



**INDUKSI KALUS DAN REGENERASI TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculantum* Mill.) VARIETAS REMPAI DENGAN
KOMBINASI HORMON 2,4-D DAN BAP SECARA IN VITRO**

SKRIPSI

Oleh:

**Nada Humaizah
NIM 181510501094**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JEMBER
2023**



**INDUKSI KALUS DAN REGENERASI TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicon esculantum* Mill.) VARIETAS REMPAI DENGAN
KOMBINASI HORMON 2,4-D DAN BAP SECARA IN VITRO**

diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian
Universitas Jember

SKRIPSI

Oleh:

**Nada Humaizah
NIM 181510501094**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS JEMBER
FAKULTAS PERTANIAN
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
JEMBER
2023**

PERSEMBAHAN

Dengan Puji Syukur atas kehadiran Allah SWT, saya persembahkan karya tulis ilmiah ini kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Soetriono, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Bapak Drs. Yagus Wijayanto, MA., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi yang senantiasa selalu memberikan masukan, kritik, serta saran yang sangat membangun dalam penyusunan skripsi ini.
4. Bapak Mohammad Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D. selaku dosen penguji 1 dan Ibu Tri Ratnasari, S.Si., M.Si. selaku dosen penguji 2 yang telah memberikan evaluasi dan motivasi demi kesempurnaan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Didik Pudji Restanto, MS., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Agronomi yang telah memberikan bantuan dan ilmu dalam menyusun penelitian ini.
6. Bapak Budi Kriswanto, S.P., M.P selaku Teknisi Laboratorium Ekofisiologi dan Kultur Jaringan yang telah turut serta memberikan bantuan dan ilmu agar penelitian ini berjalan dengan lancar.
7. Keluarga besar Laboratorium Ekofisiologi dan Kultur Jaringan Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember
8. Kedua orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi hingga mendapat gelar Sarjana Pertanian.
9. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Siapa yang menempuh jalan untuk mencari ilmu, maka Allah akan memudahkan baginya jalan menuju surga.” (HR Muslim, no. 2699).

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.” (QS. Al-Mujadalah: 11)

“Dan Dia memberinya rezeki dari arah yang tidak disangka-sangkanya. Dan barangsiapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan (keperluan)nya.” (QS. At-Talaq: 3)



PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nada Humaizah

NIM : 181510501094

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul **“Induksi Kalus dan Regenerasi Eksplan Tanaman Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill.) Varietas Rempai dengan Kombinasi Hormon 2,4-D dan BAP Secara In Vitro”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2023

Yang menyatakan,

Nada Humaizah

NIM. 181510501094

SKRIPSI

**INDUKSI KALUS DAN REGENERASI EKSPLAN TANAMAN TOMAT
(*Lycopersicum esculantum* Mill.) VARIETAS REMPAI DENGAN
KOMBINASI HORMON 2,4-D DAN BAP SECARA IN VITRO**

Oleh:
Nada Humaizah
NIM 181510501094

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Skripsi

: Prof. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si
NIP. 196907212000121002

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “**Induksi Kalus dan Regenerasi Eksplan Tanaman Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill.) Varietas Rempai dengan Kombinasi Hormon 2,4-D dan BAP secara In Vitro**” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Pertanian Universitas Jember pada:

Hari :
Tanggal :
Tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember

Pembimbing Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama
Nama : Prof. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si
NIP : 19690721212000121002 ()

Penguji

1. Penguji Utama
Nama : Mohammad Ubaidillah S.Si., M.Agr., Ph.D.
NIP : 198612112019031008 ()

2. Penguji Anggota 1
Nama : Tri Ratnasari, S.Si., M.Si.
NIP : 198509182019032011 ()

ABSTRACT

Effect of BAP and 2,4-D on In Vitro Callus Induction of Rempai Variety of Tomato (*Lycopersicon esculantum* Mill.); Nada Humaizah; 181510501094; 2023; Department of Agrotechnology; Faculty of Agriculture; University of Jember.

*Tomato (*Lycopersicon esculantum* Mill.) is a horticultural crop that has high economic value. One of the widely cultivated varieties is the rempai variety. The obstacle faced in breeding tomato plants through tissue culture is the need for factors that can increase the growth of tomato plant explants. Factors that influence the success of in vitro culture are the use of media, nutrients, types of explants, and growth regulators. The commonly used growth regulators from the cytokinin group are 6-benzyl aminopurine or (BAP) and the auxin group is 2,4-D (2,4-dichlorophenoxyacetic).*

The purpose of this study was to determine the effect and optimal concentration of BAP and 2,4-D administration on callus induction and to determine the best concentration of BAP hormone on the regeneration of tomato plant explants. This research was conducted in March-August at the Ecophysiology and Plant Tissue Culture Laboratory of the Agronomy Study Program, Faculty of Agriculture, University of Jember. This study used a factorial complete randomized design (CRD) with two factor: BAP (0 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm, and 1.5 ppm) and 2,4-D (0 ppm, 2 ppm, 4 ppm, and 6 ppm) with hypocotyl, cotyledon and root explants so that 16 treatment combinations were obtained and each treatment combination was repeated 3 times. Then the explants were transferred to the germination medium with a combination of BAP hormones at 3 levels (1.5 ppm, 2 ppm, 2.5 ppm). Data analysis uses ANOVA and if significantly different results found, then the DMRT test will continued with a level of 5%.

The results showed that the growth regulators BAP and 2,4-D had an effect on callus induction in tomato plants. The best callus induction treatment is B4D1 (BAP 1.5 ppm and 2,4-D 0 ppm) with hypocotyl explants with a time span of 5.33 HST. The callus that appears is white, brownish white, to brown, while the texture produced on all explants is crumbly. The best treatment for early shoot emergence is B1 (BAP 1.5 ppm) with a time span of 5.3 HST. Meanwhile, the highest number of shoots and shoot percentage were found in the BAP 2.5 ppm treatment with a number of shoots of 3 and a percentage of 33.3%.

Keywords: *Tomato, Callus, Shoot, BAP, 2,4-D*

RINGKASAN

Induksi Kalus dan Regenerasi Eksplan Tanaman Tomat (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) Varietas Rempai dengan Kombinasi Hormon 2,4-D dan BAP secara In Vitro; Nada Humaizah; 181510501094; 2023; Program Studi Agroteknologi; Fakultas Pertanian; Universitas Jember.

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi. Salah satu varietas yang banyak dibudidayakan adalah varietas rempai. Kendala yang dihadapi dalam pemuliaan tanaman tomat melalui kultur jaringan adalah dibutuhkan faktor yang dapat meningkatkan pertumbuhan eksplan tanaman tomat. Faktor yang mempengaruhi keberhasilan kultur in vitro yakni penggunaan media, nutrisi, jenis eksplan, dan zat pengatur tumbuh. Zat pengatur tumbuh yang biasa digunakan dari golongan sitokinin adalah *6-benzil aminopurine* atau (BAP) dan golongan auksin adalah 2,4-D (*2,4-dichlorophenoxyacetic*).

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dan konsentrasi optimal dari pemberian BAP dan 2,4-D terhadap induksi kalus serta mengetahui konsentrasi terbaik hormon BAP terhadap regenerasi eksplan tanaman tomat. Penelitian ini dilakukan pada bulan Maret-Agustus di Laboratorium Ekofisiologi dan Kultur Jaringan Tanaman Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial dengan faktor pertama berupa konsentrasi BAP (0 ppm, 0.5 ppm, 1 ppm, dan 1,5 ppm) dan faktor kedua berupa konsentrasi 2,4-D (0 ppm, 2 ppm, 4 ppm, dan 6 ppm) dengan jenis eksplan hipokotil, kotiledon, dan akar sehingga didapatkan 16 kombinasi perlakuan dan setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Selanjutnya eksplan dipindahkan ke media pertunasan dengan kombinasi hormon BAP 3 taraf (1,5 ppm, 2 ppm, 2,5 ppm). Analisis data menggunakan ANOVA dan apabila ditemukan hasil yang berbeda nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji DMRT dengan taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa zat pengatur tumbuh BAP dan 2,4-D berpengaruh terhadap induksi kalus tanaman tomat. Perlakuan terbaik induksi kalus yaitu B4D1 (BAP 1,5 ppm dan 2,4-D 0 ppm) dengan eksplan hipokotil dengan rentang waktu 5,33 HST. Kalus yang muncul berwarna putih, putih kecoklatan, hingga coklat, sedangkan tekstur yang dihasilkan pada seluruh eksplan adalah remah. Perlakuan yang terbaik dalam kedinian muncul tunas dimana yaitu B1 (BAP 1,5 ppm) dengan rentang waktu 5,3 HST. Sedangkan jumlah tunas dan persentase tunas tertinggi ditemui pada perlakuan BAP 2,5 ppm dengan jumlah tunas 3 dan persentase 33,3%.

Kata Kunci: Tomat, Kalus, Tunas, BAP, 2,4-D

PRAKATA

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Induksi Kalus dan Regenerasi Eksplan Tanaman Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill.) Varietas Rempai dengan Kombinasi Hormon 2,4-D dan BAP decara In Vitro”. Skripsi ini diajukan guna memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan program sarjana pada Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Penyusunan Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari adanya bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

- 1) Kedua orang tua saya, Agus Sulistijono (alm) dan Ike Santi Agustiana, adik tersayang Muh. Rif'at Fairullah Dzakwan, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan doa dan motivasi.
- 2) Dosen pembimbing skripsi saya Bapak Prof. Dr. Ir. Sholeh Avivi, M.Si.
- 3) Seluruh keluarga Laboratorium Ekofisiologi Kultur Jaringan Fakultas Pertanian Universitas Jember yang membantu memberikan ilmu dan bantuan selama penelitian.
- 4) Seluruh keluarga Agroteknologi 2018 yang menemani sejak awal perkuliahan.
- 5) Seluruh sahabat yang mendampingi selama tinggal di Jember.
- 6) Serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan maaf dan terimakasih atas kritik dan saran. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

Jember, September 2023

Penulis

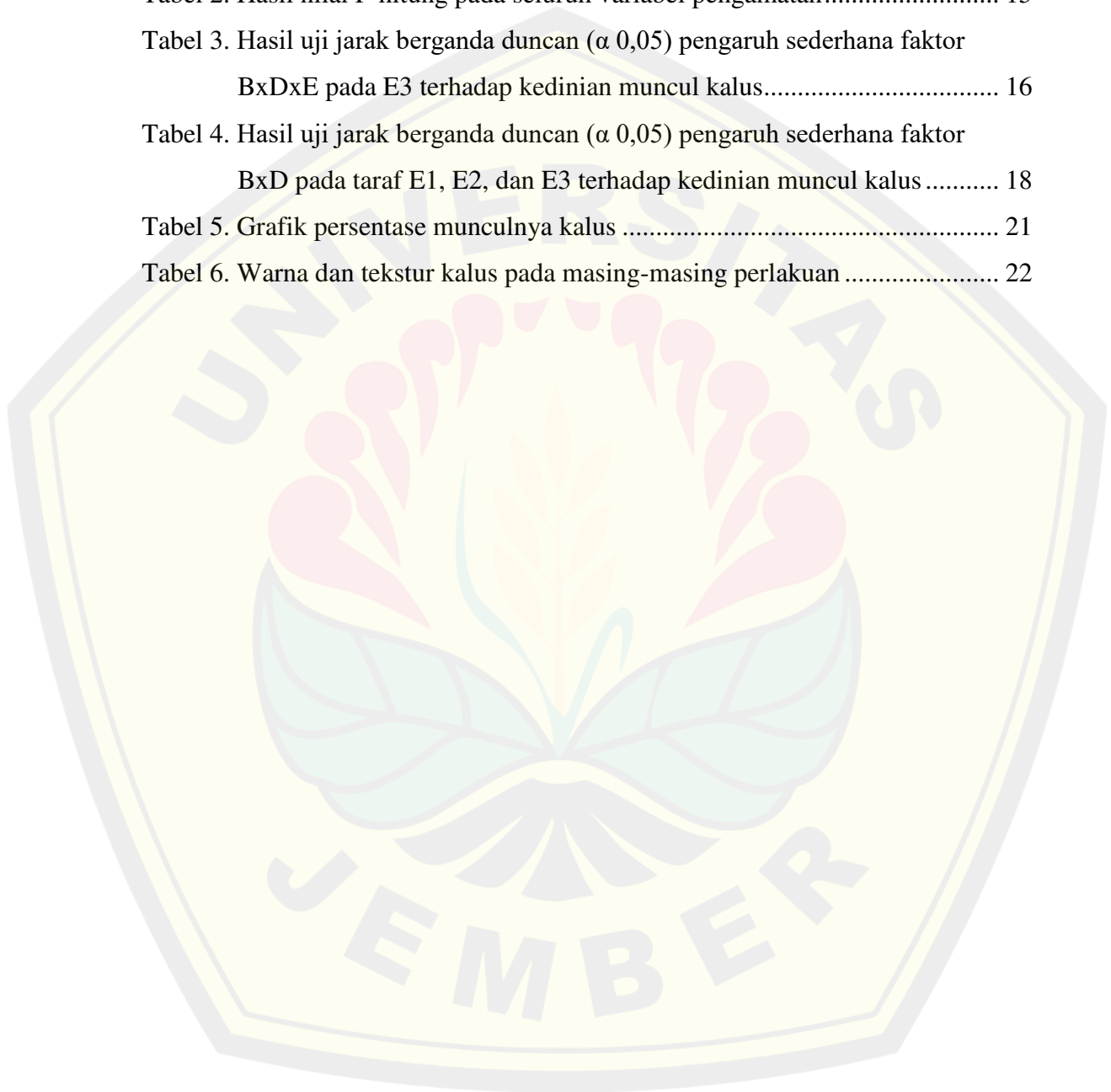
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
PERSEMBAHAN.....	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN ORISINALITAS	v
HALAMAN PERSETUJUAN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
RINGKASAN	ix
PRAKATA.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tanaman Tomat.....	4
2.2 Teknik Kultur Jaringan Tanaman.....	6
2.3 Jenis eksplan.....	7
2.4 Zat pengatur tumbuh (ZPT).....	8
2.5 Hipotesis.....	10
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Waktu dan tempat.....	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.2.1 Alat.....	11
3.2.2 Bahan.....	11
3.3 Metode Percobaan	11
3.4 Pelaksanaan Percobaan.....	13

3.4.1	Sterilisasi Alat	13
3.4.2	Persiapan Media	13
3.4.3	Sterilisasi Eksplan	13
3.4.4	Penanaman Eksplan	13
3.4.5	Pertunasan	13
3.5	Variabel Pengamatan.....	14
3.6	Analisis data	14
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		15
4.1	Hasil.....	15
4.1.1	Kedinian kalus.....	15
4.1.2	Presentase munculnya kalus.....	20
4.1.3	Warna dan tekstur kalus	21
4.1.4	Kedinian munculnya tunas	25
4.1.5	Persentase terbentuknya tunas.....	27
4.1.6	Jumlah tunas.....	27
4.2	Pembahasan	29
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN		36
5.1	Kesimpulan.....	36
5.2	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA		37
LAMPIRAN.....		44

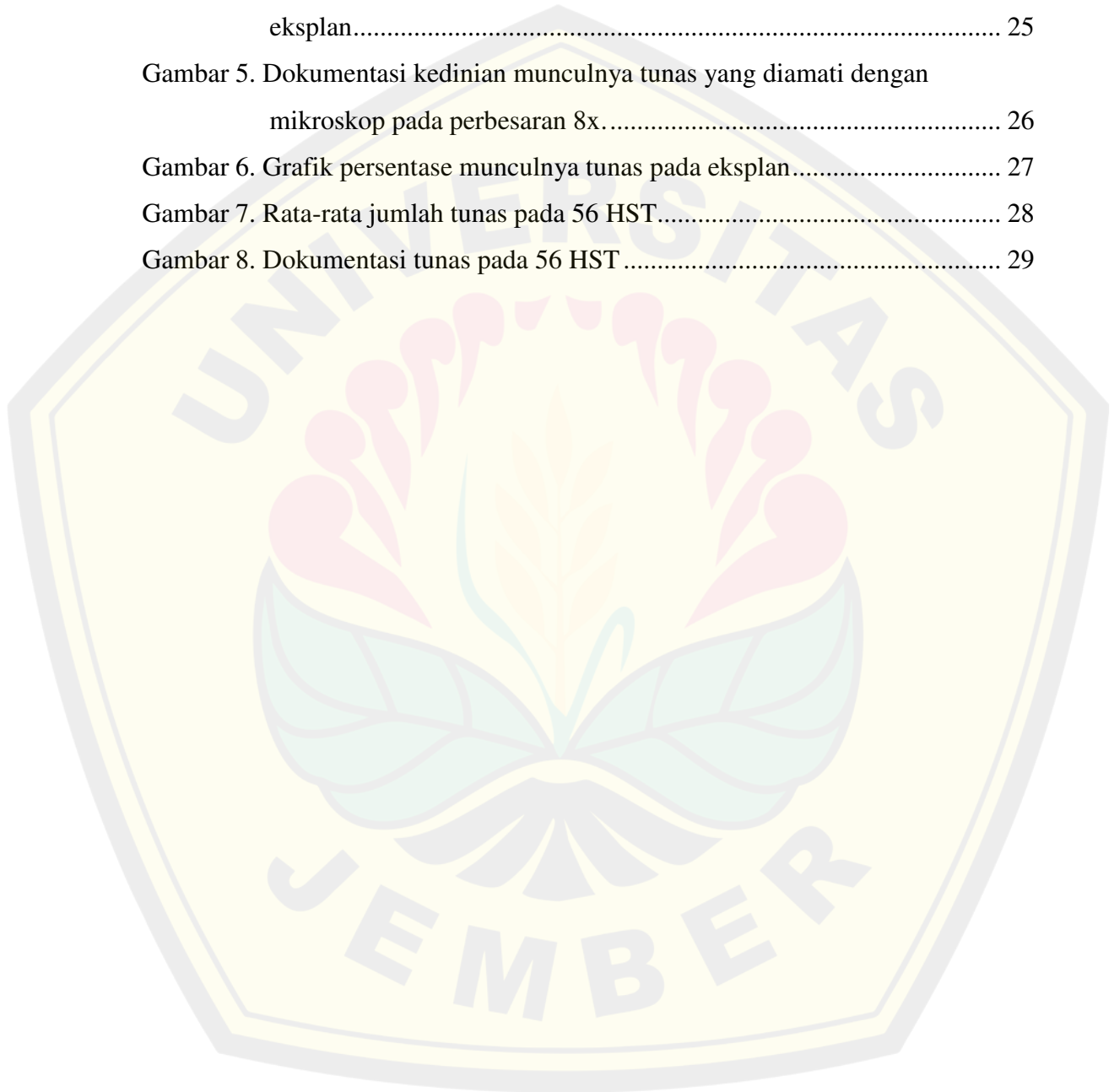
DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kombinasi perlakuan yang digunakan	12
Tabel 2. Hasil nilai F-hitung pada seluruh variabel pengamatan.....	15
Tabel 3. Hasil uji jarak berganda duncan (α 0,05) pengaruh sederhana faktor BxDxE pada E3 terhadap kedinian muncul kalus.....	16
Tabel 4. Hasil uji jarak berganda duncan (α 0,05) pengaruh sederhana faktor BxD pada taraf E1, E2, dan E3 terhadap kedinian muncul kalus	18
Tabel 5. Grafik persentase munculnya kalus	21
Tabel 6. Warna dan tekstur kalus pada masing-masing perlakuan	22



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Dokumentasi kedininian kalus	20
Gambar 3. Dokumentasi warna dan tekstur kalus (28 HST)	24
Gambar 4. Grafik kedininian muncul tunas pada masing-masing perlakuan dan eksplan.....	25
Gambar 5. Dokumentasi kedininian munculnya tunas yang diamati dengan mikroskop pada perbesaran 8x.....	26
Gambar 6. Grafik persentase munculnya tunas pada eksplan.....	27
Gambar 7. Rata-rata jumlah tunas pada 56 HST.....	28
Gambar 8. Dokumentasi tunas pada 56 HST	29



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan	44
Lampiran 2. Komposisi Media Stok MS yang digunakan dalam Penelitian	45
Lampiran 3. Perhitungan Bahan Kimia Untuk Stok ZPT BAP dan 2,4-D	46
Lampiran 4. Perhitungan Pengenceran Larutan Stok ZPT BAP dan 2,4-D.....	46
Lampiran 5. Data pengamatan analisis ragam dan hasil uji jarak berganda duncan taraf 5%.....	48



BAB 1 . PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) merupakan salah satu tanaman hortikultura yang memiliki nilai ekonomi cukup tinggi dan banyak dibudidayakan hampir di seluruh dunia termasuk Indonesia. Permintaan tomat pada setiap tahunnya selalu mengalami peningkatan tetapi tidak disertai dengan produktivitas yang cukup. Ketersediaan per kapita tomat pada tahun 2021 yaitu 4,03 kg/ha sedangkan pada tahun 2022 mengalami penurunan menjadi 2,85 kg/ha. Ketersediaan tomat di Indonesia juga tak lepas dari adanya impor dari negara lain. Angka impor tomat per tahunnya dapat mencapai 13 ton pada tahun 2021 dan 2022 (BPS, 2022). Varietas tomat yang berkembang di pasaran Indonesia cukup banyak seiring dengan semakin tingginya permintaan tomat. Salah satu varietas yang banyak dibudidayakan adalah varietas rempai. Varietas ini termasuk jenis determinate yang memiliki umur panen yang lebih singkat dibandingkan varietas lainnya, toleran terhadap iklim panas serta tahan penyakit busuk ujung buah. Dibandingkan jenis tomat lainnya, tomat rempai juga memiliki kandungan vitamin C lebih tinggi (Wulandari, 2017).

Salah satu upaya untuk meningkatkan produksi tomat yakni melalui pemuliaan tanaman. Pemuliaan tanaman bertujuan guna mendapatkan varietas baru dengan sifat unggul. Metode yang digunakan beragam seperti introduksi, hibridisasi, seleksi, bioteknologi, mutasi, serta kultur jaringan. Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman dengan mengisolasi sel, jaringan, dan organ tanaman pada media yang mengandung nutrisi secara aseptik (Espinosa-Leal, *et al.*, 2018). Prinsipnya, kultur jaringan memanfaatkan sifat totipotensi sel yakni kemampuan sel tanaman untuk tumbuh dan berkembang menjadi suatu tanaman utuh pada lingkungan yang sesuai (Feher, 2019). Metode ini dapat menghasilkan tanaman dengan waktu cepat dan dalam jumlah banyak. Namun demikian, program kultur jaringan masih menghadapi banyak kendala, diantaranya adalah dibutuhkan faktor yang dapat meningkatkan pertumbuhan eksplan tanaman tomat secara *in vitro*.

Faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan kultur *in vitro* yakni penggunaan media, nutrisi, jenis eksplan, dan zat pengatur tumbuh (Hesami *et al.*, 2017). Media berperan penting karena mengandung zat yang dibutuhkan tanaman untuk pertumbuhan eksplan, jenis eksplan berpengaruh terhadap respon pertumbuhan terhadap faktor eksternal, sedangkan zat pengatur tumbuh merangsang pertumbuhan dan morfogenesis sel, jaringan, dan organ tanaman (Wibawa dan Lugrayasa, 2019).

Zat pengatur tumbuh yang diaplikasikan pada eksplan yang berbeda akan menghasilkan respon yang berbeda sesuai kemampuan jaringan tanaman. Eksplan berupa hipokotil, kotiledon, ataupun akar memiliki kemampuan regenerasi membentuk kalus embriogenik yang berbeda. Penambahan hormon dapat merangsang percepatan regenerasi eksplan. Auksin dan sitokinin merupakan jenis zat pengatur tumbuh yang paling esensial. Auksin mendorong pertumbuhan sel, dominansi apikal, dan pertumbuhan kalus sedangkan sitokinin berfokus merangsang pembelahan kalus embriogenik yang akan berkembang menjadi tunas, cabang, dan daun (Li *et al.*, 2017).

Zat pengatur tumbuh yang biasa digunakan untuk induksi regenerasi eksplan dari golongan sitokinin adalah *6-benzil aminopurine* atau (BAP). Menurut Hanur *et al.*, (2016) penambahan BAP terbukti dapat menstimulasi pertumbuhan kalus embriogenik dengan baik. Selain BAP, hormon auksin yang sering ditambahkan pada media *in vitro* adalah 2,4-D atau *2,4-dichlorophenoyacetic*. Menurut Damayanti *et al.*, (2021) 2,4-D yang dipadukan dengan hormon sitokinin membentuk kalus dalam waktu paling cepat.

Pengaplikasian zat pengatur tumbuh akan menstimulasi akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan eksplan kultur. Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penambahan zat pengatur tumbuh 2,4-D dan BAP perlu dilakukan untuk menstimulasi pembentukan kalus dan regenerasi eksplan pada tanaman tomat.

1.2 Perumusan Masalah

Peningkatan kuantitas tanaman tomat secara *in vitro* dipengaruhi oleh variasi konsentrasi zat pengatur tumbuh yang tepat. Penambahan 2,4-D dan BAP memberikan respon yang berbeda terhadap induksi kalus dan tunas tanaman tomat. Konsentrasi 2,4-D dan BAP yang tepat dibutuhkan untuk memperbanyak tanaman tomat varietas rempai.

1.3 Tujuan

Mendapat kombinasi konsentrasi *2,4-dichlorophenoxyacetic* (2,4-D) dan *6-benzyladenine purine* (BAP) yang tepat dalam induksi kalus dan regenerasi eksplan tanaman tomat varietas lokal.

1.4 Manfaat

1. Memperoleh jenis eksplan yang memiliki respon regenerasi terbaik terhadap penambahan ZPT dengan konsentrasi tertentu.
2. Memperoleh konsentrasi ZPT yang sesuai untuk induksi kalus dan regenerasi eksplan tanaman tomat varietas rempai
3. Sebagai alternatif untuk memperbanyak tanaman tomat dalam metode kultur jaringan.
4. Sebagai referensi ilmu bagi masyarakat mengenai pemuliaan tanaman tomat

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat

Tanaman tomat tergolong tanaman hortikultura penting yang berbentuk perdu atau menjalar di permukaan tanah dan telah dibudidayakan sejak ratusan tahun yang lalu (Sun *et al.*, 2014). Tanaman ini termasuk ke dalam famili *Solanaceae* bersama cabai dan terung. Tomat tergolong tanaman semusim yang artinya setelah bereproduksi atau berbuah sekali akan mati. Berikut merupakan klasifikasi tanaman tomat (Knapp and Peralta, 2016).

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Tubiflorae
Famili	: Solanaceae
Genus	: <i>Lycopersicon</i>
Spesies	: <i>Lycopersicon esculantum</i> Mill.

Tomat termasuk jenis tanaman yang sensitif terhadap panas (Shaheen *et al.*, 2016). Tomat membutuhkan penyinaran penuh dengan intensitas sinar yang tidak terlalu terik. Kelembaban relatif yang cocok untuk pertumbuhan tomat sebesar 70% (Zheng *et al.*, 2020). Kadar kelembaban yang sesuai disertai dengan tersedianya CO₂ akan menstimulasi membukanya stomata sehingga meningkatkan laju fotosintesis dan pertumbuhan tomat (Suzuki *et al.*, 2015).

Tanaman ini memiliki daun berbentuk oval berukuran sekitar 20-30 cm dengan tepi yang bergerigi. Bentuk batang tomat bulat, lunak, sedikit berbulu dan pada bagian buku-buku mengalami pembengkakan. Bunga tomat berwarna kuning cerah berdiameter sekitar 2 cm dan kelopak berwarna hijau (Knapp and Peralta, 2016). Tanaman ini dapat melakukan penyerbukan sendiri karena memiliki tipe bunga berumah satu. Bentuk buah tomat bervariasi mulai dari bulat, runcing, lonjong dan bulat telur sesuai varietasnya. Selain bentuk, ukuran juga tentu bervariasi mulai dari diameter 2 cm hingga 15 cm dengan berat 8 gram hingga

180 gram. Warna buah juga berbeda tergantung tingkat kematangannya dimana tomat yang belum matang berwarna hijau dan tomat yang telah matang berwarna kuning-oranye hingga merah segar (Juliastuti *et al.*, 2021).

Tanaman tomat memiliki beberapa fase pertumbuhan yakni fase vegetatif, pembungaan dan pembentukan buah, pertumbuhan buah pertama, perkembangan buah, dan fase pematangan (Liu, *et al.*, 2019). Fase vegetatif tanaman tomat adalah masa dimana benih tumbuh menjadi tanaman hingga mengalami pembungaan. Fase ini umumnya memakan waktu 45-55 hari jika dimulai dari benih atau 25-35 hari jika melalui proses penyemaian. Fase ini sangat penting karena dapat menentukan produktivitas tanaman. Pertumbuhan dan perkembangan tanaman tomat yang baik ditandai dengan terbentuknya perakaran yang luas dan sehat, batang besar, serta daun yang lebar.

Tomat akan mulai memasuki fase generatif setelah melewati fase vegetatif. Tanaman ini akan menghasilkan bunga, bakal buah, dan buah secara bertahap. Perkembangan bunga pada tomat varietas lokal memakan waktu sekitar 55-65 hari setelah semai dan pembentukan buah mulai dari terbukanya bunga hingga proses pematangan membutuhkan waktu sekitar 70-80 hari setelah semai dan panen buah pada 130-140 hari setelah semai. Tahapan ini membutuhkan energi yang paling banyak dibandingkan fase hidup lain tanaman tomat. Kualitas buah dan metabolisme tanaman tomat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan pertumbuhan tanaman tomat (Diouf *et al.*, 2018).

Varietas tanaman tomat dapat digolongkan menjadi determinate, indeterminate, dan semi indeterminate. Pertumbuhan tanaman akan berhenti setelah memasuki fase pembungaan dan pembuahan pada varietas determinate. Tomat tipe ini juga memiliki umur panen yang lebih singkat. Setelah gelombang pertama buah matang, tanaman akan mengalami penuaan yang menyebabkan kekuatan tanaman semakin berkurang sehingga tidak dapat bertahan lama dan tidak dapat menghasilkan buah baru (Mantja *et al.*, 2019). Sedangkan tomat varietas indeterminate akan terus mengalami pertumbuhan setelah fase pembungaan dan dapat menghasilkan buah sepanjang musim. Tetapi tomat jenis ini memiliki umur panen yang tidak serempak karena pertumbuhan yang tak

terbatas. Tomat indeterminate memiliki pertumbuhan yang sangat kuat dan dapat mencapai 3 meter tingginya. Tomat varietas rempai termasuk tipe determinate. Penelitian Kandel *et al.*, (2020) menjelaskan bahwa tomat jenis determinate juga menghasilkan hasil panen yang lebih tinggi dibandingkan jenis indeterminate. Tomat jenis determinate lebih cocok dilakukan pemuliaan tanaman dengan kultur jaringan karena lebih mudah dalam menentukan fase hidup sebagai landasan dalam pemuliaan tanaman tahap selanjutnya seperti pembentukan tanaman transgenic atau mutasi.

2.2 Teknik Kultur Jaringan Tanaman

Kultur jaringan merupakan teknik perbanyakan tanaman untuk menghasilkan tanaman yang seragam dalam jumlah banyak dengan waktu singkat (Dias *et al.*, 2016). Teknik ini awalnya digunakan untuk propagasi tanaman, kemudian berkembang untuk menghasilkan tanaman bebas penyakit, pelestarian plasma nutfah, perbaikan sifat genetika tanaman, produksi zat yang bermanfaat dari sel yang dikulturkan, serta untuk tujuan komersil. Bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan dapat berasal dari jaringan meristem tunas, embrio, endosperm, kotiledon, hipokotil, tepung sari, putik lembaga, serta daun yang masih muda. Semua tahapan dalam teknik ini dilakukan dalam aseptik (Feher, 2019).

Teknik perbanyakan tanaman secara kultur jaringan berprinsip pada kemampuan totipotensi sel atau kemampuan setiap sel dan protoplas tanaman tumbuh dan berproliferasi membentuk jaringan dan bagian tanaman yang utuh dan sempurna di kondisi lingkungan yang sesuai (Pasternak *et al.*, 2020). Sifat ini merupakan kunci regenerasi tanaman secara *in vitro*. Media yang digunakan umumnya berupa media agar yang terbuat dari kombinasi hormon, garam anorganik, asam amino, vitamin, dan unsur-unsur tertentu yang memenuhi kebutuhan tanaman sesuai jenis dan varietasnya (Hesami *et al.*, 2017).

Proses ini dimulai dengan terbentuknya kalus. Eksplan ditumbuhkan pada media kemudian tumbuh membentuk massa atau sel-sel baru yaitu kalus. Kalus akan tumbuh membentuk tunas dan akar. Tahap akhir kultur jaringan adalah

proses adaptasi tanaman terhadap iklim pada lingkungan baru atau aklimatisasi. Tahapan ini dilakukan jika planlet telah berkembang menjadi organ lengkap. Kondisi lingkungan pada setiap proses kultur harus dalam kondisi optimum untuk menjaga keberhasilan kultur jaringan. Keberhasilan perbanyakan tanaman ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni zat pengatur tumbuh (ZPT) yang digunakan, bahan eksplan dan sterilisasinya, suhu ruangan kultur, intensitas cahaya dan panjang penyinaran, pH, karbondioksida, oksigen, dan kelembaban.

2.3 Jenis eksplan

Pemilihan bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan sangat penting. Bagian tanaman yang memiliki sifat totipotensi terbesar yakni di bagian *juvenile* karena memiliki banyak jaringan meristem. Eksplan yang memiliki jaringan meristem akan berdiferensiasi lebih cepat membentuk kalus embriogenik kemudian mengalami organogenesis. Eksplan yang berasal dari tanaman yang tumbuh pada *green house* memiliki nilai ketahanan yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh umumnya karena tidak mudah terkontaminasi (Rosita dkk., 2015). Ukuran eksplan, umur fisiologis, umur tanaman induk, dan varietas sangat berpengaruh pada keberhasilan kultur jaringan. Bagian tanaman yang umumnya dijadikan eksplan adalah hipokotil, kotiledon, dan akar yang berumur 7-10 hari. Menurut Khaliluev *et al.*, (2014) diantara eksplan yang digunakan pada perbanyakan tanaman tomat secara *in vitro*, kotiledon menghasilkan pertumbuhan kalus tertinggi diantara eksplan lainnya.

Eksplan yang ditumbuhkan pada media dan ditambahkan zat pengatur tumbuh akan berkembang menjadi kalus. Pembentukan kalus diawali dengan permukaan eksplan yang membengkak, kemudian berubah warna, tekstur, dan strukturnya. Kalus yang awalnya sedikit akan berkembang semakin banyak volume dan jumlahnya kemudian membentuk kalus embriogenik dan memasuki fase organogenesis (Vargas and Alejo, 2018). Kalus embriogenik merupakan sel berbentuk seperti bola yang merupakan prekursor atau tahap awal sebelum membentuk embrio yang akan mengalami organogenesis membentuk tanaman

utuh (Kumar *et al.*, 2021). Kalus ini umumnya berwarna putih keruh, memiliki nodular, bertekstur remah, dan bentuknya bulat. Sel kalus embriogenik berukuran kecil dilengkapi dengan inti sel berukuran besar yang menonjol, vakuola kecil, dan sitoplasma yang padat jika diamati melalui mikroskop (Silveira *et al.*, 2013). Kalus embriogenik pada tanaman dikotil memiliki beberapa tahap yakni globular, heartshaped, torpedo, dan kotiledon. Sedangkan pada tanaman monokotil tidak mengalami fase torpedo. Kalus embriogenik kemudian akan berkembang membentuk tunas. Inisiasi tunas dari kalus ditandai dengan munculnya bercak dan nodul atau tonjolan berwarna kehijauan pada kalus yang kemudian membentuk tunas. Inisiasi tunas akan muncul 2-3 minggu setelah terbentuknya kalus embriogenik (Kausar *et al.*, 2016).

2.4 Zat pengatur tumbuh (ZPT)

Zat pengatur tumbuh atau ZPT tersusun atas senyawa organik yang dalam jumlah dan konsentrasi tertentu dapat mendukung, merubah, bahkan menghambat proses fisiologi tanaman. Terdapat lima kelompok zat pengatur tumbuh yakni auksin, gibberelin, sitokinin, ethylene, dan asam absisat yang masing-masing memiliki ciri, karakteristik, dan pengaruh yang berbeda bagi tanaman. Dua golongan ZPT yang umum digunakan dalam kultur jaringan adalah auksin dan sitokinin (Phillips and Garda, 2019). Perkembangan kultur dipengaruhi oleh interaksi antara zat pengatur tumbuh endogen tanaman dan zat pengatur tumbuh eksogen. Penambahan zat pengatur tumbuh eksogen bertujuan untuk meningkatkan respon tanaman dan pertumbuhan eksplan secara *in vitro* (Przybył, 2019).

Zat pengatur tumbuh yang sering digunakan dalam kultur jaringan adalah sitokinin. Sitokinin merangsang pembelahan sel serta pemanjangan yang menunjang pembentukan kalus. Salah satu jenis sitokinin yang paling banyak digunakan adalah *6-benzyl aminopurine* atau BAP. Sitokinin ini memiliki nilai keefektivitas yang tinggi dan lebih stabil karena memiliki gugus benzil. BAP berperan mendorong pertumbuhan kalus dan merangsang munculnya tunas dari kalus yang telah terbentuk.

Selain sitokinin, auksin merupakan zat pengatur tumbuh yang krusial. Pemilihan jenis auksin didasarkan dari level auksin, golongan zat pengatur tumbuh, tipe pertumbuhan yang diinginkan, serta kemampuan jaringan mensintesis auksin. 2,4-D atau *2,4-dichlorophenoyacetic* adalah salah satu zat pengatur tumbuh eksogen yang merupakan turunan sintetik dari auksin. Zat pengatur tumbuh ini bersifat lebih stabil karena tidak mudah terurai oleh enzim-enzim tanaman ataupun oleh panas saat proses sterilisasi. 2,4-D akan merangsang pembelahan dan pembesaran sel sehingga memacu pembentukan kalus embriogenik (Mardini, 2015). Konsentrasi yang seimbang antara kedua hormon auksin dan sitokinin akan meningkatkan induksi kalus membentuk kalus embriogenik. Sitokinin dan auksin sering diberikan pada media kultur tanaman secara bersamaan untuk menginduksi pola morfogenesis tertentu dengan rasio yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Manawadu *et al.*, (2014) menunjukkan adanya interaksi antara 2,4-D 2 mg/l dan BAP 0,1 mg/l menghasilkan kalus embriogenik dengan berat tertinggi. Penelitian lain oleh Jan *et al.*, (2015) menyatakan bahwa induksi kalus embriogenik tertinggi sebesar 90% terdapat pada kultur media dengan 4 mg/l 2,4-D dan 0,5 mg/l BAP.

Pembentukan tunas dipengaruhi juga oleh zat pengatur tumbuh berupa auksin dan sitokinin. Hal tersebut dikarenakan zat pengatur tumbuh dalam media kultur jaringan merupakan komponen penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan sel-sel tanaman. Zat pengatur tumbuh yang paling penting bagi perkembangan tunas tomat adalah sitokinin. Zat pengatur tumbuh jenis auksin seperti IAA atau NAA tidak banyak berpengaruh terhadap inisiasi tunas karena eksplan telah memiliki auksin endogen yang cukup tinggi dan sudah mencukupi untuk pembentukan tunas.

Menurut Suryanti dan Mellisa, (2017) perlakuan hormon BAP 1 ppm dan auksin berupa NAA 0 ppm pada eksplan telah mampu mendorong kalus untuk berdiferensiasi lebih cepat membentuk tunas. Hal ini dikarenakan fitohormon yang terdapat dalam eksplan masih tersedia untuk merangsang aktifitas pembelahan sel dan pembesaran sel serta peranan unsur hara yang terdapat dalam media MS mempengaruhi munculnya tunas. Hal ini diperkuat dengan penelitian

Papry *et al.*, (2016) bahwa pembentukan tunas tertinggi pada eksplan tomat adalah dengan perlakuan 3 mg BAP setelah 45 hari terbentuknya kalus embriogenik. Penelitian lain yang dilakukan oleh Shah *et al.*, (2015) menghasilkan inisiasi tunas tertinggi (67,3%) pada tomat varietas Moneymaker dengan kombinasi hormon BAP 3 mg dan IAA 0,1 mg. Penelitian Gerszberg *et al.*, (2016) juga menghasilkan bahwa kombinasi hormon BAP 2 mg dan IAA 0,1 mg menghasilkan pembentukan tunas tertinggi pada tanaman tomat varietas Polish. Hal ini menunjukkan bahwa hormon sitokinin lebih berpengaruh terhadap pembentukan tunas dibandingkan auksin. Perbandingan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang sesuai diharapkan dapat menstimulasi induksi kalus dan regenerasi eksplan tanaman tomat secara *in vitro*.

2.5 Hipotesis

Terdapat pengaruh jenis eksplan dan kombinasi *6-benzyl aminopurine* (BAP) dan *2,4-dichlorophenoyacetic* (2,4-D) pada induksi kalus dan pembentukan tunas tanaman tomat varietas rempai.

BAB 3 . METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ekofisiologi dan Kultur Jaringan Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jember pada Maret-Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Peralatan yang digunakan yaitu neraca digital, *Laminar Air Flow* (LAF), gelas ukur, botol kultur, *magnetic stirrer*, mikropipet, plastik wrap, cawan petri, *beaker glass*, aluminium foil, *scalpel*, pinset, pH meter, mikroskop, autoklaf, dll.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan adalah eksplan hipokotil, kotiledon, dan akar kecambah tomat varietas rempai umur 7-10 hari, aquadest steril, larutan NaOH, larutan HCL, alkohol 70%, spiritus, ZPT yang terdiri dari 2,4-D dan BAP, agar, dan larutan stok.

3.3 Metode Percobaan

Percobaan ini dilakukan dengan menggunakan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dan dilakukan pengulangan 3 kali. Eksplan yang digunakan yaitu hipokotil, kotiledon, dan akar. Perlakuan dilakukan pada masing-masing faktor adalah sebagai berikut:

1. Faktor pertama: Konsentrasi *6-benzyl aminopurine* (BAP) terdiri atas 4 taraf:

B1: Konsentrasi 0 ppm

B2: Konsentrasi 0,5 ppm

B3: Konsentrasi 1 ppm

B4: Konsentrasi 1,5 ppm

2. Faktor kedua: Konsentrasi 2,4-D (*2,4-dichlorophenoyacetic*) terdiri atas 4 taraf:

D1: Konsentrasi 0 ppm

D2: Konsentrasi 2 ppm

D3: Konsentrasi 4 ppm

D4: Konsentrasi 6 ppm

Berdasarkan dua faktor tersebut, maka dapat disusun 16 kombinasi perlakuan sebagai berikut:

Tabel 1. Kombinasi perlakuan yang digunakan

	BAP	2,4-D
B1D1	0	0
B1D2	0	2
B1D3	0	4
B1D4	0	6
B2D1	0,5	0
B2D2	0,5	2
B2D3	0,5	4
B2D4	0,5	6
B3D1	1	0
B3D2	1	2
B3D3	1	4
B3D4	1	6
B4D1	1,5	0
B4D2	1,5	2
B4D3	1,5	4
B4D4	1,5	6

*konsentrasi dalam ppm

Setiap perlakuan dilakukan ulangan sebanyak 3 kali pada masing-masing eksplan sehingga terdapat 144 sampel. Kalus embriogenik yang terbentuk kemudian dikulturkan pada media sebagai eksplan untuk pembentukan tunas tanaman tomat. Perlakuan ini dilakukan 6 ulangan dengan faktor berikut:

1. Konsentrasi *6-benzyl aminopurine* (BAP) terdiri atas 3 taraf:

A1 : Konsentrasi 1,5 ppm

A2 : Konsentrasi 2 ppm

A3 : Konsentrasi 2,5 ppm

3.4 Pelaksanaan Percobaan

3.4.1 Sterilisasi Alat

Sterilisasi peralatan pada percobaan ini menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 60 menit. Peralatan seperti *scalpel*, pinset, tissue, botol kultur, cawan petri, aluminium foil, dan gunting dicuci dengan sabun dibilas dengan air, dikeringkan, kemudian dibungkus menggunakan aluminium foil dan disterilisasi menggunakan autoklaf.

3.4.2 Persiapan Media

Media kultur pada percobaan ini menggunakan media *Murashige* dan *Skoog* (MS), serta hormone 2,4-D dan BAP. pH diatur hingga 5,8 lalu menambahkan media pematik berupa agar. Media lalu dipanaskan selama ± 2 menit kemudian di autoklaf selama ± 90 menit agar tidak terjadi kontaminasi pada media kultur.

3.4.3 Sterilisasi Eksplan

Benih tanaman tomat varietas lokal dicuci terlebih dahulu menggunakan air mengalir. Benih kemudian disterilisasi menggunakan clorox 20% dan dikocok selama 5 menit. Tahap terakhir yakni membas benih menggunakan aquadest steril sebanyak 3 kali.

3.4.4 Penanaman Eksplan

Benih tanaman tomat dikecambahkan selama 7-14 hari pada media MS secara aseptik, kemudian bagian hipokotil, kotiledon, dan akar diambil sebagai eksplan. Eksplan dipotong dengan ukuran 1 mm x 1 mm dan ditanam pada media MS yang sesuai dengan perlakuan dan ulangan. Penanaman eksplan dilakukan secara aseptik didalam LAF. Subkultur dilakukan setiap 3-4 minggu untuk menghindari eksplan yang kekurangan nutrisi. Perawatan tanaman dilakukan setiap hari disertai dengan pengamatan pertumbuhan tanaman.

3.4.5 Pertunasan

Kalus dengan karakteristik terbaik yang telah terbentuk dari eksplan dan media sebelumnya kemudian dikulturkan pada media baru sesuai perlakuan untuk inisiasi tunas. Perawatan tanaman dilakukan setiap hari disertai dengan pengamatan pertumbuhan tanaman.

3.5 Variabel Pengamatan

1. Kedinian terbentuknya kalus ditandai dengan membengkaknya eksplan.
2. Persentase munculnya kalus embriogenik yang diamati pada 28 HST.

$$\% \text{ Pembentukan kalus} = \frac{\Sigma \text{ jumlah eksplan yang membentuk kalus}}{\Sigma \text{ eksplan yang ditanam}} \times 100\%$$

3. Warna kalus embriogenik yang terbentuk. Warna merupakan parameter visual yang menandakan kalus aktif membelah atau tidak.
4. Tekstur kalus ditandai dengan remah, kompak, atau intermediet.
5. Kedinian terbentuknya tunas ditandai dengan waktu pertama munculnya tunas dari eksplan.
6. Jumlah tunas yang tumbuh pada eksplan yang diamati pada 56 HST.
7. Persentase eksplan yang membentuk tunas dihitung dengan rumus :

$$\% \text{ Pembentukan tunas} = \frac{\Sigma \text{ jumlah eksplan yang membentuk tunas}}{\Sigma \text{ eksplan yang ditanam}} \times 100\%$$

3.6 Analisis data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian akan dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji jarak berganda duncan pada taraf 5% jika terdapat interaksi nyata. Data yang diperoleh dari hasil pengamatan morfologi kalus, akan dianalisis deskriptif kualitatif dengan penyajian secara visual.

BAB 4 . HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil

Berdasarkan hasil uji F menunjukkan bahwa terdapat interaksi pada beberapa variabel pengamatan. Berikut merupakan rangkuman nilai F-hitung dari hasil analisis ragam pengaruh kombinasi perlakuan terhadap masing-masing variabel.

Tabel 2. Hasil nilai F-hitung pada seluruh variabel pengamatan

Variabel Pengamatan	Rata-rata Hasil Perlakuan						
	B	D	E	BxD	BxE	DxE	BDE
Kedinian kalus	7,60 **	7,72 **	4,16 *	6,02 **	18,10 **	1,84 ns	11,83 **
Persentase kalus	52,25 **	3,58 *	6,25 **	12,25 **	42,25 **	7,58 **	28,92 **
Kedinian tunas	3,69 *	-	2,36 ns	-	1,65 ns	-	-
Persentase tunas	3,30 *	-	2,10 ns	-	0,25 ns	-	-
Jumlah tunas	4,05 *	-	1,36 ns	-	1,06 ns	-	-

Keterangan: (**)= Berbeda sangat nyata
 (*)= Berbeda nyata
 (ns)= tidak berbeda nyata

Nilai F-Hitung pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pengaruh utama, pengaruh interaksi dua faktor, dan pengaruh interaksi tiga faktor memberikan pengaruh sangat nyata pada variabel pengamatan kedinian munculnya kalus dan persentase munculnya kalus. Sedangkan pada variabel kedinian tunas, persentase tunas, dan jumlah tunas diketahui terdapat interaksi yang beda nyata pada pemberian hormone BAP tunggal. Hal ini menyebabkan perlunya analisis lanjutan menggunakan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) 5% untuk mengetahui pengaruh pada masing-masing konsentrasi perlakuan.

4.1.1 Kedinian kalus

Parameter kedinian kalus merupakan uji yang dilakukan untuk mengetahui perlakuan terbaik yang menghasilkan kalus dengan waktu tercepat. Munculnya kalus ditandai dengan pembengkakan eksplan terutama pada bagian tepi atau ujung eksplan yang mengalami perlakuan. Pembengkakan ini kemudian diikuti

oleh munculnya kalus berwarna putih kekuningan. Pengamatan kedonian munculnya kalus dilakukan setiap hari pada awal munculnya kalus yang dinyatakan dalam satuan HST (hari setelah tanam). Berikut merupakan hasil uji jarak berganda Duncan taraf 5% pada kombinasi perlakuan BxDxE dan BxD.

Tabel 3. Hasil uji jarak berganda duncan (α 0,05) pengaruh sederhana faktor BxDxE pada E3 terhadap kedonian muncul kalus

BAP	Perlakuan		Kedonian Munculnya Kalus (HST)	
	2,4-D	Eksplan		
BAP 0	2,4-D 0	Kotiledon	18.00	lm
		Hipokotil	14.50	ijkl
		Akar	0.00	n
BAP 0	2,4-D 2	Kotiledon	6.00	b
		Hipokotil	7.00	bc
		Akar	0.00	n
BAP 0	2,4-D 4	Kotiledon	0.00	n
		Hipokotil	20.00	m
		Akar	0.00	n
BAP 0	2,4-D 6	Kotiledon	14.33	hijkl
		Hipokotil	16.33	jklm
		Akar	0.00	n
BAP 0,5	2,4-D 0	Kotiledon	21.00	m
		Hipokotil	0.00	n
		Akar	0.00	n
BAP 0,5	2,4-D 2	Kotiledon	17.50	lm
		Hipokotil	0.00	n
		Akar	14.33	hijkl
BAP 0,5	2,4-D 4	Kotiledon	0.00	n
		Hipokotil	9.00	de
		Akar	8.00	de
BAP 0,5	2,4-D 6	Kotiledon	0.00	n
		Hipokotil	10.00	de
		Akar	0.00	n
BAP 1	2,4-D 0	Kotiledon	0.00	n
		Hipokotil	9.33	de
		Akar	12.50	fg
BAP 1	2,4-D 2	Kotiledon	0.00	n
		Hipokotil	13.67	ghi
		Akar	0.00	n

BAP	Perlakuan		Kedinian Munculnya Kalus (HST)	
	2,4-D	Eksplan		
BAP 1	2,4-D 4	Kotiledon	13.33	gh
		Hipokotil	0.00	n
		Akar	7.67	cd
BAP 1	2,4-D 6	Kotiledon	12.33	ef
		Hipokotil	0.00	n
		Akar	9.33	de
BAP 1,5	2,4-D 0	Kotiledon	6.00	b
		Hipokotil	5.33	a
		Akar	6.33	b
BAP 1,5	2,4-D 2	Kotiledon	6.00	a
		Hipokotil	8.33	de
		Akar	11.00	ef
BAP 1,5	2,4-D 4	Kotiledon	8.00	de
		Hipokotil	0.00	n
		Akar	17.00	klm
BAP 1,5	2,4-D 6	Kotiledon	13.67	ghi
		Hipokotil	14.33	hijk
		Akar	14.00	ghij

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut berganda duncan pada taraf 5%

Berdasarkan table 3, diketahui bahwa perlakuan terbaik yang dapat menginduksi kalus dengan waktu paling cepat adalah perlakuan B4D1 (BAP 1,5 ppm dan 2,4-D 0 ppm) dengan eksplan hipokotil dengan rentang waktu 5,33 HST. Perlakuan ini memiliki nilai yang tidak terlalu signifikan dengan perlakuan B4D2 (BAP 1,5 ppm dan 2,4-D 2 pmm) dengan eksplan kotiledon dengan rentang waktu muncul kalus yaitu 6 HST. Perlakuan dengan nilai muncul kalus 0 menandakan bahwa eksplan tidak membentuk kalus.

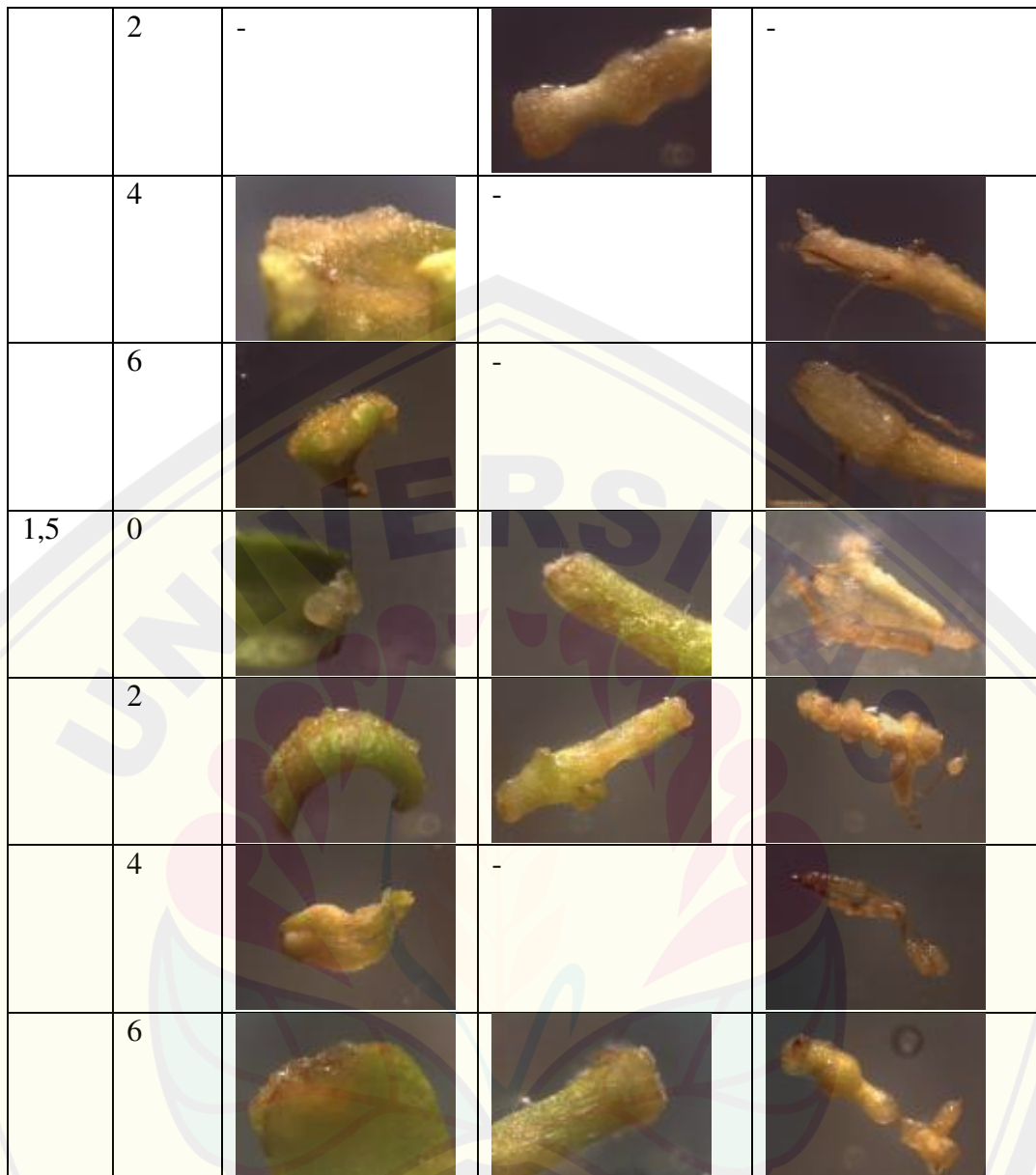
Tabel 4. Hasil uji jarak berganda duncan (α 0,05) pengaruh sederhana faktor BxD pada taraf E1, E2, dan E3 terhadap kedainian muncul kalus

BAP	Konsentrasi		Jenis Eksplan				
	2,4-D	E1 (Kotiledon)	E2 (Hipokotil)	E3 (Akar)			
0 ppm	0 ppm	18.00	e	14.50	de	0.00	h
	2 ppm	6.00	b	7.00	b	0.00	h
	4 ppm	0.00	f	20.00	f	0.00	h
	6 ppm	14.33	e	16.33	de	0.00	h
0,5 ppm	0 ppm	21.00	e	0.00	g	0.00	h
	2 ppm	17.50	e	0.00	g	14.33	fg
	4 ppm	0.00	f	9.00	c	8.00	bc
1 ppm	6 ppm	0.00	f	10.00	d	0.00	h
	0 ppm	0.00	f	9.33	c	12.50	ef
	2 ppm	0.00	f	13.67	d	0.00	h
	4 ppm	13.33	cd	0.00	g	7.67	b
1,5 ppm	6 ppm	12.33	cd	0.00	g	9.33	cd
	0 ppm	6.00	b	5.33	a	6.33	a
	2 ppm	6.00	a	8.33	c	11.00	de
	4 ppm	8.00	c	0.00	g	17.00	g
	6 ppm	13.67	d	14.33	de	14.00	fg

Keterangan : angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada masing-masing kolom menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji lanjut berganda duncan pada taraf 5%

Berdasarkan Tabel 4, hasil menunjukkan bahwa perlakuan terbaik pada kolom E1 yang menggunakan eksplan kotiledon adalah B4D2 pada 6,00 HST. Hasil ini berbeda dengan kolom E2 dimana kombinasi BAP 1,5 ppm dan 2,4-D 0 ppm (B4D1) ppm menghasilkan kalus tercepat pada eksplan hipokotil dengan rentang waktu 5,33 HST. Perlakuan terbaik dalam menghasilkan kalus tercepat pada eksplan akar (E3) dihasilkan oleh B4D1 dengan waktu 6,33 HST.

BAP	2,4-D	E1 (kotiledon)	E2 (hipokotil)	E3 (akar)
0	0			-
	2			-
	4			-
	6			-
0,5	0		-	-
	2	-		
	4	-		
0,5	6	-		-
1	0	-		



Gambar 1. Dokumentasi kedinian kalus

4.1.2 Presentase munculnya kalus

Persentase munculnya kalus merupakan perbandingan jumlah eksplan yang membentuk kalus dengan total eksplan keseluruhan yang ditanam pada media perlakuan. Eksplan yang membentuk kalus diamati setiap minggu mulai dari minggu pertama hingga minggu keempat. Satuan yang diukur dalam variable pengamatan ini berbentuk persentase (%). Persentase munculnya kalus bertujuan

untuk mengetahui efisiensi zat pengatur tumbuh yang digunakan pada masing-masing perlakuan terhadap respon eksplan. Persentase munculnya kalus disajikan pada gambar berikut.

ZPT		Jenis Eksplan					
BAP	2,4-D	E1 (Kotiledon)		E2 (Hipokotil)		E3 (Akar)	
0 ppm	0 ppm	33	c	66.67	b	0	b
	2 ppm	100	a	100	a	0	b
	4 ppm	100	a	100	a	0	b
	6 ppm	100	a	100	a	0	b
0,5 ppm	0 ppm	67	b	0	c	0	b
	2 ppm	67	b	0	c	100	a
	4 ppm	0	d	100	a	100	a
	6 ppm	0	d	100	a	0	b
1 ppm	0 ppm	0	d	100	a	100	a
	2 ppm	0	d	100	a	0	b
	4 ppm	100	a	0	c	100	a
	6 ppm	100	a	0	c	100	a
1,5 ppm	0 ppm	100	a	100	a	100	a
	2 ppm	100	a	100	a	100	a
	4 ppm	100	a	0	c	100	a
	6 ppm	100	a	100	a	100	a

Tabel 5. Grafik persentase munculnya kalus

Tabel diatas menunjukkan persentase munculnya kalus yang diamati setiap minggu selama 4 MST (minggu setelah tanam). Penggunaan zat pengatur tumbuh secara kombinasi dari BAP dan 2,4-D pada media merangsang pembentukan kalus terbanyak pada kolom E1 dan E2 pada perlakuan B1D2 (100%), pada kolom E2 perlakuan yang menghasilkan persentase kalus tertinggi yaitu B2D2 (100%).

4.1.3 Warna dan tekstur kalus

Warna kalus merupakan salah satu parameter yang menandakan pembelahan sel pada eksplan. Kalus memiliki variasi warna yang beragam mulai dari putih, putih kekuningan, hijau, coklat, dll. Selain warna, tekstur juga merupakan indikator penilaian kualitas kalus. Tekstur kaus dibedakan menjadi tiga yakni kompak (*non-friable*), intermediet, dan remah. Warna dan tekstur kalus

diamati pada akhir pengamatan yakni pada 4 MST. Hasil pengamatan menunjukkan terdapat perbedaan warna pada kalus yang dipengaruhi oleh adanya zat pengatur tumbuh yang diberikan, sedangkan tekstur yang dihasilkan pada seluruh eksplan adalah remah.

Tabel 6. Warna dan tekstur kalus pada masing-masing perlakuan

	Kotiledon	Hipokotil	Akar
B1D1	Transparan, putih kecoklatan	Transparan, putih kecoklatan	-
B1D2	Transparan, putih kecoklatan	Transparan, putih kecoklatan	-
B1D3	Coklat	Putih kecoklatan	-
B1D4	Coklat	Putih kecoklatan	-
B2D1	Transparan, Putih kecoklatan	-	-
B2D2	Coklat	-	Transparan, putih kecoklatan
B2D3	-	Putih kecoklatan	Coklat
B2D4	-	Transparan, putih kecoklatan	-
B3D1	-	Transparan, putih kecoklatan	Coklat
B3D2	-	Putih	-
B3D3	Putih	-	Putih kecoklatan
B3D4	Putih kecoklatan	-	Putih kecoklatan
B4D1	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan	Putih kecoklatan
B4D2	Putih kecoklatan	Coklat	Putih kecoklatan
B4D3	Transparan, Putih kehijauan	-	Coklat
B4D4	Putih kecoklatan	Transparan, putih kecoklatan	Transparan, putih kecoklatan

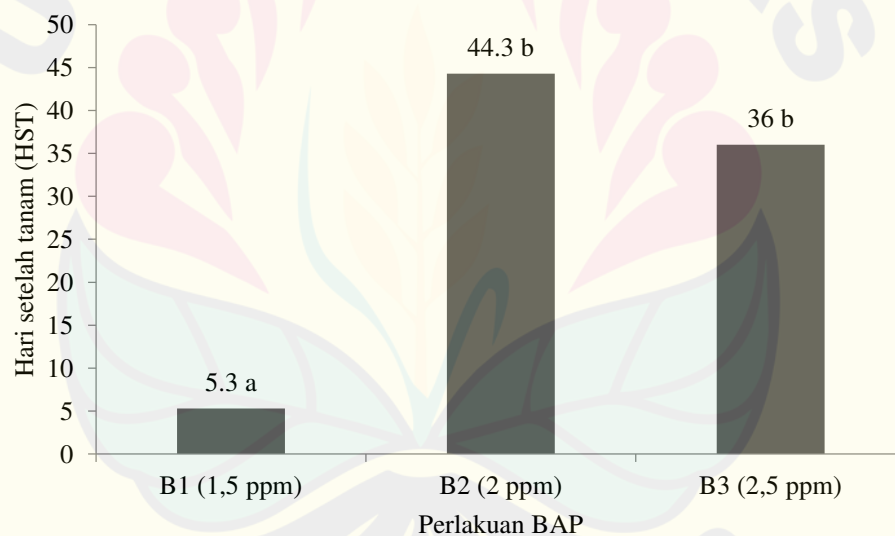
BAP (ppm)	2,4-D (ppm)	E1 (kotiledon)	E2 (hipokotil)	E3 (akar)
0	0			-
	2			-
	4			-
	6			-
0,5	0		-	-
	2			
	4	-		
	6	-		-

BAP (ppm)	2,4-D (ppm)	E1 (kotiledon)	E2 (hipokotil)	E3 (akar)
1	0	-		
	2	-		-
	4		-	
	6		-	
1,5	0			
	2			
	4		-	
	6			

Gambar 2. Dokumentasi warna dan tekstur kalus (28 HST)

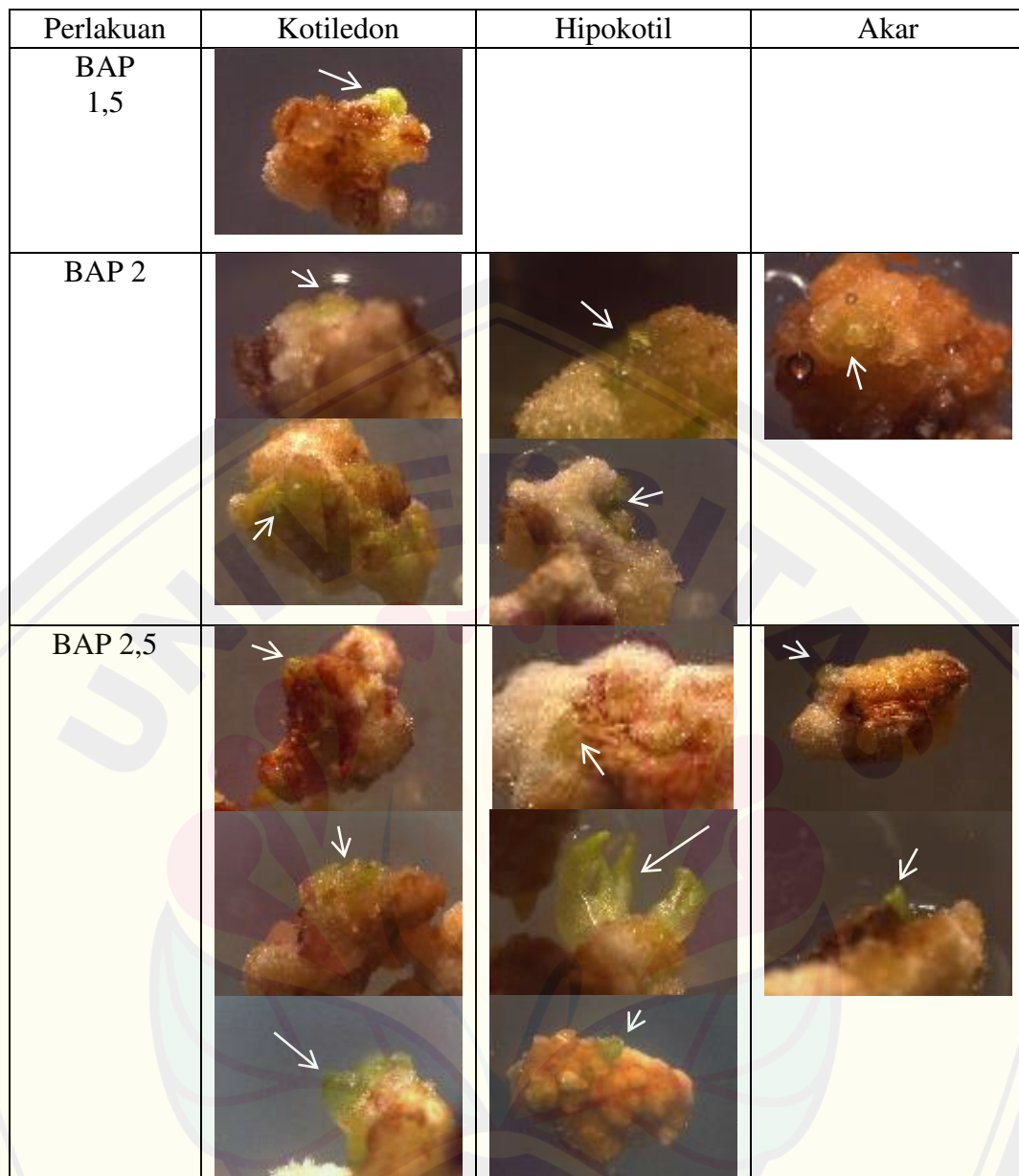
4.1.4 Kedinian munculnya tunas

Kalus yang terbentuk dari hasil induksi kalus dengan perlakuan konsentrasi BAP, 2,4-D, dan jenis eksplan kemudian disubkultur pada media pertunasan. Kalus tersebut disubkultur selama 56 HST. Pengamatan kedinian muncul tunas dilakukan setiap hari dengan cara mengamati awal munculnya tunas pada eksplan dari hari pertama eksplan ditanam sampai pada hari munculnya tunas yang dinyatakan dalam satuan hari setelah tanam (HST). Pengamatan kedinian muncul tunas bertujuan untuk mengetahui perlakuan zat pengatur tumbuh yang paling cepat dalam memunculkan tunas secara langsung pada tanaman tomat. Kedinian munculnya tunas ditandai dengan adanya pembengkakan dan tonjolan hijau (green spot) pada permukaan kalus yang merupakan calon tunas. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian BAP tunggal berbeda nyata terhadap variabel kedinian munculnya tunas.



Gambar 3. Grafik kedinian muncul tunas pada masing-masing perlakuan dan eksplan

Gambar di atas menunjukkan grafik hasil uji lanjut rata-rata pada variabel kedinian munculnya tunas. Rata-rata terendah kedinian munculnya tunas dihasilkan oleh perlakuan B1 (BAP 1,5 ppm) dengan waktu 7 HST. Kemudian perlakuan kedua yang menghasilkan tunas tercepat yaitu B2 (2 ppm) dengan rata-rata 44,3 HST.

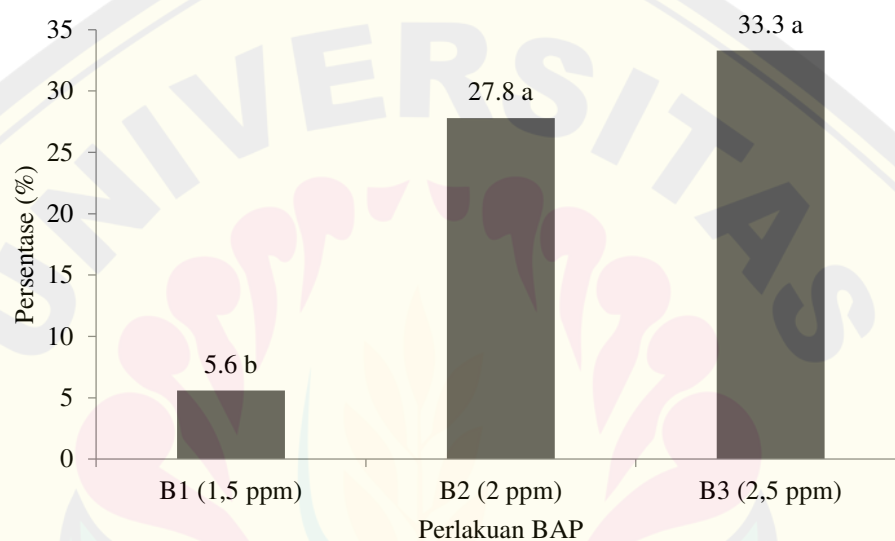


Gambar 4. Dokumentasi kediniian munculnya tunas yang diamati dengan mikroskop pada perbesaran 8x.

Gambar di atas menunjukkan bahwa kediniian munculnya tunas disebabkan oleh interaksi eksplan dengan media yang menyebabkan eksplan membengkak dan membentuk benjolan pada permukaan eksplan. Pada penelitian ini diketahui terdapat perbedaan waktu muncul tunas pada semua perlakuan, waktu muncul tunas tercepat didapatkan pada perlakuan hormon BAP 2,5 ppm yaitu 4 HST pada eksplan hipokotil sedangkan perlakuan yang lain masih belum memunculkan tunas dan hanya menunjukkan adanya *green spot* yang merupakan bakal tunas.

4.1.5 Persentase terbentuknya tunas

Persentase tumbuhnya tunas dihitung berdasarkan perbandingan jumlah eksplan yang membentuk tunas dihasilkannya dari perbandingan dari jumlah eksplan yang tumbuh tunas dengan total eksplan yang ditanam pada media pertunasan yang dinyatakan dalam satuan persen (%). Pengamatan dilakukan setiap hari hingga 56 HST atau 8 MST. Perhitungan ini bertujuan mengetahui efisiensi zat pengatur tumbuh terhadap respon eksplan dalam membentuk tunas. Persentase tumbuh tunas disajikan pada Gambar 6 berikut:



Gambar 5. Grafik persentase munculnya tunas pada eksplan

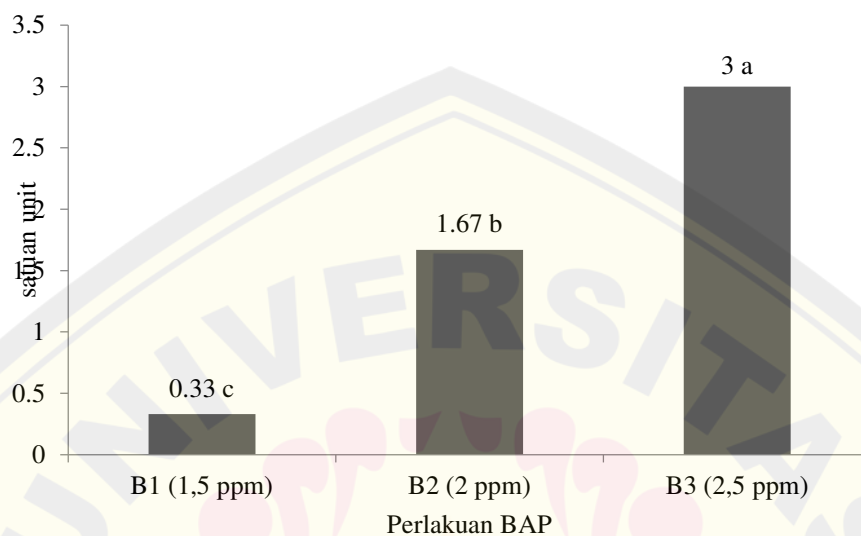
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan bahwa pada perlakuan B1 (BAP 1,5 ppm) menghasilkan tumbuhnya tunas sebesar 5,6%. Perlakuan B2 (BAP 2 ppm) menghasilkan persentase tunas yang lebih tinggi yaitu 27,8%. Persentase muncul tunas tertinggi ditemui pada perlakuan B3 (BAP 2,5 ppm) dengan nilai sebesar 33,3%.

4.1.6 Jumlah tunas

Jumlah seluruh tunas yang tumbuh pada eksplan merupakan salah satu indikator keberhasilan dalam regenerasi eksplan tanaman tomat. Pengamatan variabel jumlah tunas ini diukur dengan menghitung tunas yang tumbuh dari

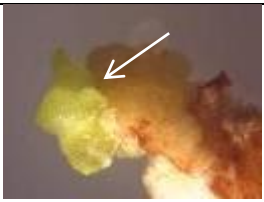


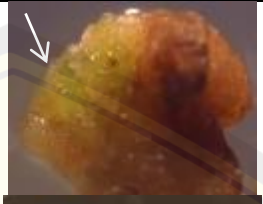


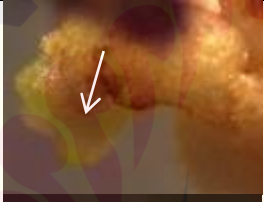







masing-masing eksplan pada akhir penelitian. Berdasarkan hasil analisa sidik ragam pada table 2, tunas yang tumbuh pada penelitian ini tidak dipengaruhi oleh pemberian hormon BAP maupun perlakuan eksplan sehingga tidak dilakukan uji lanjut. Berikut merupakan grafik rata-rata jumlah tunas:



Gambar 6. Rata-rata jumlah tunas pada 56 HST

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata pada uji DMRT 5%.

Gambar di atas menunjukkan bahwa rata-rata jumlah tunas terbanyak dihasilkan pada perlakuan B3 (2,5 ppm) dengan rata-rata 3. Kemudian hasil tunas terbanyak kedua yaitu perlakuan B2 (2 ppm) dengan rata-rata 1,67 dan perlakuan B1 (1,5 ppm) menghasilkan rata-rata jumlah tunas terendah yaitu 0,33. Berikut merupakan dokumentasi tunas yang dihasilkan pada masing-masing perlakuan:

Perlakuan	Kotiledon	Hipokotil	Akar
BAP 1,5			
BAP 2	 	 	
BAP 2,5	  	  	 

Gambar 7. Dokumentasi tunas pada 56 HST

4.2 Pembahasan

Organogenesis merupakan proses terbentuknya organ mulai dari kalus, tunas, hingga akar baik dari jaringan eksplan tanaman. Organogenesis memiliki tiga tahapan penting yakni pembelahan sel, pembesaran sel, dan diferensiasi sel. Proses ini dapat terjadi baik secara langsung melalui bagian tanaman yang memiliki jaringan meristem maupun dari kultur sel yang diinduksi dari eksplan tanaman. Terbentuknya tunas dan akar secara langsung dari eksplan tanpa

melewati fase kalus merupakan organogenesis secara langsung. Sebaliknya, organogenesis tidak langsung merupakan proses terbentuknya tunas dan akar yang diawali dengan proliferasi dan pertumbuhan kalus (Dwiyani, 2016). Pembentukan kalus terjadi akibat adanya interaksi antara jaringan eksplan dan zat pengatur tumbuh baik endogen maupun yang terdapat dalam media (eksogen). Hormon yang berperan dalam pembentukan kalus adalah sitokinin dan auksin (Prashariska, 2021).

Berdasarkan data hasil penelitian, adanya pemberian zat pengatur tumbuh jenis sitokinin berupa BAP dan auksin berupa 2,4-D berpengaruh sangat nyata pada parameter kedinin muncul kalus. Munculnya kalus ditandai dengan pembengkakan eksplan terutama pada bagian ujung dan tepi serta bagian perlukaan yang kemudian diikuti dengan munculnya kalus. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Sari (2021) bahwa kalus yang muncul pada bagian bekas perlukaan atau irisan merupakan respon sel dan jaringan terhadap hormone baik endogen maupun eksogen. Luka pada jaringan tanaman akan merangsang sel-sel epidermis pada bagian atas eksplan mengalami autolysis atau pemecahan. Selanjutnya sel akan mulai membesar dan membelah membentuk sel-sel baru yang terdiferensiasi (Mayerni *et al*, 2020)

Terbentuknya kalus melalui tiga tahap dimulai dari induksi, pembelahan, dan diferensiasi sel. Kalus yang terbentuk pada penelitian ini belum memasuki tahap diferensiasi karena kalus yang terbentuk hanya pada daerah perlukaan. Hal ini disebabkan oleh kontak sel dengan media yang kemudian menjadikan jaringan tersebut aktif membelah (*meristematic*). Sel-sel ini kemudian aktif membelah dan memperbanyak diri tetapi tidak berdiferensiasi sehingga menjadi jaringan penutup luka. Pembelahan sel dipengaruhi oleh adanya hormone pada media induksi (Anitasari, 2018). Selain hormone pada media, eksplan sendiri memiliki hormone endogen. Interaksi antara hormone eksogen dan endogen inilah yang merangsang pembentukan kalus (Mastuti 2017).

Berdasarkan data hasil analisis ragam pada table 2 diketahui bahwa konsentrasi BAP dan 2,4-D berpengaruh sangat nyata pada proses terbentuknya kalus. Kalus mulai muncul pada hari ke-5. Hasil uji jarak berganda Duncan 5%

pada table 3 menunjukkan bahwa perlakuan yang paling cepat merangsang eksplan membentuk kalus adalah B4D1 (BAP 1,5 ppm + 2,4-D 0 ppm) pada eksplan hipokotil dengan rentang waktu muncul kalus yaitu 5,33 HST.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan induksi kalus menggunakan dua hormone yang berbeda menghasilkan respon kalus yang berbeda pula. 2,4-D merupakan jenis auksin yang merangsang pembelahan dan pembentukan sel karena meningkatkan penyerapan nutrisi dan hormone pada media (Dwipayana *et al*, 2016). Pada penelitian ini, perlakuan media tanpa penambahan auksin memberi respon muncul kalus paling cepat. Pernyataan ini diperkuat oleh penelitian Harahap *et al*, (2019) bahwa auksin dengan konsentrasi tinggi dapat menunda dan menghambat pembentukan kalus. Konsentrasi auksin pada media induksi yang melebihi batas optimal menyebabkan produksi senyawa etilen oleh jaringan eksplan yang dapat menghambat pertumbuhan sel (Zuyasna *et al*, 2014).

Auksin berperan dalam perkembangan sel dengan cara mengubah permeabilitas membran sel. Auksin menginisiasi pemanjangan sel dengan cara mempengaruhi fleksibilitas dinding sel dan memacu protein tertentu yang ada di membran plasma untuk memompa ion H⁺ ke dinding sel. Ion H⁺ kemudian mengaktifkan enzim tertentu sehingga memutuskan ikatan silang hidrogen rantai molekul selulosa penyusun dinding sel. Sel tumbuh memanjang akibat air yang masuk secara osmosis (Ulva dkk, 2019). Sel terus tumbuh dengan mensintesis kembali mineral dinding sel dan sitoplasma. Auksin juga berfungsi memicu respons transkripsional pada sel dengan mengaktifkan protein penerima auksin yang akan mengaktifkan gen-gen serta protein yang terlibat dalam kontrol perkembangan siklus sel dari G1 ke S. protein ini juga berperan dalam proliferasi sel serta menunda diferensiasi sel sehingga terbentuk kalus pada eksplan (Hazak *et al*, 2019).

Selain auksin, sitokinin juga mempengaruhi pembentukan kalus. BAP berperan dalam proliferasi sel, mempercepat sintesis protein, dan pembelahan sel (Sagai dkk., 2016). Adanya sitokinin dapat meningkatkan pembelahan sel dalam proses sitokinesis terutama pada saat sintesis RNA dan protein akan memacu

aktivitas auksin dalam pembelahan sel membentuk kalus. Hal ini terlihat bahwa pemberian BAP dengan konsentrasi 1,5 ppm memberikan rata-rata waktu munculnya kalus tercepat dibandingkan perlakuan BAP lainnya. Kombinasi antara sitokinin dan auksin yang seimbang memberikan respon yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan hormone secara tunggal. Kalus akan tumbuh pada konsentrasi auksin dan sitokinin yang seimbang (Markal, 2015). Kombinasi hormone ini harus mencukupi nutrisi agar kalus dapat terbentuk dengan baik.

Kecepatan eksplan dalam menginduksi kalus juga dipengaruhi oleh jenis eksplan (Durrani, 2017). Eksplan yang dapat menginduksi kalus merupakan jaringan muda dan embrio yang memiliki cadangan makanan serta hormone endogen yang cukup (Shen, 2018). Jenis eksplan yang paling cepat menghasilkan kalus adalah hipokotil. Hal ini diduga karena hipokotil lebih banyak memiliki jaringan pengangkut dan sifat totipotensinya lebih besar daripada kotiledon. Keberhasilan pertumbuhan kalus dinyatakan dalam satuan persen sebagai tolak ukur banyaknya eksplan yang membentuk kalus. Eksplan dapat membentuk kalus karena menyerap nutrisi pada media induksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa eksplan yang dikulturkan pada media perlakuan tidak mampu menghasilkan kalus seluruhnya. Eksplan yang diinduksi pada media tanpa penambahan hormone eksogen tetap menghasilkan kalus. Hal ini disebabkan adanya hormone endogen yang cukup pada sel tanaman. Hal ini sesuai dengan pernyataan Mahadi dkk., (2016) bahwa konsentrasi zat pengatur tumbuh dan laju pertumbuhan kalus berbanding sama.

Morfologi kalus diamati menggunakan mikroskop pada 28 HST. Warna kalus menandakan aktivitas pembelahan sel dimana setiap eksplan memiliki warna yang beragam (Rasud 2020). Berdasarkan hasil pengamatan pada gambar 3 diketahui bahwa sebagian besar kalus memiliki warna transparan putih kecoklatan. Beberapa kalus berwarna putih, beberapa berwarna coklat, dan putih kecoklatan. Kalus yang berwarna putih menandakan sel-sel yang masih aktif membelah, belum mengandung kloroplas, serta memiliki kandungan polisakarida yang tinggi (Zuhro, 2022). Perubahan dari putih menjadi kecoklatan hingga coklat menandakan perubahan fase pertumbuhan dari sel yang aktif membelah (putih)

menjadi sel dewasa (putih kecoklatan) atau berkembang menjadi embrionik (Millenia dkk, 2022). Perubahan warna ini disebabkan adanya sintesis senyawa fenolik. Kalus yang telah berubah menjadi coklat menandakan bahwa pertumbuhan dan perkembangan kalus memasuki fase stasioner (Wahyuni, 2020). Hal ini dikarenakan aktivitas fotosintesis sel yang menurun sehingga pembentukan klorofil menurun pula (Dewi dkk, 2023). Perbedaan warna pada kalus dipengaruhi oleh jenis eksplan, pigmentasi cahaya, serta lingkungan kultur. Pigmentasi cahaya dapat merata ke seluruh permukaan kalus atau sebagian saja (Linardi dkk, 2022).

Selain warna, tekstur kalus juga merupakan hal yang menjadi patokan pertumbuhan kalus. Tekstur kalus dipengaruhi oleh jenis eksplan, penambahan hormone, serta lingkungan kultur. Kalus dibedakan menjadi kompak, intermediet, dan remah berdasarkan tekstur dan komposisi selnya (Mahadi *et al*, 2016). Kalus kompak bertekstur padat dan keras karena memiliki sel yang berukuran kecil dan rapat sedangkan kalus remah memiliki ruang antar sel yang lebih besar serta ukuran sel yang besar dan lunak. Kalus yang bertekstur remah memiliki pertumbuhan yang lebih baik karena lebih mudah dipisahkan menjadi sel tunggal. Berdasarkan hasil penelitian, tekstur kalus yang dihasilkan pada seluruh eksplan adalah remah. Tekstur kalus remah disebabkan oleh hormone auksin endogen pada eksplan yang menyebabkan pembelahan sel semakin cepat. Kalus bertekstur remah dan berwarna putih kekuningan merupakan ciri kalus embriogenik yang sesuai dijadikan kultur suspensi (Rasud, 2020). Permukaan kalus yang bersentuhan langsung dengan media terlihat lebih basah atau berair yang disebabkan karena penyerapan nutrisi oleh jaringan yang akan didistribusikan ke jaringan di atasnya (Lutfiah, 2020). Tekstur kalus yang remah mengandung banyak air karena belum mengalami proses pembentukan lignin pada dinding sel kalus sehingga antara sel masih mudah dipisahkan. Hal ini dipengaruhi oleh hormone yang menyebabkan sel memanjang dengan cara menambah kemampuan dinding sel menyerap air secara osmosis (Nisak, 2012).

Tunas yang muncul pada eksplan menjadi suatu tolak ukur keberhasilan kultur jaringan tanaman. Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa perlakuan konsentrasi BAP memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap

kedinian munculnya tunas. Perlakuan B1 (1,5 ppm) diketahui dapat menginisiasi munculnya tunas pada eksplan dengan waktu tercepat yaitu 5,33 HST. Sedangkan perlakuan B2 (2 ppm) dan B3 (2,5 ppm) tidak berbeda nyata dengan waktu kedinian 44,3 HST dan 36 HST. Kedinian muncul tunas pada penelitian ini ditunjukkan oleh gambar 4. Tunas yang muncul berupa tonjolan hijau muda pada permukaan kalus yang menandakan dimulainya fase organogenesis (Indirani, 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan terbentuknya tunas diawali dengan pembentukan nodul tumpul berwarna hijau pada eksplan. Nodul tersebut kemudian akan berkembang membentuk tunas. Menurut Hariono *et al*, (2018) nodul adalah sel tanaman yang akan berkembang membentuk tonjolan berwarna putih hingga hijau. Pemberian BAP dapat memacu sintesis protein sehingga mendorong terjadinya pembelahan sel yang menginduksi tunas. BAP menginisiasi pembentukan tunas dengan mengaktifkan sintesis RNA, mempercepat sintesis protein dan mengaktifkan enzim yang berperan dalam pembelahan sel. Proses pembelahan sel dipengaruhi oleh enzim yang berperan pada pembelahan sel yang bertugas mempercepat peralihan siklus sel. Adanya hormon, ZPT, dan nutrisi pada sel akan mengaktifkan gen-gen transkripsi aktifitas sel meningkat. Adanya percepatan peralihan fase-fase tersebut akan mempersingkat waktu pembelahan sel-sel pada nodus sehingga mempercepat waktu muncul tunas (Sagai dkk, 2016).

Konsentrasi BAP terbaik yang menghasilkan tunas tercepat yaitu 1,5 ppm dan memiliki nilai yang cukup signifikan dengan konsentrasi BAP 2 ppm dan BAP 2,5 ppm. Hal ini sesuai dengan pernyataan Maisarah dkk, (2021) bahwa semakin tinggi konsentrasi BAP yang ditambahkan menyebabkan tunas yang dihasilkan semakin rendah. Hal ini juga sejalan dengan pernyataan Fitriani (2019) yang mengatakan bahwa adanya penurunan jumlah tunas dapat disebabkan oleh konsentrasi hormon sitokinin endogen yang cukup tinggi sehingga semakin besar konsentrasi sitokinin yang ditambahkan justru menghambat terbentuknya tunas.

Keberhasilan munculnya tunas dipengaruhi oleh jenis media yang digunakan serta respon eksplan terhadap media tersebut (Karjadi, 2020). Tunas terbentuk karena eksplan memiliki mata tunas yang ketika berinteraksi dengan media akan tumbuh membentuk tunas. Jumlah tunas yang beragam dipengaruhi

oleh interaksi antara eksplan dengan media kultur serta kemampuan eksplan merespon unsur hara di dalamnya (Lutfiani dkk, 2022). Kandungan sitokinin endogen pada eksplan serta adanya penambahan sitokinin eksogen dengan konsentrasi yang tidak tepat dapat menghambat pembentukan tunas. Apabila sitokinin yang ditambahkan pada media berada dalam jumlah yang sesuai maka akan mempengaruhi pertumbuhan, mendorong pembelahan sel serta mempercepat waktu muncul tunas.



BAB 5 . KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, perlakuan kombinasi BAP dan 2,4-D pada penelitian induksi kalus tanaman tomat menunjukkan interaksi yang berbeda nyata pada variabel kedinian kalus dengan konsentrasi terbaik yaitu B4D1 (BAP 1,5 ppm + 2,4-D 0 ppm) pada eksplan hipokotil dengan rata – rata waktu kedinian munculnya kalus 5,33 HST dengan persentase 100%. Persentase tumbuhnya kalus pada seluruh eksplan sebesar 100%. Kalus yang muncul pada eksplan berwarna putih kecoklatan hingga coklat, serta tekstur remah. Perlakuan BAP pada kedinian tunas terbaik yaitu B1 (BAP 1,5 ppm) dengan waktu 5,3 HST. Sedangkan jumlah tunas dan persentase tunas tertinggi ditemui pada perlakuan BAP 2,5 ppm dengan jumlah tunas 3 dan persentase 33,3%.

5.2 Saran

Berdasarkan kekurangan pada penelitian ini, terdapat saran guna memperoleh hasil terbaik:

1. Perlu adanya penelitian dengan variabel konsentrasi dan kombinasi zat pengatur tumbuh yang lain untuk mengetahui pengaruhnya terhadap induksi kalus dan regenerasi eksplan tanaman tomat.
2. Perlu adanya penelitian dengan eksplan dan varietas lain untuk mengetahui pengaruhnya terhadap induksi kalus dan regenerasi tanaman tomat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ani Fitriani, F., 2019. Combination Of Concentration Plant Growth Regulator Rotoone-F And Red Onion Filtrates To Growth Rose Apple Shoot Cutting. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 8(2).
- Anitasari, S.D., D.N.R. Sari, I.A. Astarini dan M.R. Defiani. 2018. *Dasar Teknik Kultur Jaringan Tanaman*. Yogyakarta: Depublish.
- Avila, A. G., E.G. Fortea., J. Prohens., F. J. Herraiz. 2020. *Development of a Direct in Vitro Plant Regeneration Protocol From Cannabis sativa L. Seedling Explant: Developmental Morphology of Shoot Regeneration and Ploidy Level of Regenerated Plants. Frontiers in Plant Science*. 11(645): 1-15.
- Damayanti, P., Latunra, A.I. and Johanes, E., 2021, April. Embryogenic Callus Induction of Todolo Toraja Coffee Leaf Cells (*Coffea arabica* Var. Typica) with the Addition of 2, 4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2, 4-D) and Furfurylaminopurine (Kinetin) in Vitro. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 755, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
- Damayanti, P., Latunra, A.I. and Johanes, E., 2021, April. Embryogenic Callus Induction of Todolo Toraja Coffee Leaf Cells (*Coffea arabica* Var. Typica) with the Addition of 2, 4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2, 4-D) and Furfurylaminopurine (Kinetin) in Vitro. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 755, No. 1, p. 012044). IOP Publishing.
- Dewi, Kartika Puspita, 2023. "Pengaruh Konsentrasi Sukrosa terhadap Kadar Piperin pada Kalus Cabe Jawa (*Piper retrofractum* Vahl.)." *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* : 49-58.
- Dias, M.I., Sousa, M.J., Alves, R.C. and Ferreira, I.C., 2016. Exploring plant tissue culture to improve the production of phenolic compounds: A review. *Industrial crops and products*, 82, pp.9-22.
- Diouf, I.A., Derivot, L., Bitton, F., Pascual, L. and Causse, M., 2018. Water deficit and salinity stress reveal many specific QTL for plant growth and fruit quality traits in tomato. *Frontiers in Plant Science*, 9, p.279.
- Durrani, N. U. S., D. Ahmad., A. Jalal., H. Rajab., M. S. Khan. 2017. *The Effect Of Explant Sources And Growth Regulators On Callus Induction And Regeneration In Different Tomato Cultivars. The Journal of Animal & Plant*. 27(2): 481-489.
- Dwipayana, M.A.T. and Suaryana, I.G.N.A., 2016. Pengaruh Debt To Assets Ratio, Devidend Payout Ratio, Dan Return on Assets Terhadap Nilai Perusahaan. *E-Jurnal Akuntansi Universitas Udayana*, 17(3), pp.2008-2035.
- Dwiyani, Rindang. 2016. Induksi Organogenesis pada Mikropropagasi Anggrek *Vanda tricolor* Lindl. serta Deteksi Variasi Genetik Hasil Perbanyakan dengan RAPD. *Jurnal AGROTROP*. 6(2): 161-170.

- Espinosa-Leal, C.A., Puente-Garza, C.A. and García-Lara, S., 2018. In vitro plant tissue culture: means for production of biological active compounds. *Planta*, 248(1), pp.1-18.
- Feher, A., 2019. Callus, dedifferentiation, totipotency, somatic embryogenesis: what these terms mean in the era of molecular plant biology?. *Frontiers in plant science*, 10, p.536.
- Gerszberg, A., Hnatuszko-Konka, K., Kowalczyk, T. and Kononowicz, A.K., 2016. Efficient in vitro callus induction and plant regeneration protocol for different Polish tomato cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 44(2), pp.452-458.
- Godishala, V., Mangamoori, L. and Nanna, R., 2011. Plant regeneration via somatic embryogenesis in cultivated tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Cell and Tissue Research*, 11(1), p.2521.
- Hanur, V.S. and Krishnareddy, B., 2016. In-Vitro Organogenesis in Tomato (*Solanum Lycopersicum*) Using Kinetin. *Adv Plants Agric Res* 4 (6): 00158. DOI: 10.15406/apar. 2016.04. 00158. *Vitro Organogenesis in Tomato (Solanum Lycopersicum) Using Kinetin*, 2(5), pp.6-8.
- Harahap, F., Diningrat, D.S., Poerwanto, R., Nasution, N.E.A. and Hasibuan, R.F.M., 2019. In vitro callus induction on Sipahutar pineapple (*Ananas comosus* L.) from North Sumatra Indonesia. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 22(11), pp.518-526.
- Hariono, E., Isda, M.N. and Fatonah, S., 2018. Pembentukan Nodul Dari Biji Manggis (*Garcinia mangostana* L.) Asal Bengkalis pada Media WPM dengan Penambahan BAP dan Madu. *Journal of Biology*, 11(1), pp.16-24.
- Hazak, O., Mamon, E., Lavy, M., Sternberg, H., Behera, S., Schmitz-Thom, I., Bloch, D., Dementiev, O., Gutman, I., Danziger, T. and Schwarz, N., 2019. A novel Ca²⁺-binding protein that can rapidly transduce auxin responses during root growth. *PLoS biology*, 17(7), p.e3000085.
- Hazubska-Przybył, T., 2019. Propagation of Juniper species by plant tissue culture: a mini-review. *Forests*, 10(11), p.1028.
- Hesami, M., Naderi, R., Yoosefzadeh-Najafabadi, M. and Rahmati, M., 2017. Data-driven modeling in plant tissue culture. *J. Appl. Environ. Biol. Sci*, 7(8), pp.37-44.
- Jan, S.A., Shah, S.H., Ali, S. and Ali, G.M., 2015. The effect of plant growth regulators on callus induction and somatic embryogenesis of hybrid tomato. *Pak J Bot*, 47, pp.1671-1677.
- Juliastuti, H., Kes, M., Yuslianti, E.R., Rakhmat, I.I., Kes, M., Handayani, D.R., Kes, M., Prayoga, A.M., Ferdianti, F.N., Prastia, H.S. and Dara, R.J., 2021. *Sayuran Dan Buah Berwarna Merah, Antioksidan Penangkal Radikal Bebas*. Deepublish.

- Kandel, D.R., Marconi, T.G., Badillo-Vargas, I.E., Enciso, J., Zapata, S.D., Lazcano, C.A., Crosby, K. and Avila, C.A., 2020. Yield and fruit quality of high-tunnel tomato cultivars produced during the off-season in South Texas. *Scientia Horticulturae*, 272, p.109582.
- Karjadi, A.K. and Gunaeni, N., 2019. Efek Antiviral Ribavirin Dalam Pertumbuhan dan Perkembangan Eksplan Bawang Putih Cv. Lumbu Hijau, Cv. Lumbu Kuning Dan Cv. Tawangmangu. *Agrin*, 22(2), pp.93-103.
- Kauser, N., Khan, S., Mohammadi, A., Ghareyazil, B., Uliiaie, E.D. and Darvishrohani, B., 2016. Agrobacterium mediated transformation and direct shoot regeneration in Iranian Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Falat-CH. *Pak. J. Bot*, 48(6), pp.2489-2498.
- Khaliluev, M.R., Bogoutdinova, L.R., Baranova, G.B., Baranova, E.N., Kharchenko, P.N. and Dolgov, S.V., 2014. Influence of genotype, explant type, and component of culture medium on in vitro callus induction and shoot organogenesis of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Biology Bulletin*, 41(6), pp.512-521.
- Knapp, S. and Peralta, I.E., 2016. The tomato (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae) and its botanical relatives. In *The tomato genome* (pp. 7-21). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Li, W., Fang, C., Krishnan, S., Chen, J., Yu, H., Murphy, A.S., Merewitz, E., Katin-Grazzini, L., McAvoy, R.J., Deng, Z., Zale, J. and Li, Y. 2017. Elevated Auxin and Reduced Cytokinin Contents in Rootstocks Improve Their Performance and Grafting Success. *Plant Biotechnology Journal*. [Online] 1–10. Available from: doi:10.1111/pbi.12738.
- Linardi, Matthew, Ratih Restiani, and Dwi Aditiyarini. 2022. "Pengaruh Asam Salisilat Terhadap Kandungan Flavonoid Pada Kultur Kalus Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn.)." *EduMatSains: Jurnal Pendidikan, Matematika dan Sains* 6.2: 443-458.
- Liu, J., Hu, T., Feng, P., Wang, L. and Yang, S., 2019. Tomato yield and water use efficiency change with various soil moisture and potassium levels during different growth stages. *PloS one*, 14(3), p.e0213643.
- Loyola-Vargas, V.M. and Ochoa-Alejo, N., 2018. An introduction to plant tissue culture: advances and perspectives. *Plant cell culture protocols*, pp.3-13.
- Lutfiah, Ananda, and Noor Aini Habibah. 2022. "Pengaruh Pemberian Elisitor Ekstrak Khamir pada Pertumbuhan Kultur Kalus Gembili dengan Penambahan ZPT 2, 4-D dan Kinetin." *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences* 45.2 : 77-83.
- Lutfiani, I., Lestari, A., Widyodaru, N. and Suhesti, S., 2022. Pengaruh Pemberian Berbagai Konsentrasi NAA (Naphthalene Acetic Acid) dan BAP (Benzyl Amino Purine) terhadap Multiplikasi Tunas Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Agrotek Indonesia (Indonesian Journal of Agrotech)*, 7(1), pp.49-57.

- M.R., Ayyub, C.M., Amjad, M. and Waraich, E.A., 2016. Morpho-physiological evaluation of tomato genotypes under high temperature stress conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(8), pp.2698-2704.
- Mahadi, Imam. 2016. Multifikasi tunas Anggrek Larat (*Dendrobiumphalaenopsis Fitzg*) dengan pemberian hormon IAA dan BAP terhadap pertumbuhan secara *in vitro*. *EKSAKTA*, 2, 1-6.
- Maisarah, P. and Isda, M.N., 2021. Induksi Tunas dari Eksplan Epikotil Jeruk Kasturi (*Citrus microcarpa Bunge.*) dengan Penambahan BAP dan Kinetin secara In Vitro. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, pp.138-146.
- Manawadu, I.P., Nilanthi, D. and Senanayake, S.G.J.N., 2014. Callus Formation and Organogenesis of Tomato (*Lycopersicon esculentum Mill.* variety thilina). *Tropical Agricultural Research and Extension*, 17(2), pp.87-94.
- Markal, A., Isda, M.N. and Fatonah, S., 2015. *Perbanyakan anggrek Grammatophyllum scriptum (Lindl.) BL. melalui induksi tunas secara in vitro dengan penambahan BAP dan NAA* (Doctoral dissertation, Riau University).
- Mastuti, Retno. 2017. *Dasar-Dasar Kultur Jaringan Tumbuhan*. Malang: UB Press.
- Mayerni, R., Satria, B., Wardhani, D.K. and Chan, S.R.O.S., 2020, October. Effect of auxin (2, 4-D) and cytokinin (BAP) in callus induction of local patchouli plants (*Pogostemon cablin Benth.*). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 583, No. 1, p. 012003). IOP Publishing.
- Millenia, F.K., Sumadi, S., Suminar, E., Nuraini, A. and Pitaloka, G.G., 2022. Induksi Kalus Eksplan Daun Stroberi (*Fragaria x ananassa Duch*) dengan Pemberian NAA dan CaP Secara In Vitro. *JURNAL GALUNG TROPIKA*, 11(3), pp.317-329.
- Muhyidin H., T. Islami, dan M. D. Maghfoer. 2018. Pengaruh Konsentrasi dan Waktu Pemberian Giberelin Pada Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum Mill.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 6(6):1147-1154.
- Nisak, K., Nurhidayati, T. & Purwani, K.I. 2012. Pengaruh kombinasi konsentrasi ZPT NAA dan BAP pada kultur jaringan tembakau *Nicotiana tabacum var. Prancak 95*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 1(1): 1-6.
- Ntagkas, N., Min, Q., Woltering, E. J., Labrie, C., Nicole, C. C. S., & Marcelis, L. F. M. (2016). *Illuminating tomato fruit enhances fruit vitamin C content*. *Acta Horticulturae*, (1134), 351–356. doi:10.17660/actahortic.2016.1134.46
- Papry, M., Ahsan, S.M., Shahriyar, S., Sathi, M.A., Howlader, P., Robbani, M., Akram, S. and Biswas, M.J.H., 2016. In vitro regeneration protocol development via callus formation from leaf explants of tomato (*Solanum lycopersicon Mill.*). *Tropical Plant Research*, 3(1), pp.162-171.

- Pasternak, T.P., Ruperti, B. and Palme, K., 2020. A simple high efficiency and low cost in vitro growth system for phenotypic characterization and seed propagation of *Arabidopsis thaliana*. *Biorxiv*.
- Phillips, G.C. and Garda, M., 2019. Plant tissue culture media and practices: an overview. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 55(3), pp.242-257.
- Prashariska, Kezia., A. Pitoyo., Solichatun. 2021. Pengaruh *Indole-3-Acetic Acid* (IAA) Dan *Benzyl Amino Purine* (BAP) Terhadap Induksi Dan Deteksi Alkaloid Kalus Kamilen (*Matricaria chamomilla L.*). *Jurnal Inovasi Pertanian*. 23(2): 104-114.
- Rahman, Nurhamidar., H. Fitriani., N. Rahman., N. S. Hartati. 2021. Pengaruh Beragam Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Induksi Kalus Organogenik Dari Ubi Kayu (*Manihot esculenta Crantz*) Genotipe Gajah dan Kuning. *Jurnal Ilmu Dasar*. 22(2): 119-126.
- Rasud, Yulianti., Bustaman. 2020. Induksi Kalus secara *In Vitro* dari Daun Cengkeh (*Syzigium aromaticum L.*) dalam Media dengan Berbagai Konsentrasi Auksin. 2002. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 25(1): 67-72.
- Sagai, E., Doodoh, B. and Kojoh, D., 2016, October. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Benzil Amino Purin (BAP) Terhadap Induksi dan Multiplikasi Tunas Brokoli *Brassica oleraceae L. var. italica* Plenck. In *COCOS* (Vol. 7, No. 6).
- Sagai, E., Doodoh, B. and Kojoh, D., 2016, October. Pengaruh Zat Pengatur Tumbuh Benzil Amino Purin (BAP) Terhadap Induksi dan Multiplikasi Tunas Brokoli *Brassica oleraceae L. var. italica* Plenck. In *COCOS* (Vol. 7, No. 6).
- Sari, Maya., M. N. Isda. 2021. Respon Pembentukan Kalus Daun *Tacca Chantrieri* dengan Berbagai Konsentrasi 2,4 D dan BAP Secara *In Vitro*. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*. 9(1): 8-17.
- Setiaji, Arkan., R. R. R. Annisa., Sismindari., R. Rumiati., E. Sumiarti. 2020. *Induction and Growth Kinetics Callus of Tomato (Solanum lycopersicum)*. *Journal of Biology & Biology Education*. 12(1): 35-41.
- Shah, S.H., Ali, S., Jan, S.A., Din, J. and Ali, G.M., 2015. Callus induction, in vitro shoot regeneration and hairy root formation by the assessment of various plant growth regulators in tomato (*Solanum lycopersicum Mill.*). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 25(2), pp.528-538.
- Shen, H. J., Chen, J. T., Chung, H. H., and Chang, W. C. 2018. Plant Regeneration via Direct Somatic Embryogenesis from Leaf Explants of *Tolumnia Louise Elmore "Elsa."* *Botanical Studies* 59(4): 1-7.

- Silveira, V., de Vita, A.M., Macedo, A.F., Dias, M.F.R., Floh, E.I.S. and Santa-Catarina, C., 2013. Morphological and polyamine content changes in embryogenic and non-embryogenic callus of sugarcane. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 114(3), pp.351-364.
- Suryanti, E. and Mellisa, M., 2017. Perbanyak Tanaman Tomat Dengan Menggunakan BAP dan NAA Secara In Vitro. *Jurnal Bioterdidik: Wahana Ekspresi Ilmiah*, 5(6).
- Suzuki, M., Umeda, H., Matsuo, S., Kawasaki, Y., Ahn, D., Hamamoto, H. and Iwasaki, Y., 2015. Effects of relative humidity and nutrient supply on growth and nutrient uptake in greenhouse tomato production. *Scientia Horticulturae*, 187, pp.44-49.
- Tieman, D., Zhu, G., Resende, M.F., Lin, T., Nguyen, C., Bies, D., Rambla, J.L., Beltran, K.S.O., Taylor, M., Zhang, B. and Ikeda, H., 2017. A chemical genetic roadmap to improved tomato flavor. *Science*, 355(6323), pp.391-394.
- Tim Lembaga Kawasan Sains dan Teknologi. 2020. 501 Inovasi IPB dalam 1226 Inovasi Indonesia - Seri Pangan. (n.p.): PT Penerbit IPB Press.
- Ulinuha, Z., Chozin, M.A. and Santosa, E., 2019. Stabilitas Hasil dan Gangguan Penyakit pada Enam Genotipe Tomat di bawah Naungan. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(1), pp.10-19.
- Ulva, M., Nurchayati, Y., Prihastanti, E. and Setiari, N., 2019. Pertumbuhan Kalus Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Varietas Permata F1 dari Jenis Eksplan dan Konsentrasi Sukrosa yang Berbeda secara In Vitro. *Life Science*, 8(2), pp.160-169.
- Wahyuni, D. K., A. Huda., S. Faizah., H. Purnobasuki., B. P. E. Wardoyo. 2020. *Effects of light, sucrose concentration and repetitive subculture on callus growth and medically important production in Justicia gendarussa Burm.f. Biotechnology Reports*. 27. p. e00473. doi:10.1016/j.btre.2020.e00473.
- Wibawa I. P. A. H. dan I. N. Lugrayasa. 2019. Pengaruh Konsentrasi Pupuk Cair (*Mikroba Fungsional Tahan Salin*) Terhadap Perkembangan Stek Daun *Begonia rex* "Silver Circle". *Agroekoteknologi Tropika*, 8(2): 194-201.
- Y., Holm P.E., Liu F. (2014): Alternate partial root-zone drying irrigation improves fruit quality in tomatoes. *Horticultural Science (Prague)*, 41: 85–191.
- Zheng, Y., Yang, Z., Xu, C., Wang, L., Huang, H. and Yang, S., 2020. The interactive effects of daytime high temperature and humidity on growth and endogenous hormone concentration of tomato seedlings. *HortScience*, 55(10), pp.1575-1583.

- Zuhro, R. K., H. A. Dewanto., A. Suyadi., T. Pribadi., O. D. Hadjoeningtjas., A. P. Santoso. 2022. *Callus induction of mountain papaya endosperm (Vasconcellea pubescens A. DC) with different combination of 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid and Kinetin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 951(1).
- Zuyasna, Z., Nurahmi, E. and Fajri, R., 2014. Pengaruh Jenis Kakao dan Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Induksi Embrio Somatik Secara In Vitro. *Jurnal Floratek*, 9(2), pp.102-110.

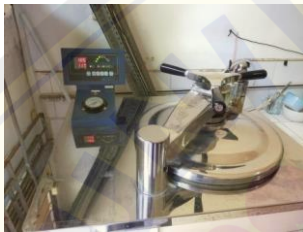


LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Persiapan Pembuatan Media



Gambar 2. Autoklaf Alat, dan media



Gambar 3. Perkecambahan Benih



Gambar 4. Eksplan Tomat In Vitro Umur (14 HSI)



Gambar 5. Penanaman Eksplan



Gambar 6. Eksplan kalus pada media pertunasan



Gambar 6. Kontaminasi pada eksplan



Gambar 6. Pengamatan

Lampiran 2. Komposisi Media Stok MS yang digunakan dalam Penelitian

Nama Stok	Bahan Kimia	Kons. Standar (mg/L)	Kepekatan (kali)	Vol. Stok yang akan dibuat	bahan kimia yang ditimbang (gram)	Stok untuk 1 L media
A	NH ₄ NO ₃	1650	50x	250	20,625	20 ml
B	KNO ₃	1900	50x	250	23,75	20 ml
C	CaCl ₂ .H ₂ O	440	100x	250	11	10 ml
D	MgSO ₄ . 7H ₂ O	370	100x	250	9,25	10 ml
	KH ₂ PO ₄	170	100x	250	4,25	
E	FeSO ₄ . 7H ₂ O	27,8	200x	250	1,39	5 ml
	Na ₂ EDTA. 2H ₂ O	37,3	200x	250	1,865	
F	MnSO ₄ . 4H ₂ O	22,3	200x	200	0,892	5 ml
	ZnSO ₄ . 7H ₂ O	8,6	200x	200	0,344	
	H ₃ BO ₃	6,2	200x	200	0,248	
	KI	0,83	200x	200	0,0332	
	Na ₂ MoO ₄ . 2H ₂ O	0,25	200x	200	0,01	
	CuSO ₄ . 5H ₂ O	0,025	200x	200	0,001	
	CoCl ₂ . 6H ₂ O	0,025	200x	200	0,001	
Myo-I	Myo-inositol	100	100x	200	2	10 ml
Vit	Nicotinic acid	0,5	1000x	200	0,1	1 ml
	Pyridoxine-HCl	0,5	1000x	200	0,1	
	Thiamine HCL	0,1	1000x	200	0,02	
	Glycine	2,0	1000x	200	0,4	
	Sukrosa	30.000				
	Agar	8.000				

Lampiran 3. Perhitungan Bahan Kimia Untuk Stok ZPT BAP dan 2,4-D

Jenis ZPT	Volume stok yang dibuat (ml)	Konsentrasi ppm yang dibuat (ppm atau mg/ L)	Bahan kimiayang akanditimbang(g)
BAP	100 ml	100 ppm	$100 \text{ ppm} = 100 \text{ mg/l}$ $= 100 \text{ mg}/1000 \text{ ml}$ $= 10 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ $= 0.01 \text{ g}/100 \text{ ml}$ jadi, bahan kimia yang perlu ditimbang untuk membuat 100 ml stok BAP dengan konsentrasi 100 ppm yaitu 0,01g
2,4-D	100 ml	100 ppm	$100 \text{ ppm} = 100 \text{ mg/l}$ $= 100 \text{ mg}/1000 \text{ ml}$ $= 10 \text{ mg}/100 \text{ ml}$ $= 0.01 \text{ g}/100 \text{ ml}$ jadi, bahan kimia yang perlu ditimbang untuk membuat 100 ml stok 2,4-D dengan konsentrasi 100 ppm yaitu 0,01g

Lampiran 4. Perhitungan Pengenceran Larutan Stok ZPT BAP dan 2,4-D

Jenis ZPT	Konsentrasi stok (ppm)	Konsentrasi yang diperlukan (ppm)	Perhitungan pengenceran
BAP	100 ml	0 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 0 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 0 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 0 \text{ ml}$
		0,5 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 0,5 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 0,5 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 0,5 \text{ ml}$
		1 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 1 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 1 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 1 \text{ ml}$
		1,5 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 1,5 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 1,5 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 1,5 \text{ ml}$

2,4-D	100 ppm	0 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 0 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 0 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 0 \text{ ml}$
		2 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 2 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 2 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 2 \text{ ml}$
		4 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 4 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 4 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 4 \text{ ml}$
		6 ppm	$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$ $V_1 \times 100 \text{ ppm} = 100 \text{ ml} \times 6 \text{ ppm}$ $V_1 = 100 \text{ ml} \times 6 \text{ ppm} : 100 \text{ ppm}$ $V_1 = 6 \text{ ml}$



Lampiran 5. Data pengamatan analisis ragam dan hasil uji jarak berganda Duncan taraf 5%

1. Kedinian Muncul Kalus (Hari)

KODE	KOMBINASI PERLAKUAN			ULANGAN			TOTAL	RATA-RATA
	BAP	2,4-D	Eksplan	1	2	3		
1	BAP 0	2,4-D 0	Kotiledon	18			18.00	18.00
			Hipokotil	12		17	29.00	14.50
			Akar				0.00	0.00
2	BAP 0	2,4-D 2	Kotiledon	7	5	6	18.00	6.00
			Hipokotil	6	7	8	21.00	7.00
			Akar				0.00	0.00
3	BAP 0	2,4-D 4	Kotiledon	15	16	15	46.00	15.33
			Hipokotil	19	21	20	60.00	20.00
			Akar				0.00	0.00
4	BAP 0	2,4-D 6	Kotiledon	15	14	14	43.00	14.33
			Hipokotil	16	17	16	49.00	16.33
			Akar				0.00	0.00
5	BAP 0,5	2,4-D 0	Kotiledon	20	22		42.00	21.00
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar				0.00	0.00
6	BAP 0,5	2,4-D 2	Kotiledon	18		17	35.00	17.50
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	14	14	15	43.00	14.33
7	BAP 0,5	2,4-D 4	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	9	10	8	27.00	9.00
			Akar	8	7	9	24.00	8.00
8	BAP 0,5	2,4-D 6	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	9	12	9	30.00	10.00
			Akar				0.00	0.00
9	BAP 1	2,4-D 0	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	9	10	9	28.00	9.33
			Akar	12	13		25.00	12.50
10	BAP 1	2,4-D 2	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	12	15	14	41.00	13.67
			Akar				0.00	0.00
11	BAP 1	2,4-D 4	Kotiledon	16	12	12	40.00	13.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	6	10	7	23.00	7.67

12	BAP 1	2,4-D 6	Kotiledon	12	13	12	37.00	12.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	10	11	7	28.00	9.33
13	BAP 1,5	2,4-D 0	Kotiledon	7	5		12.00	6.00
			Hipokotil	5	5	6	16.00	5.33
			Akar	5	8	6	19.00	6.33
14	BAP 1,5	2,4-D 2	Kotiledon	6	6	6	18.00	6.00
			Hipokotil	7	9	9	25.00	8.33
			Akar	12	12	9	33.00	11.00
15	BAP 1,5	2,4-D 4	Kotiledon	7	9	8	24.00	8.00
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	17	17	17	51.00	17.00
16	BAP 1,5	2,4-D 6	Kotiledon	14	17	10	41.00	13.67
			Hipokotil	12	14	17	43.00	14.33
			Akar	11	15	16	42.00	14.00
TOTAL							1031.00	
RATA-RATA							7.91	

Analisis Ragam Kedinihan Muncul Kalus (Hari)

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	notasi
B	3	266.02	88.67	7.60	2.70	3.99	**
D	3	270.30	90.10	7.72	2.70	3.99	**
E	2	97.10	48.55	4.16	3.09	4.83	*
BD	9	631.90	70.21	6.02	1.98	2.60	**
BE	6	1267.29	211.22	18.10	2.19	3.00	**
DE	6	128.68	21.45	1.84	2.19	3.00	ns
BDE	18	2484.04	138.00	11.83	1.71	2.13	**
Error (Galat)	96	1120.00	11.67				
TOTAL	143	6265.33					
FK	7381.67						

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan Taraf 5%

SD	0,61																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
SD	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61		
DUNCAN TABEL	2,81	2,95	3,05	3,12	3,18	3,22	3,26	3,29	3,32	3,34	3,36	3,38	3,40	3,41	3,43		
DUNCAN HITUNG	1,71	1,79	1,86	1,90	1,94	1,96	1,99	2,01	2,02	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09		

A. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E1 yang sama

No	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
5	B2D1	21.00	e	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1	B1D1	18.00	e	3.00	0.00														
6	B2D2	17.50	e	3.50	0.50	0.00													
4	B1D4	14.33	e	6.67	3.67	3.17	0.00												
16	B4D4	13.67	d	7.33	4.33	3.83	0.67	0.00											
11	B3D3	13.33	cd	7.67	4.67	4.17	1.00	0.33	0.00										
12	B3D4	12.33	cd	8.67	5.67	5.17	2.00	1.33	1.00	0.00									
15	B4D3	8.00	c	13.00	10.00	9.50	6.33	5.67	5.33	4.33	0.00								
2	B1D2	6.00	b	15.00	12.00	11.50	8.33	7.67	7.33	6.33	2.00	0.00							
13	B4D1	6.00	b	15.00	12.00	11.50	8.33	7.67	7.33	6.33	2.00	0.00	0.00						
14	B4D2	6.00	a	15.00	12.00	11.50	8.33	7.67	7.33	6.33	2.00	0.00	0.00	0.00					
3	B1D3	0.00	f	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0.00			
7	B2D3	0.00	f	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0			
8	B2D4	0.00	f	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0	0.00		
9	B3D1	0.00	f	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0	0.00	0.00	
10	B3D2	0.00	f	21.00	18.00	17.50	14.33	13.67	13.33	12.33	8.00	6.00	6.00	6.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

B. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E2 yang sama

No	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
				20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	B1D3	20.00	f	0.00															
4	B1D4	16.33	de	3.67	0.00														
1	B1D1	14.50	de	5.50	1.83	0.00													
16	B4D4	14.33	de	5.67	2.00	0.17	0.00												
10	B3D2	13.67	d	6.33	2.67	0.83	0.67	0.00											
8	B2D4	10.00	d	10.00	6.33	4.50	4.33	3.67	0.00										
9	B3D1	9.33	c	10.67	7.00	5.17	5.00	4.33	0.67	0.00									
7	B2D3	9.00	c	11.00	7.33	5.50	5.33	4.67	1.00	0.33	0.00								
14	B4D2	8.33	c	11.67	8.00	6.17	6.00	5.33	1.67	1.00	0.67	0.00							
2	B1D2	7.00	b	13.00	9.33	7.50	7.33	6.67	3.00	2.33	2.00	1.33	0.00						
13	B4D1	5.33	a	14.67	11.00	9.17	9.00	8.33	4.67	4.00	3.67	3.00	1.67	0.00					
5	B2D1	0.00	g	20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00				
6	B2D2	0.00	g	20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00	0			
11	B3D3	0.00	g	20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00	0	0.00		
12	B3D4	0.00	g	20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00	0	0.00	0.00	
15	B4D3	0.00	g	20.00	16.33	14.50	14.33	13.67	10.00	9.33	9.00	8.33	7.00	5.33	0.00	0	0.00	0.00	0.00

C. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E3 yang sama

No	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
				17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15	B4D3	17.00	g	0.00															
6	B2D2	14.33	fg	2.67	0.00														
16	B4D4	14.00	fg	3.00	0.33	0.00													
9	B3D1	12.50	ef	4.50	1.83	1.50	0.00												
14	B4D2	11.00	de	6.00	3.33	3.00	1.50	0.00											
12	B3D4	9.33	cd	7.67	5.00	4.67	3.17	1.67	0.00										
7	B2D3	8.00	bc	9.00	6.33	6.00	4.50	3.00	1.33	0.00									
11	B3D3	7.67	b	9.33	6.67	6.33	4.83	3.33	1.67	0.33	0.00								
13	B4D1	6.33	a	10.67	8.00	7.67	6.17	4.67	3.00	1.67	1.33	0.00							
1	B1D1	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00						
2	B1D2	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00					
3	B1D3	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00				
4	B1D4	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00	0			
5	B2D1	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00	0	0.00		
8	B2D4	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
10	B3D2	0.00	h	17.00	14.33	14.00	12.50	11.00	9.33	8.00	7.67	6.33	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

2. Presentase muncul kalus

KODE	KOMBINASI PERLAKUAN			ULANGAN			TOTAL	RATA-RATA
	BAP	2,4-D	Eksplan	1	2	3		
1	BAP 0	2,4-D 0	Kotiledon	33.33			33.33	33.33
			Hipokotil	33.33		33.33	66.67	33.33
			Akar				0.00	0.00
2	BAP 0	2,4-D 2	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar				0.00	0.00
3	BAP 0	2,4-D 4	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar				0.00	0.00
4	BAP 0	2,4-D 6	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar				0.00	0.00
5	BAP 0,5	2,4-D 0	Kotiledon	33.33	33.33		66.67	33.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar				0.00	0.00
6	BAP 0,5	2,4-D 2	Kotiledon	33.33		33.33	66.67	33.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
7	BAP 0,5	2,4-D 4	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
8	BAP 0,5	2,4-D 6	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar				0.00	0.00
9	BAP 1	2,4-D 0	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
10	BAP 1	2,4-D 2	Kotiledon				0.00	0.00
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar				0.00	0.00
11	BAP 1	2,4-D 4	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
12	BAP 1	2,4-D 6	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33

13	BAP 1,5	2,4-D 0	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
14	BAP 1,5	2,4-D 2	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
15	BAP 1,5	2,4-D 4	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil				0.00	0.00
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
16	BAP 1,5	2,4-D 6	Kotiledon	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Hipokotil	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
			Akar	33.33	33.33	33.33	100.00	33.33
TOTAL							3033.333333	
RATA-RATA							22.22	

Analisis Ragam Persentase muncul kalus

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	notasi
B	3	4837.96	1612.65	52.25	2.70	3.99	**
D	3	331.79	110.60	3.58	2.70	3.99	*
E	2	385.80	192.90	6.25	3.09	4.83	**
BD	9	3402.78	378.09	12.25	1.98	2.60	**
BE	6	7824.07	1304.01	42.25	2.19	3.00	**
DE	6	1404.32	234.05	7.58	2.19	3.00	**
BDE	18	16064.81	892.49	28.92	1.71	2.13	**
Error (Galat)	96	2962.96	30.86				
TOTAL	143	37214.51					
FK	702.1604938						

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan Taraf 5%

SD	0,61														
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
SD	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
DUNCAN TABEL	2.81	2.95	3.05	3.12	3.18	3.22	3.26	3.29	3.32	3.34	3.36	3.38	3.40	3.41	3.43
DUNCAN HITUNG	1.71	1.79	1.86	1.90	1.94	1.96	1.99	2.01	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.09

A. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E1 yang sama

NO	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	66.7	66.7	33.33	0	0.00
2	B1D2	100	a	0.00															
3	B1D3	100	a	0.00	0.00														
4	B1D4	100	a	0.00	0.00	0.00													
11	B3D3	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00												
12	B3D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
13	B4D1	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
14	B4D2	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
15	B4D3	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
16	B4D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
6	B2D2	67	b	33.30	33.30	33.30	33.30	33.30	33.30	33.30	33.30	33.30	0.00						
5	B2D1	67	b	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	0.03	0.03					
1	B1D1	33	c	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	66.67	33.37	33.37	0.00				
7	B2D3	0	d	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.70	66.70	33.33	0			
8	B2D4	0	d	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.70	66.70	33.33	0	0.00		
9	B3D1	0	d	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.70	66.70	33.33	0	0.00	0.00	
10	B3D2	0	d	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.70	66.70	33.33	0	0.00	0.00	0.00

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

B. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E2 yang sama

NO	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	66.67	0	0	0
2	B1D2	100	a	0.00															
3	B1D3	100	a	0.00	0.00														
4	B1D4	100	a	0.00	0.00	0.00													
7	B2D3	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00												
8	B2D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
9	B3D1	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
10	B3D2	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
13	B4D1	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
14	B4D2	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
16	B4D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00						
1	B1D1	66.67	b	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	0.00					
5	B2D1	0	c	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	0.00				
6	B2D2	0	c	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	0.00	0			
11	B3D3	0	c	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	0.00	0	0.00		
12	B3D4	0	c	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	0.00	0	0.00	0.00	
15	B4D3	0	c	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	66.67	0.00	0	0.00	0.00	0.00

C. Pengujian Pengaruh Sederhana Faktor BAP (B) dan 2,4-d (D) pada taraf E3 yang sama

NO	Perlakuan	rata-rata	notasi	B1D2	B1D3	B1D4	B3D3	B3D4	B4D1	B4D2	B4D3	B4D4	B2D2	B2D1	B1D1	B2D3	B2D4	B3D1	B3D2
				100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0
6	B2D2	100	a	0.00															
7	B2D3	100	a	0.00	0.00														
9	B3D1	100	a	0.00	0.00	0.00													
11	B3D3	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00												
12	B3D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											
13	B4D1	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00										
14	B4D2	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00									
15	B4D3	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00								
16	B4D4	100	a	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
1	B1D1	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00						
2	B1D2	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00					
3	B1D3	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00				
4	B1D4	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0			
5	B2D1	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00		
8	B2D4	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	
10	B3D2	0	b	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00

3. Kedinian Muncul Tunas (Hari)

Perlakuan	Eksplan	1	2	3	4	5	6	Total	Rata-Rata
B1	Kotiledon	-	-	16	-	-	-	16	5.3
	Hipokotil	-	-	-	-	-	-	0	
	Akar	-	-	-	-	-	-	0	
B2	Kotiledon	-	24	-	-	32	-	56	44.3
	Hipokotil	-	15	-	30	-	-	45	
	Akar	-	-	-	32	-	-	32	
B3	Kotiledon	-	22	8	-	-	6	30	36.0
	Hipokotil	-	15	-	24	33	-	72	
	Akar	-	-	-	6	-	24	6	
Total		0	76	24	92	65	30	257	
Rata-Rata									28.556

Analisis Ragam Persentase muncul tunas

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	notasi
B	2	750.80	375.40	3.69	3.20	5.11	*
E	2	479.34	239.67	2.36	3.20	5.11	ns
BE	4	671.66	167.92	1.65	2.58	3.77	ns
Error (Galat)	45	4578.80	101.75				
TOTAL	53	20373.33					
FK	1223.13						

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan Taraf 5%

SD	4.12		
	2	3	4
SD	4.12	4.12	4.12
DUNCAN TABEL	2.84	2.99	3.09
DUNCAN HITUNG	11.71	12.32	12.71

Pengujian Pengaruh Sederhana Perbedaan 3 Rata-Rata Konsentrasi BAP

No	Perlakuan	rata-rata	B3	B2	B1	notasi
			44.30	36.00	5.30	
3	B3	44.30	0.00			b
2	B2	36.00	8.30	0.00		b
1	B1	5.30	39.00	30.70	0.00	a

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

4. Persentase muncul tunas

Perlakuan	Eksplan	1	2	3	4	5	6	Total	Rata-Rata
B1	Kotiledon	-	-	16.67	-	-	-	16.7	5.6
	Hipokotil	-	-	-	-	-	-	0.0	
	Akar	-	-	-	-	-	-	0.0	
B2	Kotiledon	-	16.67	-	-	16.67	-	33.3	27.8
	Hipokotil	-	16.67	-	16.67	-	-	33.3	
	Akar	-	-	-	16.67	-	-	16.7	
B3	Kotiledon	-	16.67	16.67	-	-	16.67	33.3	33.3
	Hipokotil	-	16.67	-	16.67	16.67	-	50.0	
	Akar	-	-	-	16.67	-	16.67	16.7	
Total		0	66.67	33.33	66.67	33.33	33.33	200	
Rata-Rata									22.222

Analisis Ragam Persentase muncul tunas

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	notasi
B	2	407.41	203.70	3.30	3.20	5.11	*
E	2	259.26	129.63	2.10	3.20	5.11	ns
BE	4	61.73	15.43	0.25	2.58	3.77	ns
Error (Galat)	45	2777.78	61.73				
TOTAL	53	20373.33					
FK	740.74						

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan Taraf 5%

SD	3.21		
	2	3	4
SD	3.21	3.21	3.21
DUNCAN TABEL	2.84	2.99	3.09
DUNCAN HITUNG	9.12	9.59	9.90

Pengujian Pengaruh Sederhana Perbedaan 3 Rata-Rata Konsentrasi BAP

No	Perlakuan	rata-rata	B3	B2	B1	notasi
			33.30	27.80	5.60	
3	B3	33.30	0.00			a
2	B2	27.80	5.50	0.00		a
1	B1	5.60	27.70	22.20	0.00	b

DIGITAL REPOSITORY UNIVERSITAS JEMBER

5. Jumlah tunas

Perlakuan	Eksplan	1	2	3	4	5	6	Total	Rata-Rata
B1	Kotiledon	-	-	1	-	-	-	1	0.33
	Hipokotil	-	-	-	-	-	-	0	
	Akar	-	-	-	-	-	-	0	
B2	Kotiledon	-	1	-	-	1	-	2	1.67
	Hipokotil	-	1	-	1	-	-	2	
	Akar	-	-	-	1	-	-	1	
B3	Kotiledon	-	1	1	-	-	1	2	3.00
	Hipokotil	-	2	-	1	3	-	6	
	Akar	-	-	-	1	-	1	1	
Total		0	5	2	4	4	2	15	
Rata-Rata									1.667

Analisis Ragam Jumlah Tunas

Sumber Keragaman	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F Hitung	F-Tabel 5%	F-Tabel 1%	notasi
B	2	2.59	1.30	2.73	3.20	5.11	
E	2	1.98	0.99	2.09	3.20	5.11	ns
BE	4	0.57	0.14	0.30	2.58	3.77	ns
Error (Galat)	45	21.33	0.47				
TOTAL	53	20373.33					
FK	4.74						

Hasil Uji Jarak Berganda Duncan Taraf 5%

SD	2.84		
	0.25	0.25	0.25
SD	2.84	2.99	3.09
DUNCAN TABEL	0.70	0.74	0.76
DUNCAN HITUNG	0.25	0.25	0.25

Pengujian Pengaruh Sederhana Perbedaan 3 Rata-Rata Konsentrasi BAP

No	Perlakuan	rata-rata	B3	B2	B1	notasi
			3.00	1.67	0.33	
3	B3	3.00	0.00			a
2	B2	1.67	1.33	0.00		b
1	B1	0.33	2.67	1.34	0.00	c