan, dan hal ini sesuai dengan hasil penelitian. Pengambilan eksplan dari tanaman induk yang tumbuh di lingkungan terbuka dapat membawa serta spora jamur atau bakteri. Mikroorganisme ini, setelah masuk ke dalam media kultur, mampu berkembang dan menyebabkan kerusakan jaringan eksplan.

Waktu Muncul Kalus (Minggu)

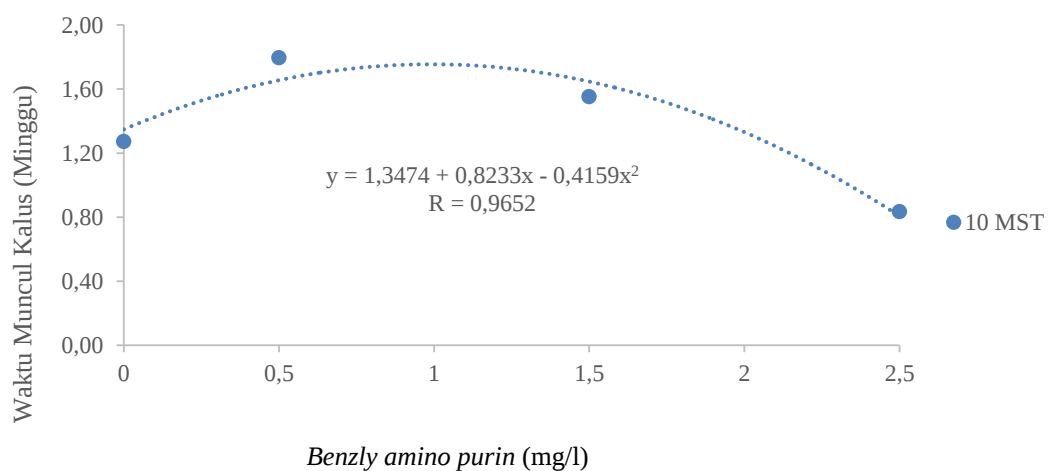
Data Hasil pengamatan terkait waktu munculnya kalus pada eksplan porang beserta analisis sidik ragamnya sebagaimana terlampir pada Lampiran 4. Dari penelitian ini diketahui bahwa pemberian 2,4-D tidak berpengaruh signifikan terhadap waktu pembentukan kalus. Sebaliknya, perlakuan dengan BAP memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tersebut. Rataan waktu kemunculan kalus pada setiap perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Waktu Muncul Kalus Porang (*Ammorphophallus muelleri*) pada Perlakuan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	10 Minggu Setelah Tanam (MST)
	Minggu.....
Konsentrasi BAP	
B ₀ (Kontrol)	1,27c
B ₁ (0,5 mg/l)	1,80a
B ₂ (1,5 mg/l)	1,55b
B ₃ (2,5 mg/l)	0,83c
Konsentrasi 2,4-D	
D ₀ (Kontrol)	1,17
D ₁ (1 mg/l)	1,51
D ₂ (2 mg/l)	1,45
D ₃ (3 mg/l)	1,33

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji Duncan 5 %.

Berdasarkan Hasil yang ditampilkan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa penggunaan 2,4-D tidak berpengaruh signifikan terhadap waktu pembentukan kalus. Namun, pemberian BAP terbukti berpengaruh nyata. Pada konsentrasi B₁ (0,5 mg/l), waktu muncul kalus tercatat paling tinggi, yaitu 1,8 minggu, dan berbeda signifikan dibandingkan konsentrasi B₂ (1,5 mg/l) dengan rata-rata 1,55 minggu.



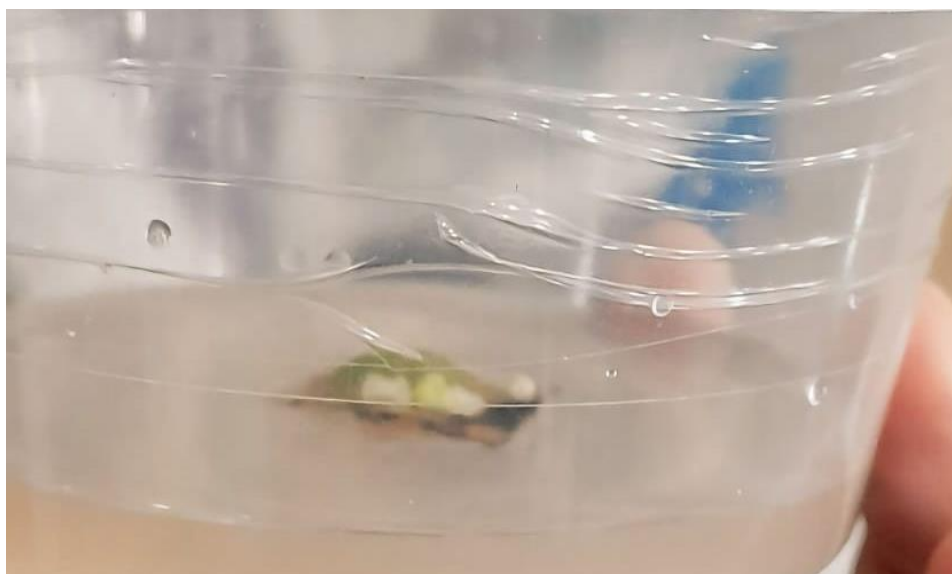
Gambar. 3 Hubungan Waktu Muncul Kalus pada Tanaman Porang dengan perlakuan BAP (minggu).

Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa pada perlakuan BAP dengan umur 10 MST terdapat hubungan positif yang maksimal. Pemberian BAP pada konsentrasi 0,5 mg/l menghasilkan waktu muncul kalus sekitar 1,7 minggu dengan korelasi yang sangat kuat sebesar 96% antara BAP dan waktu muncul kalus. Penelitian menurut Lailani (2023) menyatakan konsentrasi BAP rendah dapat mempercepat kemunculan kalus pada tanaman porang. Sebaliknya, peningkatan konsentrasi BAP cenderung memperlambat waktu munculnya kalus. Kondisi ini kemungkinan disebabkan karena eksplan sudah memiliki kadar sitokinin alami yang cukup tinggi, sehingga hanya membutuhkan tambahan

sitokinin eksogen dalam jumlah kecil untuk merangsang induksi kalus secara optimal. Penggunaan konsentrasi zat pengatur tumbuh sendiri sangat dipengaruhi oleh genotipe tanaman, jenis hormon, jenis eksplan, serta kondisi media kultur yang digunakan.

Warna Kalus

Budidaya *in vitro*, pertumbuhan eksplan dapat dievaluasi berdasarkan warna kalus, yang berfungsi sebagai penanda kondisi fisiologis sel. Warna kalus membantu membedakan jaringan yang masih aktif mengalami pembelahan dari jaringan yang telah mati. Kalus hasil induksi eksplan umumnya menampilkan variasi warna yang bervariasi sesuai dengan aktivitas sel di dalamnya. Namun, kalus yang berwarna coklat (browning) menandakan adanya proses adaptasi pada jaringan tanaman yang dipicu oleh luka pada eksplan. Proses ini melibatkan oksidasi polifenol yang dihasilkan sebagai respons terhadap kerusakan jaringan, sehingga menyebabkan perubahan warna pada kalus.



Gambar . 4 Warna kalus putih kehijauan (PH) (B₁D₁)



Gambar. 5 Warna kalus putih transparan (P) (B_0D_3)



Gambar. 6 Warna kalus putih kekuningan (PK) (B_1D_3)



Gambar. 7 Warna kalus coklat kehitaman (CK) (B₁D₂)



Gambar. 8 Warna kalus kuning kecoklatan (KC) (B₂D₃)

Warna kalus yang terbentuk dalam penelitian ini bervariasi, meliputi putih kehijauan (PH), putih transparan (P), putih kekuningan (PK), kuning kecoklatan (KC), dan coklat kehitaman (CK). Warna kalus yang dianggap terbaik pada eksplan tanaman porang terlihat pada Gambar 8, yaitu kalus dengan warna kuning kecoklatan (KC). Menurut Lestari *et al.* (2013), kalus yang tumbuh pada media regenerasi berubah warna dari putih kekuning coklat, diikuti pembentukan nodul-nodul berwarna hijau yang merupakan

calon tunas. Perubahan warna tersebut menandakan proses morfogenesis sedang berlangsung.

Tabel 3. Warna Kalus porang (*Amorphophallus muelleri*)

Perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
B ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	PH	PH	PH	PH	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	P	-	-
B ₀ D ₃	P	P	P	-	-	-
B ₁ D ₀	-	-	-	CK	-	-
B ₁ D ₁	PH	P	P	-	P	-
B ₁ D ₂	-	PH	PH	PH	PH	PH
B ₁ D ₃	-	-	-	P	P	PK
B ₂ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₂	-	-	-	P	P	PH
B ₂ D ₃	-	KC	KC	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	-	-	-	-

Keterangan : Warna Kalus Putih Kehijauan (PH), Putih Transparan (P), Kuning Kekuningan (PK), Coklat Kehitaman (CK), Kuning Kecoklatan (KC), Tidak terbentuk (-).

Berdasarkan Tabel 3, warna kalus yang muncul bervariasi antara putih kehijauan dan putih transparan, dengan dominasi warna putih kehijauan pada hampir semua perlakuan. Menurut penelitian Rasud (2020) warna kalus berperan sebagai penanda visual yang menggambarkan kualitas serta aktivitas sel di dalam jaringan. Kalus yang tampak putih menandakan keberadaan sel-sel muda yang masih mengalami pembelahan aktif, sementara kalus berwarna putih kekuningan mengindikasikan bahwa sel-sel tersebut sudah berada pada tahap akhir siklus pembelahan. Kalus yang berubah warna menjadi coklat atau kehitaman menandakan penuaan sel. Pada awal kultur, seluruh kalus berwarna putih, lalu secara bertahap berubah menjadi putih kekuningan, hingga akhirnya menjadi coklat kehitaman. Perubahan warna ini mencerminkan transisi dari sel-sel muda

yang membelah menjadi sel yang lebih baik atau matang. Pada tanaman porang, kalus berwarna putih kekuningan (PK) dinilai sebagai yang paling optimal, seperti terlihat pada kombinasi perlakuan BAP 0,5 mg/l dan 2,4-D 2 mg/l (B₁D₂). Penelitian tersebut didukung oleh Royani (2015), yang menjelaskan bahwa jaringan muda berwarna putih kekuningan dengan sel-sel yang masih aktif dapat membelah sehingga menghasilkan jaringan baru, sementara warna kuning menandakan aktivitas regenerasi sel yang berlangsung pada tahap dewasa.

TEKSTUR KALUS

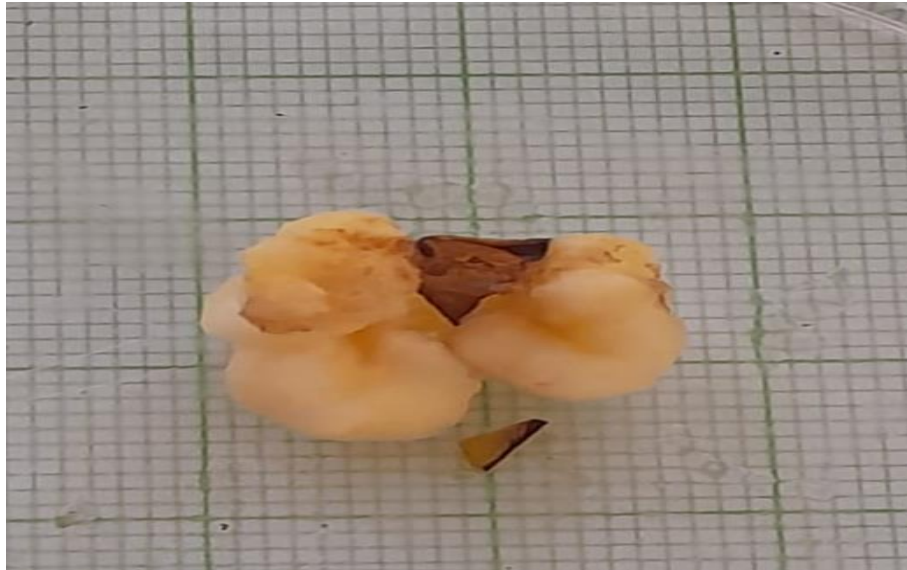
Kualitas kalus dapat dinilai secara visual melalui pengamatan teksturnya, yang menunjukkan apakah sel-sel di dalamnya masih aktif membelah atau sudah mengalami penurunan aktivitas pembelahan. Perbedaan tekstur kalus sangat erat kaitannya dengan formulasi media kultur yang digunakan, termasuk jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang ditambahkan..

Tabel. 4 Tekstur Kalus Porang (*Ammorphophallus muelleri*) dengan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
B ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	Remah	Remah	Remah	Remah	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	Kompak	-	-
B ₀ D ₃	Remah	Remah	Remah	-	-	-
B ₁ D ₀	-	-	-	Remah	-	-
B ₁ D ₁	Kompak	Kompak	Kompak	-	Kompak	-
B ₁ D ₂	-	Remah	Remah	Remah	Remah	Remah
B ₁ D ₃	-	-	-	Remah	Remah	Remah
B ₂ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₂	-	-	-	Remah	Remah	Remah
B ₂ D ₃	-	Remah	Intermediet	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	-	-	-	-

Keterangan : (-) tidak terbentuk kalus

Data Tabel 4 menyatakan kalus dengan tekstur remah sering ditemukan pada tanaman porang. Dari total 96 eksplan yang diamati, sebanyak 20 eksplan menghasilkan kalus bertekstur remah, 5 eksplan menunjukkan kalus bertekstur kompak, 1 eksplan memiliki kalus bertekstur intermediet, sementara 70 eksplan tidak menunjukkan pembentukan kalus.



Gambar. 9 Kalus tekstur kompak (B_1D_1)



Gambar. 10 Kalus tekstur remah (B_0D_1)



Gambar.. 11 Kalus tekstur Intermediet (B_2D_3)

Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar tersebut, tekstur kalus yang terbentuk menunjukkan variasi yang berbeda-beda. Kalus yang dihasilkan dalam penelitian ini bertekstur remah, tampak rapuh, dan relatif tipis. Temuan ini sejalan dengan Li *et al.* (2017), yang menegaskan bahwa penilaian kualitas kalus tidak hanya bergantung pada warnanya, melainkan juga pada teksturnya. Tekstur kalus yang remah dianggap paling baik, sebab mempermudah pemisahan jaringan menjadi sel-sel tunggal sekaligus memperbaiki aliran oksigen di antara sel-sel tersebut. Ciri utama kalus remah adalah kemampuannya tumbuh terpisah menjadi fragmen-fragmen kecil dengan tekstur lembut, yang terdiri atas sel-sel dengan rongga antar sel yang cukup longgar. Kalus kompak memiliki tekstur padat dan keras, dengan susunan sel-sel kecil yang sangat rapat sehingga membentuk jaringan yang kaku.

Berat Basah Kalus (g)

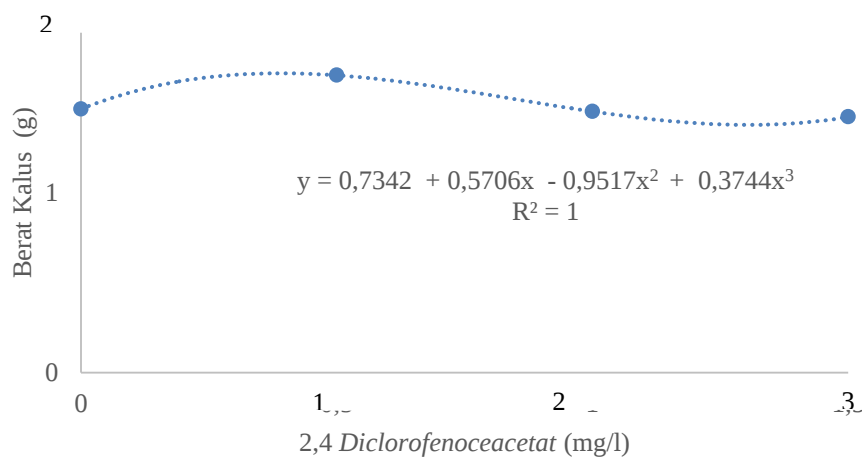
Peningkatan berat basah kalus terjadi karena adanya kandungan air yang berlebihan di dalam jaringan kalus, sehingga menyebabkan pembengkakan pada bagian kalus tersebut. Pengukuran berat basah kalus dilakukan menggunakan alat neraca analitik untuk mendapatkan hasil yang akurat. Data mengenai berat basah kalus porang dengan perlakuan kombinasi BAP dan 2,4-D sesuai Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Berat Basah Kalus Porang (*Amorphophallus muelleri*) Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	10 Minggu Setelah Tanam (MST)
	gram.....
Konsentrasi BAP	
B ₀ (Kontrol)	0,75
B ₁ (0,5 mg/l)	0,81
B ₂ (1,5 mg/l)	0,74
B ₃ (2,5 mg/l)	0,71
Konsentrasi 2,4-D	
D ₀ (Kontrol)	0,73b
D ₁ (1 mg/l)	0,83a
D ₂ (2 mg/l)	0,73b
D ₃ (3 mg/l)	0,71b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang tidak sama pada kolom yang sama berbeda nyata menurut uji Duncan 5%

Berdasarkan Tabel 5, menunjukkan bahwa konsentrasi 2,4-D berpengaruh nyata terhadap berat basah kalus sedangkan pada perlakuan BAP tidak berpengaruh nyata. Diketahui bahwa berat basah kalus dengan rata-rata tertinggi pada perlakuan 2,4-D D₁ (1 mg/l) sebesar 0,83 gram sedangkan berat basah kalus rata-rata terendah pada perlakuan 2,4-D D₃ (3 mg/l).



Gambar. 12 Hubungan Berat Basah Kalus pada Eksplan Tanaman Porang dengan Perlakuan 2,4-D 10 MST

Gambar 12 memperlihatkan bahwa perlakuan 2,4-D terhadap kalus porang menghasilkan kurva berbentuk polinomial, yang menggambarkan bahwa peningkatan konsentrasi 2,4-D tidak selalu diikuti oleh kenaikan berat basah kalus secara linear dengan nilai $y = 0,7342 + 0,5706x - 0,9517x^2 + 0,3744x^3$. Persamaan tersebut memiliki nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 1. Hal ini menunjukkan bahwa variasi perlakuan konsentrasi 2,4-D sepenuhnya mampu menjelaskan perubahan berat kalus. Berdasarkan pola persamaan, berat kalus meningkat pada konsentrasi 1 mg/l, menurun pada 2 mg/l, dan kembali meningkat pada 3 mg/l. Hasil ini mendukung penelitian Indah dan Ermavitalini (2013), yang menyatakan bahwa 2,4-D berfungsi merangsang morfogenesis serta induksi kalus, dan turut memengaruhi kestabilan genetik sel tanaman. Perlakuan dalam pembentukan kalus terpengaruh oleh *auksin* dan *sitokinin*, yang berasal dari tanaman (*endogen*) maupun dari luar (*eksogen*). Kombinasi yang tepat antara auksin dan sitokinin sangat penting untuk mendukung pertumbuhan kalus secara *in vitro*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pemberian 2,4-D pada konsentrasi 1 mg/l (D_1) menghasilkan peningkatan berat basah kalus yang signifikan, dengan rata-rata berat mencapai 0,83 gram.
2. Pemberian BAP dengan konsentrasi 0,5 mg/l (B_1) terbukti mempercepat proses inisiasi kalus, di mana kalus mulai terlihat pada kisaran 1,8 minggu.
3. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan BAP dan 2,4-D tidak memberikan interaksi yang berarti dalam memengaruhi induksi kalus pada tanaman porang

Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan penggunaan 2,4-D pada konsentrasi 1 mg/l (D_1) serta konsentrasi 0,5 mg/l (B_1) pada BAP untuk memaksimalkan pertumbuhan kalus porang.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz, M. M., Ratnasari, E., dan Rahayu, Y. S. 2014. Induksi Kalus Umbi Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri*) dengan Kombinasi Konsentrasi 2, 4-D dan BAP Secara *In Vitro* Callus Induction of Iles-Iles (*Amorphophallus muelleri*) Tuber Using Concentration. *Lentera Bio*, 3(2), 109–114.
- Adihaningrum, H., dan Rahayu, T. 2019. Potensi Biosida Serbuk Pelepah Pisang kepok pada kultur *in vitro* benih beras hitam. In Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek (SNPBS) ke-IV (p. 133).
- Ardiana, D. W. 2019. Teknik Pemberian *Benzyl Amino Purine* untuk Memacu Pertumbuhan Kalus dan Tunas pada Kotiledon Melon (*Cucumis melo* L.) *Buletin Teknik Pertanian*. 14 (2): 50-53.
- Damayanti, D., Sudarsono, S., Mariska, I., dan Herman, M. 2016. Regenerasi Pepaya Melalui Kultur *In vitro*. *Jurnal AgroBiogen*, 3(2), 49–54.
- Defiani, M. R., Astarini, I. A., Kriswiyanti, E., dan Suriani, N. L. 2020. *Perkembangan Bibit Aren (Arenga pinnata Merr yang Dikultur pada Media MS dan WPM*. 8(1), 34–40.
- Fajar Indah Kurniati. 2021. Sikap Petani Dalam Pembibitan Tanaman Porang di Kecamatan Saradan Kabupaten Madiun. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(February).
- Fauzan, M., Nirmala, R., Sunaryo, W., dan Pujowati, P. 2021. Induksi Multiplikasi Ubi Kayu var. Gajah (*Manihot esculenta crantz*) Melalui Kultur Jaringan dengan Zat Pengatur Tumbuh BAP dan NAA. *J Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 3(2), 79–85.
- Finamore, P. da S., Kós, R. S., Corrêa, J. C. F., D, Collange Grecco, L. Dodson, J. 2021. Induksi Kalus Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) Menggunakan 2,4 D *Dichlorophenoxy Acetic* (2,4 - D) dan *Benzyl adenine* (BA) Secara *In vitro*. In *Munasiyah* (Vol. 53, Issue February).
- Hariyati, M., Bachtiar, I., dan Sedijani, P. 2016. Induksi Kalus Tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*) dengan Pemberian *Benzyl Amino Purin* (BAP) dan *Dichlorofenoksi Acetil Acid* (2,4 D). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(1), 91–96.
- Hapsoro, D., M.I. Alisan, T. Ismaryati and Yusnita. 2010. *Effects of benzyl adenine on in vitro shoot multiplication of banana (Musa paradisiaca Linn.)*. cv. Ambon Kuning and Tanduk. Proceed. Int. Sem. Hort. to Support Food Security. June 22-23, 2010 in Bandar Lampung, Indonesia.

- Heriansyah, P., dan Indrawanis, E. 2020. Uji Tingkat Kontaminasi Eksplan Anggrek *Bromheadia finlysoniana* L. Miq dalam Kultur *in-vitro* dengan Penambahan Ekstrak Tomat. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 18(2), 223-232.
- Indah, P. N., dan Ermavitalini, D. 2013. Induksi Kalus Daun Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) pada Beberapa Kombinasi Konsentrasi 6-Benzyl Amino Purine (BAP) dan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2, 4-D). *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 2(1), E1-E6.
- Khatima, K. 2022. Induksi Kalus Tanaman Porang (*Amorphophallus muelerri blume*) dengan 2,4 - D pada Berbagai Sumber Eksplan Secara *In vitro* (Issue 8.5.2017).
- Khoirunnisa, K., dan Mercuriani, I. S. 2022. Optimasi Teknik Sterilisasi Eksplan dan Medium Induksi Kalus Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) dengan Penambahan Zat Pengatur Tumbuh (ZPT) 2,4 - D. *Kingdom (The Journal of Biological Studies)*, 8(1), 34–44.
- Kurnianingsih, R., Ghazali, M., Rosidah, S., Muspiah, A., Astuti, S. ., dan Nikmatullah, A. 2020. Pelatihan Teknik Dasar Kultur Jaringan Tumbuhan. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 4(5), 888–896.
- Lailani, Z. I., dan 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.
- Lebi, M. E. 2013. *Kajian Konsentrasi CPPU dan Dosis Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan Tanaman Porang (Amorphophallus onchophyllum)*.
- Mahadi, I., Syafi'i, W., dan Sari, Y. 2016. Callus Induction of Calamansi (*Citrus microcarpa*) Using 2,4-D and BAP Hormones by *in vitro* Methods. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(2), 84–89.
- Nurafikasari Siregar. 2023. Karakteristik Sifat Mekanik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Porang (*Amorpholllus muelleri blume*) dengan Penambahan Kitosan. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952.
- Nurhanis, S. E., Wulandari, R. S., dan Suryantini, R. 2019. Variations of IAA Concentration to the Growth of Sengon Tissue Culture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 7(1), 857–867.
- Rasud, Y., dan Bustaman, B. 2020. *In Vitro* Callus Induction from Clov (*Syzigium aromaticum* L.) Leaves on Medium Containing Various Auxin Concentrations. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 25(1), 67–72.

- Sari, A. T. P., Alamsyah, M. A., dan Rahardja, B. S. 2012. Effect Of Concerect OF Growth Regulatours (2,4-Dichlorophenoxyaceticacid) Againts The Growth Of Nannochloropsis Oculata. *Journal of Marine and Coastal Science*, 1(2), 61–70.
- Sitinjak, M. A., Isda, M. N., dan Fatonah, S. 2015. Induksi Kalus dari Eksplan Daun *in vitro* Keladi Tikus (*Typhonium sp.*) dengan Perlakuan 2,4-D dan Kinetin. *Jurnal Biologi*, 8(1), 32–39.
- Sukmadjaja, D., dan Mariska, I. 2003. *Perbanyakan Bibit Jati Melalui Kultur Jaringan*.
- Sutriana, S., Jumin, H. B., dan Gultom, H. 2013. Interaksi BAP (*Benzil Amino Purin*) dan IAA (*Indole Acetic Acid*) pada Eksplan Anthurium (*Anthurium sp*) dalam Kultur Jaringan. *Dinamika Pertanian*, XXVII(3), 131–140.
- Wardana, R., Jumiatun, dan Rosdiana, E. 2017. Multipikasi Tanaman Iles – Iles (*Amorphophallus mulleri blume*) Secara *in vitro* sebagai Upaya Peningkatan Produksi Pangan Lokal. *Jurnal Seminar Naional*, 5(1), 353–357.
- Widiastoety, D., Solvia, N., dan Kartikaningrum, S. 2009. Pengaruh *Tiamin* terhadap Pertumbuhan Planlet Anggrek *Oncidium* secara *in vitro*. *J. Hort.* 19(1):35-39, 2009, 19(1), 35–39.
- Widyastuti, E. 2017. *Teknologi Pemanfaatan Porang*. Malang: Universitas Brawijaya Press.
- Yunita, A. D. E. 2024. *Respon Pertumbuhan Kultur Jaringan Daun Jernang (Daemonorops draco (Willdd.)Blume dengan Pemberian Hormon IAA dan BAP*.
- Lestari, S. 2013. Pengaruh Jenis Eksplan Dan Konsentrasi IBA Terhadap Pertumbuhan dan Kadar Metabolit Sekunder (Stigmasteron dan Sitosterol) Kalus Purwoceng (*Pimpinella alpine Molk.*) pada Media MS. Skripsi. Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi UIN Malang. Malang: UIN Press

LAMPIRAN

Lampran 1. Deskripsi Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri*)

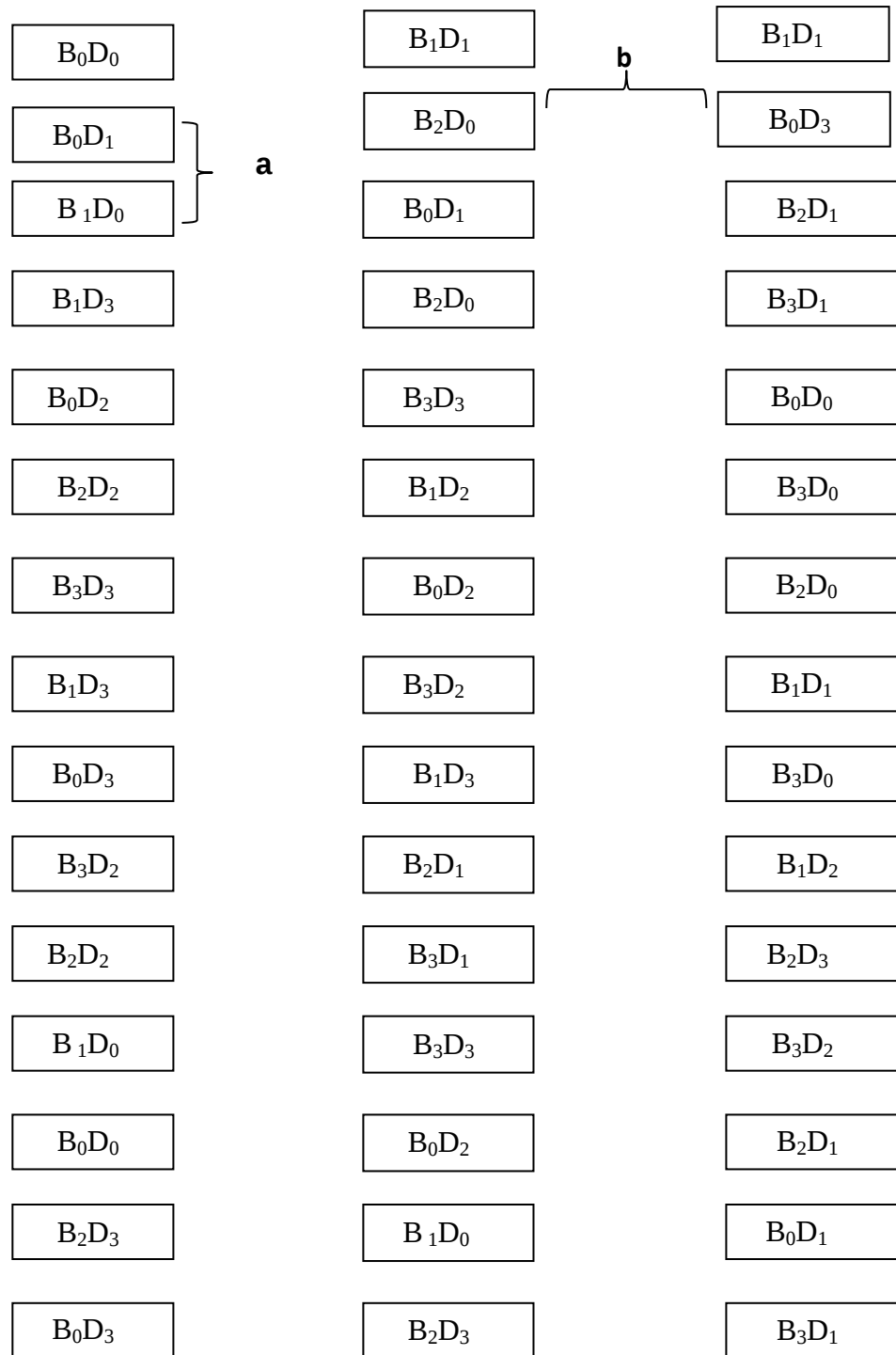
Bentuk Tanaman	: Tegak
Bentuk Buah	: Bulat
Daun	: Tegak
Potensi hasil	: 4,5 ton/ Bulan
Rata-rata hasil	: 24 ton/ha
Tinggi tanaman	: 1,5 m
Umur tanaman	: 3 tahun
Warna buah	: Coklat
Ketahanan terhadap	:Serangan hama tanaman dan penyakit busuk buah
Hama dan Penyakit	: hama pada tanaman porang belalang dan ulat umbi dan penyakit pada tanaman porang yaitu busuk batang semu, layu daun oleh jamur .

Lampiran 2. Komposisi Media *Murashige dan Skoog*

No.	Element	1 x (mgL ⁻¹)	gL ⁻¹	Note
1	Macroelements		10x	Stock solution kept in freezer at 4°C
	Calcium Chloride $CaCl_2$	332.02	3.3202	
	Potassium Dihydrogen Phosphate KH_2PO_4	170.00	1.7	
	Potassium Nitrate KNO_3	1900.00	19	
	Magnesium Sulfate $MgSO_4$	180.00	1.8	
	Ammonium Nitrate NH_4NO_3	1650.00	16.5	
2	Microelements		1000x	Stock solution kept in freezer at 4°C
	Cobalt Chloride $CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.025	0.025	
	Cuprum Sulfate $CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.025	0.025	
	Boric Acid H_3BO_3	6.20	6.2	
	Potassium Iodide KI	0.83	0.83	
	Manganese Sulfate $MnSO_4 \cdot 4H_2O$	16.90	16.9	
	Sodium Molybdate $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.25	0.25	
	Zinc Sulfate $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	8.60	8.6	
3	Vitamins		100x	Kept in freezer at 4°C and stock solution placed in dark bottle
	Glycine $C_2H_5NO_2$	2.00	0.2	
	Nicotinic Acid $C_6H_5NO_2$	0.50	0.05	
	Pyridoxine $C_8H_{11}NO_3$	0.50	0.05	
	Thiamine $C_{12}H_{17}ClN_4O_5$	0.10	0.01	
4	Iron		100x	Stock solution kept in freezer at 4°C
	Disodium ethylenediaminetetraacetic Acid Na_2EDTA	37.25	3.725	
	Ferrous Sulfate $FeSO_4 \cdot 7H_2O$	27.85	2.785	
5	Other			Added each time when making medium
	Myo-inositol	100	0.1	
	Sucrose	30,000	30	

Sumber: *Murashige dan Skoog* 1962

Lampiran 3. Bagan Penelitian

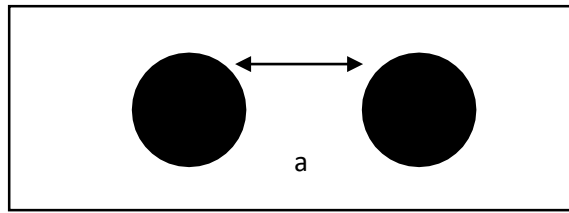


Keterangan :

a : Jarak antar kultur 10 cm

b : Jarak antar eksperimental unit

Lampiran 4. Bagan Plot Penelitian



Keterangan:

a : Jarak antar kultur 5 cm

● : Sampel eksplan

Lampiran 5. Data Rataan Pengamatan Waktu Muncul Kalus Porang pada Perlakuan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rataan
	I	II	III		
B ₀ D ₀	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
B ₀ D ₁	2,65	0,71	0,71	4,06	1,35
B ₀ D ₂	1,73	0,71	0,71	3,15	1,05
B ₀ D ₃	2,24	3,00	0,71	5,94	1,98
B ₁ D ₀	2,12	0,71	0,71	3,54	1,18
B ₁ D ₁	1,58	3,08	2,83	7,49	2,50
B ₁ D ₂	2,35	2,00	1,73	6,08	2,03
B ₁ D ₃	0,71	2,00	1,73	4,44	1,48
B ₂ D ₀	1,73	2,35	0,71	4,78	1,59
B ₂ D ₁	1,73	0,71	2,00	4,44	1,48
B ₂ D ₂	2,00	2,00	2,00	6,00	2,00
B ₂ D ₃	0,71	2,00	0,71	3,41	1,14
B ₃ D ₀	0,71	2,24	0,71	3,65	1,22
B ₃ D ₁	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
B ₃ D ₂	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
B ₃ D ₃	0,71	0,71	0,71	2,12	0,71
Jumlah	23,08	24,32	18,07	65,47	
Rataan	1,44	1,52	1,13		1,36

Keterangan: Data di Transformasikan dengan $\sqrt{0,5}$

Lampiran 6. Daftar Sidik Ragam Waktu Muncul Kalus Porang pada Perlakuan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 0,5}
<i>Benzly Amino Purin (B)</i>	3	6,13	2,04	4,46 *	2,90
<i>B_{Linier}</i>	1	1,45	1,45	3,17 tn	4,15
<i>B_{Kwadratik}</i>	1	4,62	4,62	10,10 *	4,15
<i>B_{Kubik}</i>	1	0,05	0,05	0,11 tn	4,15
2,4-D (D)	3	0,78	0,26	0,57 tn	2,90
<i>D_{Linier}</i>	1	0,09	0,09	0,20 tn	4,15
<i>D_{Kwadratik}</i>	1	0,62	0,62	1,35 tn	4,15
<i>D_{Kubik}</i>	1	0,07	0,07	0,16 tn	4,15
Interaksi (B × D)	9	6,65	0,74	1,61 tn	2,19
Galat	32	14,65	0,46		
Jumlah	47	28,21			

Keterangan:

tn: tidak nyata

*: nyata

KK = 49,61%

Lampiran 7. Data Rataan Pengamatan Berat Basah Kalus Porang (*Ammorphophallus muelleri*) pada Perlakuan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rataan
	I	II	III		
B ₀ D ₀	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
B ₀ D ₁	0,99	0,83	0,71	2,53	0,84
B ₀ D ₂	0,71	0,75	0,71	2,17	0,72
B ₀ D ₃	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
B ₁ D ₀	0,71	0,71	0,87	2,29	0,76
B ₁ D ₁	1,00	0,71	1,31	3,02	1,01
B ₁ D ₂	0,72	0,77	0,74	2,23	0,74
B ₁ D ₃	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
B ₂ D ₀	0,79	0,71	0,73	2,23	0,74
B ₂ D ₁	0,71	0,71	0,84	2,26	0,75
B ₂ D ₂	0,76	0,73	0,71	2,20	0,73
B ₂ D ₃	0,71	0,74	0,71	2,16	0,72
B ₃ D ₀	0,71	0,74	0,71	2,16	0,72
B ₃ D ₁	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
B ₃ D ₂	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
B ₃ D ₃	0,71	0,71	0,71	2,13	0,71
Jumlah	12,07	11,66	12,30	36,03	
Rataan	0,75	0,73	0,77		0,75

Keterangan: Data di Transformasikan dengan $\sqrt{0,5}$

Lampiran 8. Daftar Sidik Ragam Berat Basah Kalus Porang (*Ammorphophallus muelleri*) pada Perlakuan Konsentrasi BAP dan 2,4-D

Perlakuan	DB	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel 0,5}
<i>Benzly Amino Purin (B)</i>	3	0,06	0,02	2,34 tn	2,90
<i>B_{Linier}</i>	1	0,02	0,02	2,19 tn	4,15
<i>B_{Kwadratik}</i>	1	0,02	0,02	2,66 tn	4,15
<i>B_{Kubik}</i>	1	0,02	0,02	2,19 tn	4,15
2,4-D (D)	3	0,10	0,03	4,15 *	2,90
<i>D_{Linier}</i>	1	0,02	0,02	2,06 tn	4,15
<i>D_{Kwadratik}</i>	1	0,04	0,04	4,47 *	4,15
<i>D_{Kubik}</i>	1	0,05	0,05	5,91 *	4,15
Interaksi (B × D)	9	0,11	0,01	1,47 tn	2,19
Galat	32	0,26	0,01		
Jumlah	47	0,52			

Keterangan:

tn: tidak nyata

*: nyata

KK = 11,92%

Lampiran 9. Data Rataan Eksplan Membentuk Kalus

Perlakuan	Eksplan Membentuk Kalus							
	3	4	5	6	7	8	9	10
B ₀ D ₀	-		-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	-	1,04	-	1,04	-	3,1	-	5,2
B ₀ D ₂	-	-	-	1,04	-	1,04	-	1,04
B ₀ D ₃	-	-	-	-	-	-	-	2,08
B ₁ D ₀	-	-	-	-	-	1,04	-	1,04
B ₁ D ₁	-	1,04	-	1,04	-	3,1	-	4,1
B ₁ D ₂	-	-	-	1,04	-	4,1	-	4,1
B ₁ D ₃	-	-	-	1,04	-	2,08	-	1,04
B ₂ D ₀	-	-	-	1,04	-	1,04	-	2,08
B ₂ D ₁	-	-	-	-	-	1,04	-	1,04
B ₂ D ₂	-	-	-	-	-	3,1	-	3,01
B ₂ D ₃	-	-	-	-	-	1,04	-	1,04
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-	-	1,04
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	-	-	-	-	-	-

Lampiran 10. Data Rataan Eksplan Terkontaminasi

Perlakuan	Eksplan Membentuk Kalus								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B ₀ D ₀	1,0 4	-	-	-	-	-	1,04	-	1,0 4
B ₀ D ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	-	1,04	-	-	-	-
B ₀ D ₃	-	-	-	-	1,04	-	-	-	-
B ₁ D ₀	-	-	1,04	-	-	-	-	-	-
B ₁ D ₁	-	-	1,04	-	-	-	-	-	-
B ₁ D ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₁ D ₃	-	-	1,04	-	-	-	1,04	-	-
B ₂ D ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	1,04	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₃	-	-	-	-	1,04	-	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-	-	-	1,0 4
B ₃ D ₂	1,0 4	-	-	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	1,0 4		-	-	-	-	1,04	-	1,0 4

Lampiran 11. Data Rataan Waktu Muncul Kalus

Perlakuan	Waktu muncul kalus		
	I	II	III
B ₀ D ₀	0.00	0.00	0.00
B ₀ D ₁	45.00	0.00	0.00
B ₀ D ₂	36.00	0.00	0.00
B ₀ D ₃	62.00	59.00	0.00
B ₁ D ₀	57.00	0.00	0.00
B ₁ D ₁	29.00	62.00	54.00
B ₁ D ₂	69.00	50.00	36.00
B ₁ D ₃	0.00	50.00	36.00
B ₂ D ₀	36.00	69.00	0.00
B ₂ D ₁	36.00	0.00	50.00
B ₂ D ₂	50.00	50.00	50.00
B ₂ D ₃	0.00	50.00	0.00
B ₃ D ₀	0.00	62.00	0.00
B ₃ D ₁	0.00	0.00	0.00
B ₃ D ₂	0.00	0.00	0.00
B ₃ D ₃	0.00	0.00	0.00

Lampiran 12. Data Rataan Warna Kalus porang BAP dan 2,4- D 10 MST

Perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
B ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	PH	PH	PH	PH	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	P	-	-
B ₀ D ₃	P	P	P	-	-	-
B ₁ B ₂	-	-	-	P	-	-
B ₁ D ₁	PH	P	P	-	P	-
B ₁ D ₂	-	PH	PH	PH	PH	PH
B ₁ D ₃	-	-	-	P	P	PK
B ₂ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₂	-	-	-	P	P	PH
B ₂ D ₃	-	P	P	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-

B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	-	-	-	-

Lampiran . 13 Data Rataan Tekstur Kalus Porang dengan Konsentrasi BAP dan 2,4-D 10 MST

Perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
B ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	Remah	Remah	Remah	Remah	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	Kompak	-	-
B ₀ D ₃	Remah	Remah	Remah	-	-	-
B ₁ B ₂	-	-	-	Remah	-	-
B ₁ D ₁	Kompak	Kompak	Kompak	-	Kompak	-
B ₁ D ₂	-	Remah	Remah	Remah	Remah	Remah
B ₁ D ₃	-	-	-	Remah	Remah	Remah
B ₂ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₂ D ₂	-	-	-	Remah	Remah	Remah
B ₂ D ₃	-	Remah	Intermediet	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	-	-	-	-

Keterangan : (-) tidak terbentuk kalus

Lampiran . 14 Data Rataan Berat Basah Kalus Porang dengan Konsentrasi BAP dan 2,4-D 10 MST

Perlakuan	Ulangan 1		Ulangan 2		Ulangan 3	
	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 1	Sampel 2
B ₀ D ₀	-	-	-	-	-	-
B ₀ D ₁	0,0484	0,0135	0,1970	0,1180	-	-
B ₀ D ₂	-	-	-	0,0061	-	-
B ₀ D ₃	-	-	0,0148	-	-	-
B ₁ B ₂	-	-	-	-	-	-
B ₁ D ₁	0,5054	-	0,0334	-	-	0,2622
B ₁ D ₂	-	0,0208	0,1021	0,0748	0,0080	1,2276
B ₁ D ₃	-	-	-	0,0117	0,0531	-
B ₂ D ₀	0,1214	-	0,0312	-	-	-
B ₂ D ₁	-	-	-	-	0,0305	-
B ₂ D ₂	0,0086	-	-	0,0400	0,2197	-
B ₂ D ₃	-	-	0,0500	-	-	-
B ₃ D ₀	-	-	-	0,0590	-	-
B ₃ D ₁	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₂	-	-	-	-	-	-
B ₃ D ₃	-	-	0,0030	-	-	-

