

INDUKSI KALUS KRISAN (*Chrysanthemum morifolium*) DENGAN PENAMBAHAN BERBAGAI KOMBINASI PIKLORAM DAN BAP

CALLUS INDUCTION OF CRHYSANTHEMUM (*Chrysanthemum morifolium*) BY ADDITION OF VARIOUS COMBINATIONS OF PICLORAM AND BAP

Sabrina Nur Farikha¹, Noor Aini Habibah^{1*}

¹ Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang

* Corresponding Author. E-mail address: nooraini@mail.unnes.ac.id

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 9-7-2025
Direvisi: 22-7-2025
Disetujui: 23-7-2025

KEYWORDS:

BAP, callus, *chrysanthemum*, picloram

ABSTRACT

Chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium*) contains secondary metabolites that are used as anticancer, anti-inflammatory, antioxidant, and antibiotic agents. *In vitro* techniques or tissue culture are considered capable of producing metabolites through callus culture with the addition of growth regulators (GRs). The objective of this study was to analyze the effect of the type and concentration of Picloram and BAP on the formation of *chrysanthemum* callus. This study used a Completely Randomized Design (CRD) with two factors: treatment, consisting of the type of PGR (Picloram and BAP), and concentration, consisting of four treatment levels: 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, and 3 ppm. Quantitative data, including growth time, percentage, fresh weight and dry weight of callus, were analyzed using IBM SPSS Statistic 27, while qualitative data, including color and texture morphology of callus, were analyzed descriptively. The result show that Picloram has a significant effect on all observed parameters. The addition of BAP only affect the fresh weight of the callus, while the combination of Picloram and BAP affect both the fresh and dry weight of the callus. A Picloram concentration of 3 ppm was the most optimal treatment for all parameters, and the combination of 3 ppm Picloram + 3 ppm BAP produced the highest fresh and dry weights of the callus. The callus formed was predominantly yellowish-green in color with a crumbly texture. These findings indicate that the combination of 3 ppm Picloram + 3 ppm BAP is effective in increasing the efficiency of callus induction in *C. morifolium*.

ABSTRAK

Krisan (*Chrysanthemum morifolium*) memiliki senyawa metabolit sekunder yang dimanfaatkan sebagai antikanker, antiinflamasi, antioksidan serta antibiotik. Teknik *in vitro* atau kultur jaringan dinilai dapat memproduksi senyawa metabolit melalui kultur kalus dengan penambahan zat pengatur tumbuh (ZPT). Tujuan penelitian ini yaitu untuk menganalisis pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram serta BAP terhadap pembentukan kalus krisan secara *in vitro*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dua faktor yaitu perlakuan yang terdiri atas jenis ZPT (Pikloram dan BAP), serta konsentrasi yang terdiri atas empat taraf perlakuan yaitu 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm. Data kuantitatif meliputi waktu tumbuh, persentase, berat basah dan berat kering kalus dianalisis menggunakan IBM SPSS Statistic 27, sedangkan data kualitatif meliputi morfologi warna dan tekstur kalus yang dianalisis secara deskriptif. Hasil menunjukkan bahwa Pikloram berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diamati. Penambahan BAP hanya berpengaruh terhadap berat basah kalus, sedangkan kombinasi Pikloram dan BAP berpengaruh terhadap berat basah dan berat kering kalus. Konsentrasi Pikloram 3 ppm merupakan perlakuan paling optimal untuk semua parameter, dan kombinasi Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm menghasilkan berat basah dan berat kering kalus tertinggi. Kalus yang terbentuk dominan berwarna hijau kekuningan dengan tekstur remah. Temuan ini menunjukkan bahwa kombinasi Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm tepat dalam meningkatkan efisiensi induksi kalus pada *C. morifolium*.

KATA KUNCI:

BAP, kalus, krisan, pikloram

1. PENDAHULUAN

Krisan atau *Chrysanthemum morifolium* merupakan salah satu jenis tanaman hias perdu, atau sering dikenal dengan tanaman seruni. Daya tarik krisan tidak hanya berasal dari warna dan bentuknya yang indah serta manfaat tambahannya, seperti adanya senyawa bioaktif. Senyawa metabolit sekunder krisan memiliki manfaat sebagai tanaman obat dan bioinsektisida. Krisan memiliki senyawa metabolit sekunder kadar flavonoid seperti *quercitrin* yang banyak ditemukan dengan konsentrasi paling tinggi, kandungan tersebut dimanfaatkan sebagai antikanker, antiinflamasi, antioksidan serta antibiotik (Setiawati et al., 2020; Smith et al., 2016). Disamping itu, krisan yang berperan sebagai bioinsektisida ini akan mendenaturasi sel protein serangga seperti nyamuk, lalat, kutu dan lalat buah dengan memanfaatkan senyawa flavonoid tersebut. Pada bunga krisan, terkandung senyawa metabolit sekunder dominan yaitu *piretrolon* yang memiliki sifat seperti racun, namun mudah terurai oleh kelembaban udara dan cahaya matahari, sehingga senyawa tersebut dapat menjadi pestisida yang ramah lingkungan (Marlina & Widiastuti, 2021). Krisan sebagai antioksidan dimanfaatkan untuk masker wajah *peel off*. Krisan memiliki aktivitas antioksidan terbaik yaitu 139,19 ppm pada suhu 50°, hal ini dapat dinilai dapat mencegah kerusakan kulit yang disebabkan karena radikal bebas (Ginaris, 2023).

Kultur jaringan merupakan salah satu metode untuk memperbanyak jumlah tanaman. Prinsip utama kultur jaringan yaitu perbanyak tanaman dengan bagian vegetatif tanaman yang ditanam di dalam media buatan pada kondisi steril. Kultur jaringan dapat mempergunakan semua bagian tumbuhan, atau sering dikenal dengan eksplan hidup (Putri et al., 2021). Teknik *in vitro* selain digunakan untuk perbanyak tanaman, juga digunakan sebagai pengembangan produksi metabolit sekunder, perbaikan sifat tanaman dan pelestarian plasma nutfah melalui kultur kalus.

Kalus adalah jaringan yang belum mengalami diferensiasi dan pembentukan bentuk saat sel tanaman mengalami pembelahan secara tidak teratur. Induksi kalus dapat terbentuk pada bekas perlukaan pembukaan eksplan, hal ini disebabkan oleh sebagian sel pada permukaan perlukaan mengalami proliferasi (Bano et al., 2022). Induksi kalus dimulai dengan pembengkokan sayatan dan permukaan luka. Pertumbuhan ini adalah bentuk interaksi antara media yang mengendalikan pertumbuhan, didefinisikan dan dikembangkan, serta lingkungan yang memungkinkan untuk tumbuh dan berkembang. Kalus dapat lebih mudah untuk tumbuh apabila jaringan meristematik merupakan jaringan yang masih muda. Kalus menjadi sumber tanaman baru, hal ini dikarenakan setiap sel kalus dapat beregenerasi membentuk tanaman yang baru. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan kalus antara lain tanaman atau eksplan yang digunakan, asal tanaman dan media tanam (Humaira et al., 2019). Selain itu, faktor eksternal yang mendukung pertumbuhan kalus adalah zat pengatur tumbuh (Wahyuni et al., 2020; Anggraeni et al., 2022). Zat pengatur tumbuh merupakan senyawa organik bukan hara yang mampu mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman pada konsentrasi rendah.

Zat pengatur tumbuh (ZPT) merupakan bahan yang penting dalam prosedur kultur jaringan. Zat pengatur tumbuh terdiri atas lima jenis yaitu auksin, sitokinin, giberelin, asam absisat dan etilen. Jenis zat pengatur tumbuh yang banyak digunakan dalam kultur jaringan yaitu auksin dan sitokinin. Zat pengatur tumbuh golongan auksin antara lain IBA, IAA, NAA dan 2,4-D. Sedangkan, golongan sitokinin antara lain Kinetin, Zeatin dan BA (Budi, 2020). Penambahan auksin dan sitokinin menghasilkan struktur morfologi dan tekstur kalus yang berbeda setelah masa inkubasi. Pemberian ZPT dengan konsentrasi optimal dapat menumbuhkan kalus pada eksplan. Konsentrasi yang terlalu rendah tidak akan optimal dalam

menumbuhkan kalus, sebaliknya jika konsentrasi terlalu tinggi maka akan menghambat pertumbuhan kalus pada eksplan (Gundala, *et al.*, 2018). Pemanfaatan kombinasi zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin terbukti berhasil dilakukan dalam kultur jaringan pada beberapa spesies tanaman termasuk krisan (Apriliani *et al.*, 2023).

Pikloram yang digunakan pada eksplan *Gerbera jamesonii* mampu menginduksi pembentukan kalus pada konsentrasi 1 mg/L, kalus yang berhasil terbentuk paling awal pada 8 HST dan memiliki ukuran kalus terbesar dengan proliferasi yang tinggi. Kalus organogenik yang diinduksi memiliki diameter $43,0 \pm 2,1$ mm dengan berat basah $651,7 \pm 6,9$ mg dan berat kering $66,7 \pm 2,3$ mg (Gantait *et al.*, 2021). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Hariyati, *et al.* (2016) yang menggunakan BAP sebagai zat pengatur tumbuh pada eksplan *Chrysanthemum morifolium* mampu menginduksi kalus pada konsentrasi 1 mg/L dan 1,5 mg/L yang dikombinasikan dengan 2 mg/L 2,4-D yang menunjukkan waktu muncul kalus paling cepat dan berkualitas baik, kalus bertekstur kompak dan berwarna hijau. Sedangkan pada penelitian Setiawati *et al.* (2019) kombinasi antara 1 ppm BAP dan 1 ppm NAA mampu menginduksi kalus krisan dengan waktu muncul kalus pertama ± 20 hingga 25 HST. Kalus yang diperoleh memiliki ukuran kalus, berat basah dan berat kering tertinggi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh antara Pikloram dan BAP yang tepat dan efektif untuk menginduksi kalus krisan.

2. BAHAN DAN METODE

Pengambilan data pada Februari hingga Juni 2025 di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Laminar Air Flow*, autoklaf, botol kultur, scalpel, pinset, bunsen, cawan petri, gelas ukur, mikropipet, mata pisau steril, kertas pH, *plastic wrap*, tisu gulung, alumunium foil, dan label nama. Bahan yang digunakan antara lain eksplan steril *Chrysanthemum morifolium*, media Murashige dan Skoog (MS), Pikloram dan BAP, agar, gula, myoinositol, aquades steril dan NaOH.

Prosedur penelitian terdiri atas beberapa tahapan yaitu persiapan, perlakuan dan pengamatan. Tahap persiapan dilakukan sterilisasi alat, serta pembuatan media. Sterilisasi alat dilakukan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 30 menit. Sedangkan pembuatan media dilakukan dengan komposisi media Murashige and Skoog (MS) yang mengandung unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro dalam media MS meliputi *Ammonium Nitrate* (1650 mg/L), *Potassium Nitrate* (1900 mg/L), *Calcium Chloride Anhydrous* (332 mg/L), *Magnesium Sulfate Anhydrous* (180,7 mg/L), dan *Potassium Phosphate* (170 mg/L). Unsur hara mikro terdiri atas *Boric Acid* (6,2 mg/L), *Manganese Sulfate*•H₂O (16,9 mg/L), *Zinc Sulfate*•7H₂O (8,6 mg/L), *Sodium Molybdate*•2H₂O (0,25 mg/L), *Copper Sulfate*•5H₂O (0,025 mg/L), *Cobalt Chloride*•6H₂O (0,025 mg/L), *Ferrous Sulfate*•7H₂O (27,8 mg/L), dan Na₂EDTA•2H₂O (37,26 mg/L) sebagai agen pengkelat. Komponen vitamin dan senyawa tambahan yang digunakan yaitu *Glycine* (2 mg/L), *myo-Inositol* (100 mg/L), *Nicotinic Acid* (0,5 mg/L), *Pyridoxine*•HCl (0,5 mg/L), *Thiamine*•HCl (0,1 mg/L), serta *Potassium Iodide* (0,83 mg/L). Selain itu, media ditambahkan gula sebagai sumber karbon dan zat pematat berupa agar, pH media diatur pada kisaran 5,8-6,0. Media lalu dimasukkan ke dalam botol kultur sebanyak 25 ml dengan penambahan ZPT Pikloram dan BAP sebanyak perlakuan yang ditentukan. Media disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 20 menit. Disamping itu, eksplan yang digunakan berasal dari eksplan steril yang dipelihara pada medium Pikloram 2,5 ppm dengan BAP 2 ppm dari Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan Universitas Negeri Semarang dipilah dengan kondisi yang steril dan bebas kontaminasi.

Pada tahap perlakuan meliputi inisiasi eksplan. Pada tahap ini dilakukan penanaman eksplan krisan pada bagian pucuk tanaman, yaitu bagian internodus antara daun ketiga hingga kelima. Internodus tersebut dipotong menjadi bagian-bagian kecil berukuran 1 cm. Bagian tersebut lalu ditanam dalam media MS sesuai dengan perlakuan. Masing-masing botol kultur diisi dengan dua eksplan.

Tahap pengamatan meliputi pengamatan yang dilakukan setiap hari terhadap hari pertama muncul kalus, persentase berkalus, berat basah dan berat kering kalus, tekstur serta warna kalus dengan lama masa inkubasi 25 hari setelah tanam (HST). Berat kering kalus dapat diperoleh melalui proses pengeringan menggunakan oven dengan suhu 50°C hingga mencapai berat yang konstan.

Penelitian ini termasuk dalam jenis penelitian eksperimental dengan rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua faktor. Faktor pertama yaitu jenis zat pengatur tumbuh yaitu Pikloram dan BAP. Faktor kedua yaitu konsentrasi Pikloram dan BAP yang terdiri atas empat taraf perlakuan yaitu 0 ppm, 1 ppm, 2 ppm, dan 3 ppm. Setiap kombinasi perlakuan dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali, antara lain : (a) Pikloram 0 ppm + BAP 0 ppm, (b) Pikloram 0 ppm + BAP 1 ppm, (c) Pikloram 0 ppm + BAP 2 ppm, (d) Pikloram 0 ppm + BAP 3 ppm, (e) Pikloram 1 ppm + BAP 0 ppm, (f) Pikloram 1 ppm + BAP 1 ppm, (g) Pikloram 1 ppm + BAP 2 ppm, (h) Pikloram 1 ppm + BAP 3 ppm, (i) Pikloram 2 ppm + BAP 0 ppm, (j) Pikloram 2 ppm + BAP 1 ppm, (k) Pikloram 2 ppm + BAP 2 ppm, (l) Pikloram 2 ppm + BAP 3 ppm, (m) Pikloram 3 ppm + BAP 0 ppm, (n) Pikloram 3 ppm + BAP 1 ppm, (o) Pikloram 3 ppm + BAP 2 ppm, (p) Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm.

Data kuantitatif waktu berkalus, persentase berkalus, berat basah dan berat kering kalus yang dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh dari tiap perlakuan. Data hasil ANOVA didapatkan memiliki pengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan *Duncan's New Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5% ($\alpha = 0,05$). Jika data yang dianalisis uji normalitas dan uji homogenitas tidak berdistribusi normal dan tidak homogen, maka data dianalisis menggunakan uji non-parametrik *Kruskal-Wallis* untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh pada tiap perlakuan. Jika nilai signifikansi $< 0,05$, maka dilanjutkan uji *Dunn* untuk mendapatkan perlakuan yang berbeda nyata. Data dianalisis menggunakan aplikasi IBM SPSS *Statistics* 27. Data kualitatif seperti tekstur dan warna kalus dilakukan secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan terhadap pertumbuhan kalus dengan berbagai kombinasi zat pengatur tumbuh sebagai berikut waktu berkalus, persentase berkalus, berat basah dan berat kering kalus, warna serta tekstur kalus.

3.1 Waktu Tumbuh Kalus

Waktu muncul kalus diamati setiap hari untuk mengetahui kapan mulai terbentuknya kalus yang dinyatakan sebagai hari setelah tanam (HST). Munculnya kalus ditandai dengan adanya pembengkakan pada eksplan, selanjutnya pada eksplan ada muncul gumpalan kecil berwarna putih dan seiring bertambahnya masa inkubasi gumpalan tersebut akan menyebar ke seluruh eksplan. Hasil analisis ragam ANOVA dilakukan untuk mengetahui nilai signifikansi dari masing-masing perlakuan dengan taraf 5%, dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil uji *Two Way* ANOVA menunjukkan bahwa penambahan Pikloram memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu muncul kalus krisan dengan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Selanjutnya,

perlakuan yang menunjukkan pengaruh signifikan dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan nilai signifikansi 5% yang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Ringkasan hasil uji *Two Way ANOVA* terhadap parameter waktu muncul kalus krisan.

Sumber Keseragaman	F	Asymp. Sig.
Pikloram	22,717	0,001*
BAP	2,514	0,071
Pikloram*BAP	0,838	0,586

Keterangan : (*) menunjukkan nilai signifikansi < 0,05.

Tabel 2. Pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap waktu muncul kalus

Pikloram (ppm)	Waktu Berkalus
Konsentrasi	
0 ppm	15,93 ± 3,43 ^c
1 ppm	11,08 ± 2,81 ^b
2 ppm	9,73 ± 2,68 ^{ab}
3 ppm	8,73 ± 1,16 ^a
Total	11,38 ± 3,83

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Konsentrasi ZPT (ppm)		Waktu Berkalus
Pikloram	BAP	
0	0	17,75 ± 2,36 ^{ns}
	1	17,50 ± 2,38 ^{ns}
	2	15,33 ± 3,05 ^{ns}
	3	13,00 ± 4,24 ^{ns}
1	0	13,25 ± 2,63 ^{ns}
	1	11,00 ± 2,64 ^{ns}
	2	9,00 ± 1,00 ^{ns}
	3	10,33 ± 3,51 ^{ns}
2	0	10,75 ± 3,86 ^{ns}
	1	10,33 ± 3,51 ^{ns}
	2	8,75 ± 2,06 ^{ns}
	3	9,25 ± 1,70 ^{ns}
3	0	8,33 ± 1,15 ^{ns}
	1	8,75 ± 1,25 ^{ns}
	2	9,25 ± 0,05 ^{ns}
	3	8,50 ± 1,73 ^{ns}
Total		11,38 ± 3,83

Keterangan : Notasi *not significant* (ns) menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan.

Berdasarkan hasil uji DMRT menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada penambahan Pikloram 0 ppm terhadap perlakuan yang lain dengan waktu muncul kalus yaitu 15,93 ± 3,43 HST, akan tetapi penambahan Pikloram 3 ppm mampu menghasilkan waktu muncul kalus tercepat yaitu 8,73 ± 1,16 HST. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan ZPT Pikloram memiliki pengaruh yang signifikan terhadap waktu muncul kalus krisan.

Pikloram berperan dalam proses dediferensiasi sel, yaitu perubahan sel dewasa menjadi sel yang bersifat meristematik untuk membentuk kalus. Pada konsentrasi Pikloram 3 ppm, Pikloram memberikan sinyal hormonal yang cukup kuat untuk merangsang pembelahan sel secara aktif pada jaringan eksplan. Pikloram diketahui bekerja dengan menstimulasi ekspresi gen terkait siklus sel dan meningkatkan aktivitas enzim yang berperan dalam pelunakan dinding sel, sehingga mempercepat perubahan sifat jaringan dari fase diferensiasi menuju kondisi totipotensi yang mendukung pembentukan kalus (Sudrajad & Wijaya, 2019).

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Na'ilil *et al.*, (2024) yang menunjukkan penambahan Pikloram 1 ppm, 2 ppm dan 3 ppm mampu menghasilkan rata-rata pembentukan kalus tercepat pada eksplan binahong, yaitu selama 6 HST.

3.2 Persentase Berkalus

Pertumbuhan kalus dapat dikatakan berhasil apabila memiliki nilai persentase terbentuknya kalus yang tinggi. Pengamatan parameter persentase terbentuknya kalus dilakukan pada 25 hari setelah tanam (HST). Persentase eksplan berkalus dihitung dengan cara membagi jumlah eksplan yang berhasil membentuk kalus dengan jumlah eksplan yang ditanam pada media dan dikali 100%.

Tabel 3. Ringkasan analisis data persentase eksplan krisan menggunakan *Kruskall-Wallis*

Sumber Keseragaman	Kruskall-Wallis	df	Asymp. Sig.
Pikloram	14,997	3	0,002*
BAP	2,245	3	0,523
Pikloram*BAP	5,893	3	0,117

Keterangan : (*) menunjukkan nilai signifikansi < 0,05.

Pada uji *Kruskall-Wallis* menunjukkan bahwa perlakuan Pikloram terhadap parameter persentase berkalus menunjukkan hasil yang berbeda signifikan (< 0,05), sedangkan perlakuan BAP dan kombinasi Pikloram dengan BAP tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan (> 0,05). Hasil uji lanjut *Dunn* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap persentase berkalus

Pikloram (ppm)	Persentase Berkalus
Konsentrasi	
0	65,63 ± 30,10 ^a
1	81,25 ± 40,31 ^{ab}
2	93,75 ± 25,00 ^b
3	93,75 ± 25,00 ^b
Total	83,59 ± 32,18

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Konsentrasi ZPT (ppm)		Persentase Berkalus
Pikloram	BAP	
0	0	87,50 ± 25,00 ^{ns}
	1	62,50 ± 25,00 ^{ns}
	2	37,50 ± 25,00 ^{ns}
	3	75,00 ± 28,86 ^{ns}
1	0	100,00 ± 0,00 ^{ns}
	1	75,00 ± 50,00 ^{ns}
	2	75,00 ± 50,00 ^{ns}
	3	75,00 ± 50,00 ^{ns}
2	0	100,00 ± 0,00 ^{ns}
	1	75,00 ± 50,00 ^{ns}
	2	100,00 ± 0,00 ^{ns}
	3	100,00 ± 0,00 ^{ns}
3	0	75,00 ± 50,00 ^{ns}
	1	100,00 ± 0,00 ^{ns}
	2	100,00 ± 0,00 ^{ns}
	3	100,00 ± 0,00 ^{ns}
Total		83,59 ± 32,18

Keterangan : Notasi *not significant* (ns) menunjukkan tidak ada pengaruh yang signifikan.

Berdasarkan uji *Dunn* menunjukkan bahwa penambahan Pikloram tidak berpengaruh nyata terhadap persentase berkalus, namun perlakuan dengan konsentrasi Pikloram 2 dan 3 ppm menunjukkan nilai rata-rata berkalus tertinggi yaitu $93,75 \pm 25,00$ ppp%. Kalus dikatakan dapat terbentuk ditandai dengan adanya gumpalan sel berwarna putih berukuran 1 mm pada permukaan eksplan yang telah diberi sayatan atau perlukaan dan dapat menyebar ke seluruh bagian eksplan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penambahan Pikloram dengan konsentrasi yang tinggi yaitu 2 dan 3 ppm mampu menginduksi kalus dengan persentase tertinggi.

Jenis dan konsentrasi auksin yang diberikan mampu menunjukkan adanya respon dan aktivitas pada kultur *in vitro*, yaitu dengan tingkat persentase berkalus (Erlangga *et al.*, 2025). Secara fisiologis, pikloram berfungsi meniru auksin alami dalam mengendalikan keseimbangan hormon dan jalur transduksi sinyal pada sel tanaman. Pikloram memiliki kemampuan untuk meningkatkan ekspresi gen yang terlibat dalam siklus pembelahan sel, seperti gen *cyclin-dependent kinases* (CDK) dan gen *cyclins*, yang penting dalam mengontrol perubahan antar fase dalam siklus sel. Peningkatan ekspresi gen-gen ini mendorong sel eksplan secara aktif ke dalam fase pembelahan, sehingga menyebabkan proliferasi sel dengan jumlah yang signifikan dalam membentuk kalus (Perianez *et al.*, 2014). Apabila konsentrasi pikloram yang terlalu rendah yaitu pada Pikloram 0 ppm tidak menunjukkan hasil persentase berkalus yang signifikan pada tanaman, sebaliknya apabila penambahan konsentrasi terlalu tinggi maka akan berpengaruh pada kemampuan zat pengatur tumbuh dalam untuk menginduksi kalus (Gundala *et al.*, 2018). Konsentrasi pikloram yang tinggi atau optimal mendorong pembelahan sel serta perkembangan kalus yang bersifat embrionik atau mampu beregenerasi lebih lanjut, tergantung pada spesies tanaman dan kondisi kultur.

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Surya *et al.*, 2018) pada kalus eksplan kakao (*Theobroma cacao* L.) yang terbentuk mencapai 100% pada perlakuan Pikloram 1 mg/l hingga 2 mg/l dengan 0,1 mg/l BAP.

3.3 Berat Basah

Berat basah kalus diamati pada akhir masa inkubasi untuk mengetahui jumlah biomassa kalus yang terbentuk pada masing-masing perlakuan. Pengukuran berat basah dilakukan dengan cara menimbang kalus yang telah dipisahkan dari medium menggunakan timbangan analitik, untuk memperoleh berat aktual jaringan kalus dalam kondisi segar. Hasil analisis ragam ANOVA dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan antar perlakuan pada taraf 5%, sebagaimana pada Tabel 5.

Tabel 5. Ringkasan hasil uji *Two Way* ANOVA terhadap berat basah kalus krisan.

Sumber Keseragaman	F	Asymp. Sig.
Pikloram	46,530	0,001*
BAP	7,388	0,001*
Pikloram*BAP	4,244	0,001*

Keterangan : (*) menunjukkan nilai signifikansi < 0,05.

Berdasarkan hasil analisis *Two Way* ANOVA menunjukkan bahwa penambahan jenis zat pengatur tumbuh Pikloram, BAP dan kombinasi Pikloram dengan BAP memiliki pengaruh yang signifikan terhadap berat basah kalus krisan. Ketiga perlakuan menghasilkan nilai signifikansi $0,001 < 0,05$. Perlakuan yang menunjukkan pengaruh signifikan, selanjutnya

dilakukan uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan nilai signifikansi 5%, dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap berat basah kalus

Pikloram (ppm) Konsentrasi	Berat Basah (mg)
0 ppm	49,96 ± 22,82 ^a
1 ppm	83,50 ± 35,74 ^b
2 ppm	106,42 ± 31,92 ^b
3 ppm	159,11 ± 45,50 ^c
Total	100,31 ± 52,98

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

BAP (ppm) Konsentrasi	Berat Basah (mg)
0 ppm	70,65 ± 38,76 ^a
1 ppm	99,87 ± 34,34 ^{ab}
2 ppm	114,63 ± 63,73 ^b
3 ppm	116,88 ± 60,10 ^b
Total	100,31 ± 52,98

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Konsentrasi ZPT (ppm)		Berat Basah (mg)
Pikloram	BAP	
0	0	39,67 ± 20,22 ^e
	1	54,52 ± 15,33 ^e
	2	34,26 ± 19,16 ^e
	3	67,45 ± 26,81 ^{de}
1	0	63,82 ± 35,70 ^{de}
	1	130,00 ± 23,42 ^b
	2	73,36 ± 14,42 ^{cde}
2	3	73,36 ± 25,92 ^{cde}
	0	75,35 ± 18,35 ^{cde}
	1	100,16 ± 8,15 ^{cde}
3	2	130,85 ± 27,06 ^b
	3	117,77 ± 36,71 ^b
	0	114,80 ± 50,09 ^{bc}
	1	122,40 ± 11,87 ^b
	2	190,10 ± 19,53 ^a
	3	198,07 ± 20,05 ^a
Total		100,31 ± 52,98

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Hasil uji DMRT 5% menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi Pikloram berpengaruh terhadap berat basah kalus. Berat basah kalus meningkat seiring peningkatan konsentrasi dari 0 hingga 3 ppm, dengan hasil tertinggi pada Pikloram 3 ppm sebesar 159,11 ± 45,50 mg yang berbeda nyata dari seluruh perlakuan. Sementara itu, penambahan BAP tidak menunjukkan adanya beda nyata pada berat basah kalus, namun juga mampu meningkatkan berat basah kalus. Konsentrasi BAP 2 dan 3 ppm menghasilkan berat kalus tertinggi sebesar 114,63 ± 63,73 mg dan 116,88 ± 60,10 mg.

Kombinasi Pikloram dan BAP tidak menunjukkan perbedaan yang nyata namun memberikan hasil yang lebih optimal. Perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm dengan berat basah kalus tertinggi yaitu 198,07 ± 20,05 mg, sebaliknya kombinasi tanpa Pikloram menghasilkan kalus paling rendah. Secara keseluruhan, Pikloram

berperan dominan dalam pembentukan kalus, sementara BAP berperan mendukung. Kombinasi keduanya terutama pada konsentrasi yang tinggi dan/atau seimbang memberikan efek sinergis yang signifikan terhadap penambahan berat basah kalus.

Secara fisiologis berat basah terdiri dari dua kandungan yaitu karbohidrat dan air. Auksin adalah zat pengatur tumbuh tanaman yang dapat meningkatkan perkembangan sel. Auksin banyak digunakan untuk pertumbuhan yang secara khusus mendorong pemanjangan sel, namun auksin dapat menyebabkan reaksi pertumbuhan eksplan mengalami sedikit berbeda. Penggunaan auksin dalam kultur jaringan berfungsi untuk mendorong pembentukan kalus, perkembangan sel dan organ (Wibowo *et al.*, 2023).

Kemampuan sel-sel dalam menyerap auksin (Pikloram) dan sitokinin (BAP) baik endogen maupun eksogen mampu mendukung pertumbuhan dan perbanyakan sel kalus sehingga dapat terus memperbesar ukuran dan bobot segar kalus. Semakin berat bobot kalus maka semakin banyak pula sel-sel kalus menyerap air (Ruswaningsih, 2007). Dengan demikian, penambahan auksin dengan konsentrasi yang sesuai mampu mempengaruhi pertumbuhan kalus. Penelitian Azmi *et al.*, (2024) menunjukkan penambahan kombinasi Pikloram 1 – 2 ppm dengan BAP 2 ppm mampu menghasilkan berat segar kalus pada tanaman jinten hitam (*Nigella sativa* L.) tertinggi dengan rata-rata 0,05 g.

3.4 Berat Kering

Berat kering kalus dapat diperoleh dengan cara pengeringan kalus menggunakan oven pada suhu 50°C hingga mencapai berat kalus yang konstan. Data berat kering kalus krisan menunjukkan bahwa data tidak normal dan tidak homogen, oleh sebab itu dilakukan uji *Kruskall-Wallis* untuk menentukan jenis zat pengatur tumbuh yang memiliki perbedaan yang signifikan.

Tabel 7. Ringkasan analisis data persentase eksplan krisan menggunakan *Kruskall-Wallis*

Sumber Keseragaman	Kruskall-Wallis	df	Asymp. Sig.
Pikloram	27,439	3	0,001*
BAP	3,560	3	0,313
Pikloram*BAP	36,827	15	0,001*

Keterangan : (*) menunjukkan nilai signifikansi < 0,05.

Pada uji *Kruskall-Wallis* menunjukkan bahwa perlakuan Pikloram dan kombinasi Pikloram dengan BAP terhadap parameter berat kering kalus memberikan pengaruh yang berbeda signifikan ($p < 0,05$). Sebaliknya, perlakuan BAP tunggal tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap berat kering kalus ($p > 0,05$). Hasil uji *Kruskall-Wallis* dengan hasil yang signifikan, kemudian lanjut diuji dengan *Dunn* yang disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap berat kering kalus krisan

Pikloram (ppm) Konsentrasi	Rerata Berat Kering (mg)
0 ppm	16,07 ± 33,88 ^a
1 ppm	14,73 ± 3,65 ^a
2 ppm	14,06 ± 3,23 ^a
3 ppm	20,00 ± 5,28 ^a
Total	16,25 ± 17,31

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Konsentrasi ZPT (ppm)		Berat Kering (mg)
Pikloram	BAP	
0	0	8,25 ± 42,29 ^a
	1	9,65 ± 2,20 ^a
	2	6,33 ± 2,48 ^a
	3	37,37 ± 67,03 ^a
1	0	13,50 ± 2,87 ^a
	1	19,53 ± 2,40 ^a
	2	13,86 ± 3,23 ^a
	3	12,43 ± 2,20 ^a
2	0	11,02 ± 1,54 ^a
	1	13,70 ± 2,27 ^a
	2	17,10 ± 2,71 ^a
	3	14,32 ± 3,27 ^a
3	0	16,60 ± 5,26 ^a
	1	20,02 ± 8,78 ^a
	2	20,00 ± 3,06 ^a
	3	22,55 ± 2,26 ^a
Total		16,25 ± 17,31

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata.

Berdasarkan hasil uji *Dunn* terhadap perlakuan konsentrasi Pikloram tunggal tidak ditemukan perbedaan yang signifikan terhadap berat kering kalus. Akan tetapi, secara numerik konsentrasi Pikloram 3 ppm menunjukkan rerata berat kering tertinggi sebesar 20,00 ± 5,28 mg. Pada kombinasi Pikloram dan BAP menunjukkan tidak adanya pengaruh nyata terhadap berat kering kalus. Kombinasi Pikloram 0 ppm + BAP 3 ppm menghasilkan berat kering kalus tertinggi yaitu 37,37 ± 67,03 mg dan Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm sebesar 22,55 ± 2,26 mg. Dengan demikian, baik perlakuan Pikloram tunggal maupun kombinasi dengan BAP tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap berat kering kalus berdasarkan uji *Dunn*, meskipun terdapat kecenderungan peningkatan pada konsentrasi tertentu.

Berat kering mengacu pada berat tanaman yang hanya terdiri atas biomassa atau produk senyawa metabolik setelah uap air dihilangkan melalui proses pengeringan. Berat kering berfungsi sebagai indikator yang lebih tepat untuk menilai produksi metabolit sekunder, karena tidak dipengaruhi oleh kandungan air. Dengan demikian, berat kering kalus dapat digunakan untuk mengevaluasi konsentrasi senyawa metabolit sekunder di dalam jaringan kalus (Julianti *et al.*, 2021). Berat kering kalus yang terbentuk merupakan akumulasi dari bahan organik dan mineral yang memiliki peran penting untuk pertumbuhan kalus. Ketersediaan auksin dan sitokinin dalam media serta adanya penambahan energi yang berasal dari gula dapat mendorong proses metabolisme dan pertumbuhan dalam sel (Shofiyani *et al.*, 2017). Komposisi dan konsentrasi hormon pada setiap perlakuan mungkin telah mencapai batas ideal untuk meningkatkan produksi berat kering kalus, sehingga kalus yang dihasilkan memiliki kualitas biomassa yang konsisten.

3.5 Tekstur

Morfologi kalus meliputi tekstur yang diamati secara visual pada umur 25 HST (Gambar 1). Hasil pengamatan morfologi kalus menunjukkan bahwa semua tekstur kalus yang dihasilkan bersifat remah.



Gambar 1. Morfologi tekstur remah pada kalus krisan. Keterangan : Skala garis atau *scale bar* (-) = 1 cm.

Kalus remah apabila dilihat secara visual memiliki tekstur lunak dan memiliki banyak ruang antar selnya. Kalus dengan tekstur remah mengalami pertumbuhan sel dengan ukuran sel kecil dan interaksi sel yang renggang. Disamping itu, pengaruh adanya penambahan auksin juga dapat mempengaruhi pertumbuhan kalus remah. Menurut Sari *et al.*, (2018) hormon auksin mampu merangsang pemanjangan sel melalui peningkatan plastisitas pada dinding sel sehingga menjadi renggang atau longgar, sehingga air dapat lebih mudah masuk mengalir ke bagian dalam sel melalui proses osmosis. Dengan demikian, kalus dengan tekstur remah banyak mengandung air karena sel yang belum mencapai lignifikasi serta kumpulan sel yang masih mudah untuk dipisahkan. Kalus bertekstur remah dapat juga terbentuk oleh adanya hormon auksin endogen yang terus tumbuh membentuk kalus. Tekstur kalus yang remah dapat digunakan untuk upaya perbanyakkan dan penambahan berat pada kalus. Kalus kompak dipercaya mampu memproduksi lebih banyak senyawa metabolit sekunder dibandingkan dengan kalus bertekstur remah (Arieswari *et al.*, 2018). Akan tetapi, kalus dengan tekstur remah dapat memproduksi senyawa metabolit sekunder awal yang tinggi. Penelitian Ariani *et al.*, (2016) menunjukkan kalus yang bertekstur remah pada media BAP 2 ppm dan 2,4-D 2 ppm pada induksi kalus eksplan koro benguk (*Mucuna pruriens*).

3.6 Warna Kalus

Hasil pengamatan warna kalus eksplan *Chrysanthemum morifolium* ditetapkan menggunakan *Munsell Color Chart* yang dapat dilihat pada Tabel 9. Hasil pengamatan warna kalus *Chrysanthemum morifolium* yang dikultur pada media yang mengandung konsentrasi pikloram dan BAP berwarna hijau kekuningan. Warna kalus yang dihasilkan dominan hijau kekuningan hingga putih seperti pada perlakuan Pikloram 2 ppm + BAP 3 ppm dan Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm. Menurut Sekar *et al.*, (2023) kalus berwarna putih terjadi karena kandungan plastid dan belum terbentuk pigmen klorofil. Pikloram merupakan auksin yang diproduksi untuk menginduksi pembelahan dan dediferensiasi sel yang kuat sekaligus menekan ekspresi gen penghasil kloroplas, sehingga menghasilkan kalus kuning pucat dan produksi pigmen hijau di bawah standar.



Gambar 2. Warna kalus, (A) kalus hijau kekuningan; (B) kalus putih.

Tabel 9. Pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap warna kalus krisan pada dalam masa inkubasi 25 HST.

Kombinasi ZPT (ppm)		Kode Munsell CCPT	Visualisasi Warna
Pikloram	BAP		
0	0	7.5Y (6/4)	
	1	2.5Y (6/4)	
	2	10Y (8/4)	
	3	10Y (7/4)	
1	0	7.5Y (7/8)	
	1	10Y (7/4)	
	2	10Y (6/6)	
	3	10Y (7/6)	
2	0	10Y (5/6)	
	1	7.5Y (6/6)	
	2	2.5GY (6/6)	
	3	10Y (7/8)	
3	0	7.5Y (7/6)	
	1	10Y (8/6)	
	2	10Y (7/8)	
	3	7.5Y (8/2)	

Disamping itu, penambahan pikloram dan BAP dengan konsentrasi yang seimbang seperti pada perlakuan Pikloram 2 ppm + BAP 2 ppm menunjukkan perubahan warna ke arah kehijauan yang cerah dan adanya peningkatan saturasi warna, hal ini menunjukkan aktivitas produksi klorofil. Warna kalus dapat terbentuk karena adanya pengaruh cahaya, pigmentasi dan bagian tanaman yang digunakan sebagai eksplan (Sari *et al.*, 2018).



Gambar 3. Kalus krisan berwarna kecoklatan atau *browning*.

Tingginya konsentrasi auksin dapat memberikan respon kepada warna kalus menjadi berwarna kecoklatan atau *browning*, seperti yang terjadi pada konsentrasi Pikloram 3 ppm + BAP 1 ppm. *Browning* terjadi karena adanya tingkat stress dan aktivitas produksi fenilpropanoid pada eksplan sehingga menghasilkan warna kalus yang kecoklatan. Senyawa metabolit sekunder yang tinggi pada kalus dapat ditunjukkan pada kalus berwarna kuning kecoklatan atau kecoklatan jika dibandingkan dengan kalus yang berwarna hijau atau putih.

Kalus berwarna kecoklatan menunjukkan adanya akumulasi senyawa fenolik dan metabolit sekunder lainnya yang tinggi. Warna kalus dapat disebabkan oleh aktivitas enzim polifenol oksidase yang mengubah fenol menjadi kuinon, yang biasanya dipicu oleh stress dalam jaringan kalus, misalnya karena cekaman ion logam seperti Cu^{2+} dalam media kultur. Warna coklat ini juga berkorelasi dengan peningkatan biosintesis metabolit sekunder sebagai reaksi adaptif atau pertahanan jaringan kalus (Jannah, 2016).

Hal ini didukung oleh penelitian Wardani, (2020) menyatakan bahwa penambahan zat pengatur tumbuh Pikloram 1 mg/L + BAP 1 mg/l menghasilkan warna kalus putih dan Pikloram 2 mg/L + BAP 1 mg/L menghasilkan warna kalus hijau keputihan dan penambahan Pikloram 3 mg/L + BAP 1 mg/L membentuk warna kalus kecoklatan (*browning*) pada eksplan daun tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth).

4 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, jenis zat pengatur tumbuh Pikloram berpengaruh signifikan terhadap seluruh parameter yang diamati, yaitu waktu tumbuh, persentase tumbuh, berat basah, berat kering, tekstur serta warna kalus. Sementara itu, BAP hanya berpengaruh nyata terhadap berat basah kalus. Kombinasi antara Pikloram dan BAP menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap berat basah dan berat kering kalus. Konsentrasi Pikloram 3 ppm terbukti paling optimal karena memberikan hasil terbaik pada seluruh parameter. Selain itu, BAP 3 ppm memberikan berat basah kalus tertinggi, dan kombinasi Pikloram 3 ppm + BAP 3 ppm menghasilkan berat basah dan berat kering kalus terbesar dibandingkan perlakuan lainnya. Kesimpulan ini secara langsung menjawab rumusan masalah mengenai pengaruh jenis dan konsentrasi Pikloram dan BAP terhadap induksi kalus batang krisan.

5 DAFTAR PUSTAKA

Anggraeni, D., Ismaini, L., Surya, M. I., Rahmi, H., & Saputro, N. W. (2022). Inisiasi Kalus Daun *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd pada Beberapa Kombinasi Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh 2,4-Dichlorophenoxyatic Acid dan Benzyl Adenine. *Agrikultura*, 33(3), 276. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v33i3.40540>

- Apriliani, E., Widyajayantie, D., Hidayah, U. F., & Yudha, Y. S. (2023). Perbanyak Tanaman Chrysanthemum pada Kondisi Fotoautotropik Secara in Vitro. *Agriculture and Biological Technology*, 1(1), 1–9. <https://doi.org/10.61761/agiotech.1.1.1-9>
- Ariani, R., Anggraito, Y. U., & Rahayu, E. S. (2016). Respon Pembentukan Kalus Koro Benguk (*Mucuna pruriens* L.) Pada Berbagai Konsentrasi 2,4-D dan BAP. *Jurnal MIPA*, 39(1), 20–28.
- Arieswari, N. N. N., Astarini, I. A., Astiti, N. P. A., & Pramana, J. (2018). In Vitro Callus Induction of “Shiraz” Grape (*Vitis vinifera* L.) Using Different Medium And Growth Regulator Combination. *International Journal of Biosciences and Biotechnology*, 6(1), 3. <https://doi.org/10.24843/IJBB.2018.v06.i01.p03>
- Azmi, F. N., & Damanik, R. I. (2024). Analysis of secondary metabolites through callus cell suspension culture of black cumin (*Nigella sativa* L.) with PGR combination on MS media. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1302(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1302/1/012043>
- Bano, A. S., Khattak, A. M., Basit, A., Alam, M., Shah, S. T., Ahmad, N., Gilani, S. A. Q., Ullah, I., Anwar, S., & Mohamed, H. I. (2022). Callus Induction, Proliferation, Enhanced Secondary Metabolites Production and Antioxidants Activity of *Salvia moorcroftiana* L. as Influenced by Combinations of Auxin, Cytokinin and Melatonin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65, 1–16. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210200>
- Budi, R. S. (2020). Uji Komposisi Zat Pengatur Tumbuh Terhadap Pertumbuhan Eksplan Pisang Barangan (*Musa paradisiaca* L.) Pada Media MS Secara in vitro. *BEST Journal (Biology Education, Sains and Technology)*, 3(1), 101–111. <https://doi.org/10.30743/best.v3i1.2475>
- Erlangga, W., Yelli, F., Yusnita, & Utomo, S. D. (2025). Embriogenesis Somatik Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) Klon Waxy pada Beberapa Jenis dan Konsentrasi Auksin 2,4-D atau Picloram dan NAA. *Jurnal Agrotropika*, 24(1), 88–98.
- Fadlia Julianti, R., Nurchayati, Y., Setiari, N., & Studi Biologi, P. (2021). Pengaruh Konsentrasi Sukrosa dalam Medium MS terhadap Kandungan Flavonoid Kalus Tomat (*Solanum lycopersicum* syn. *Lycopersicon esculentum*). *Journal of Biological Sciences*, 8(1), 141–149. <https://doi.org/10.24843/metamorfosa.2020.v08.i01.p015>
- Gantait, S., & Mahanta, M. (2021). Picloram-induced enhanced callus-mediated regeneration, acclimatization, and genetic clonality assessment of gerbera. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 19(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00269-1>
- Ginaris, R. P. (2023). Uji Aktivitas Masker Wajah Peel-off dari Ekstrak Bunga Krisan (*Chrysanthemum cinerariaefolium* (Trevir.) Vis.) Sebagai Antioksidan. *Jurnal Kesehatan Tujuh Belas (Jurkes 17)*, 4(2), 248–253.
- Gundala, B. T., Kurniawan, T., & Halimursyadah, H. (2018). Pengaruh konsentrasi auksin dalam hydropriming benih cabai yang berbeda tingkat kadaluarsa terhadap viabilitas benih. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 3(4), 159–167. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v3i4.9378>
- Hariyati, M., Bachtiar, I., & Sedijani, P. (2016). Induksi Kalus Tanaman Krisan (*Chrysanthemum morifolium*) Dengan Pemberian Benzil Amino Purin (BAP) dan Dichlorofenoksi Acetil Acid (2,4 D). *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 2(1). <https://doi.org/10.29303/jppipa.v2i1.37>
- Humaira, A., & Amien, S. (2019). Induksi Kalus Lima Kultivar Seledri (*Apium graveolens* L.) Dengan Sukrosa dan Berbagai Konsentrasi Maltosa. *Agriin*, 23(1), 1. <https://doi.org/10.20884/1.agrin.2019.23.1.413>
- Jannah, R. (2016). Pengaruh Pemberian Elisitor Cu²⁺ Terhadap Kalus *Artemisia vulgaris*

- dalam Upaya Penyediaan Artemisinin sebagai Antimalaria. *Pros. Sem. Nas. Mas. Biodiv. Indon*, 2(2010), 155–158. <https://doi.org/10.13057/psnmbi/m020206>
- Marlina, A., & Widiastuti, E. (2021). Studi Awal Pembuatan Bio-Insektisida dari Bunga Krisan (*Chrysantemum morrifolium*). *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 4–5.
- Na'ilil Aulia, S., & Habibah, N. A. (2024). Callus Induction from Stem Explants of Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) with the Addition of Picloram and BAP. *Journal of Biology and Applied Biology*, 7(1), 13–22.
- Perianez-Rodriguez, J., Manzano, C., & Moreno-Risueno, M. A. (2014). Post-embryonic organogenesis and plant regeneration from tissues: Two sides of the same coin? *Frontiers in Plant Science*, 5(MAY). <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00219>
- Putri, A. B. S., Hajrah, H., Armita, D., & Tambunan, I. R. (2021). Teknik kultur jaringan untuk perbanyak dan konservasi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara in vitro. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*, 1(2), 69–76. <https://doi.org/10.24252/filogeni.v1i2.23801>
- Ruswaningsih, F. (2007). Pengaruh Konsentrasi Ammonium Nitrat dan BAP terhadap Pertumbuhan Eksplan Pucuk *Artemisia annua* L. pada Kultur *In Vitro*. Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sari, Y. P., Kusumawati, E., Saleh, C., Kustiawan, W., & Sukartingsih, S. (2018). Effect of sucrose and plant growth regulators on callogenesis and preliminary secondary metabolic of different explant *Myrmecodia tuberosa*. *Nusantara Bioscience*, 10(3), 183–192. <https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n100309>
- Sekar, A. A., Restiani, R., & Prasetyaningsih, A. (2023). Induksi Kalus dari Eksplan Nodus *Stelecocharpus burahol* (Blume) Hook. f & Thomson sebagai Upaya Konservasi *In Vitro*. *BIOTIKA Jurnal Ilmiah Biologi*, 21(1), 27–35. <https://doi.org/10.24198/biotika.v21i1.42869>
- Setiawati, T., Ayalla, A., Witri, A., & Raya Bandung-Sumedang Km, J. (2019). Induksi Kalus Krisan (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.) dengan Penambahan Berbagai Kombinasi Zat Pengatur Tumbuh (ZPT). *Jurnal EduMatSains*, 3(2), 119–132.
- Setiawati, T., Zazuli, S. F., Annisa, A., Nurzaman, M., & Irawan, B. (2020). Pengaruh Polyethylene Glycol (PEG) Terhadap Kadar Kuersetin Kultur *Chrysanthemum morifolium* Ramat pada Kondisi Pencahayaan Berbeda. *Al-Kauniah: Jurnal Biologi*, 13(1), 116–127. <https://doi.org/10.15408/kauniah.v13i1.13688>
- Shofiyani, A., & Purnawanto, A. M. (2017). Pertumbuhan Kalus Kencur (*Kaemferia galanga* L) Pada Komposisi Media Dengan Perlakuan Sukrosa Dan Zat Pengatur Tumbuh (2,4 D dan Benzil Aminopurin). *Agritech*, 19(1), 55–64.
- Smith, A. J., Oertle, J., Warren, D., & Prato, D. (2016). Quercetin: A Promising Flavonoid with a Dynamic Ability to Treat Various Diseases, Infections, and Cancers. *Journal of Cancer Therapy*, 07(02), 83–95. <https://doi.org/10.4236/jct.2016.72010>
- Sudrajad, H., & Wijaya, N. R. (2019). Pengaruh Kinetin dan NAA Terhadap Induksi Kalus Pule Pandak (*Rauvolfia serpentina* (L.) Benth. ex Kurz). *Jurnal Tumbuhan Obat Indonesia*, 12(2), 68–74. <https://doi.org/10.22435/jtoi.v12i2.1691>
- Surya, R. S., Gustian, & Zainal, A. (2018). Induksi Kalus Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.) pada Beberapa Konsentrasi Picloram Secara In-Vitro Calus. *Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Tanaman (PERIPT)*. <http://repo.unand.ac.id/27536/>
- Wahyuni, A., Satria, B., & Zainal, A. (2020). Induksi Kalus Gaharu dengan NAA dan BAP Secara In Vitro Callus Induction of Agarwood Using NAA and BAP In Vitro. *Jurnal Penelitian Agronomi*, 22(1), 39–44.

- Wardani, D. K. (2020). Induksi Kalus Tanaman Nilam (*Pogostemon cablin* Benth) Dengan Pemberian Konsentrasi Auksin Jenis 2,4-D (Dichlorophenoxy Acetic Acid) Dan Pikloram. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 1(5).
- Wibowo, F., Armaniar, & Asmaq, N. (2023). Perbanyak Vegetatif Tunas Mikro Anggrek *Dendrobium* (*Dendrobium* sp) Secara In Vitro Dengan Pemberian BAP dan Arang Aktif. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(1), 910–916.