

**Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada
Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP:
LITERATURE REVIEW**

LITERATURE REVIEW

OLEH

BOY BENARDO NAINGGOLAN

218210020



**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2026**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 10/8/26

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repositori.uma.ac.id)10/8/26

**Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada
Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP:
LITERATURE REVIEW**

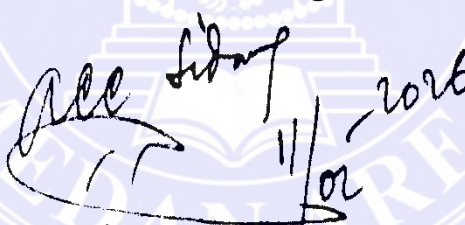
LITERATURE REVIEW

**OLEH
BOY BENARDO NAINGGOLAN**

218210020

Literature Review sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan Program Sarjana di
Fakultas Pertanian Universitas Medan Area

Pembimbing



Prof Dr. Ir. Ahmad Rafiqi Tantawi, MS

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS
MEDAN AREA
MEDAN
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Jurnal : Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada
Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP: LITERATURE REVIEW
Nama : Boy Benardo Nainggolan
Npm : 218210020
Fakultas/Prodi : Pertanian/Agroteknologi

Disetujui Oleh



(Prof Dr. Ir. Ahmad Rafiqi Tantawi, MS)
Dosen Pembimbing

Mengetahui:



(Dr. Ir. Syahbudin Hasibuan, M.Si)
Dekan



(Dwika Karima Wardani, S.P., M.P.)
Ketua Program Studi

Tanggal Lulus : 13 Maret 2026

HALAMAN PERNYATAAN ORISINILITAS

Saya menyatakan bahwa Jurnal Literature Riview yang saya susun, sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Jurnal Literature Riview ini saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah etik penulis ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh serta sanksi-sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiarisme dalam Jurnal Literature Riview ini.

Medan 3 Juni 2026

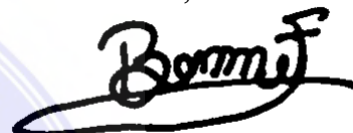


Boy Benardo Nainggolan
21821020

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa Jurnal Literature Riview yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam jurnal ini.

Medan, 3 Juni 2026



Boy Benardo Nainggolan

218210020



HALAMAN PERNYATAN PERSETUJUAN PUBLIKASI JURNAL UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Boy Benardo Nainggolan

NPM : 218210020

Program Studi : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

Jenis Karya : Jurnal

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul **Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP: LITERATURE REVIEW**, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas royalti noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media atau memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat : Medan

Pada Tanggal : Medan 3 Juni
2026

Yang Menyatakan



Boy Benardo Nainggolan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Jurnal Literature Review ini dengan judul **“Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP: LITERATURE REVIEW”**

Literature Review sebagai syarat kelulusan strata satu (S1) pada program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.

Pada kesempatan ini penulis juga mengucapkan terimakasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Syahbudin Hasibuan, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
2. Ibu Dwika Karima Wardani S.P., M.P. selaku ketua Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area.
3. Prof. Dr. Ir. Ahmad Rafiqi Tantawi, MS selaku Pembimbing telah membimbing dan memperhatikan selama masa penyusunan Literature Review ini.
4. Bapak, Ibu selaku dosen Fakultas Pertanian Universitas Medan Area yang telah membimbing dan memperhatikan selama masa pendidikan di program studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Medan Area
5. Seluruh kawan – kawan pertanian khususnya Mahasiswa/i program studi Agroteknologi angkatan tahun 2021 yang telah banyak membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan Literature Review ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Literature Review ini masih jauh dari kata sempurna, oleh itu penulis karena segala pihak sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun dari segala pihak.

Medan, 30 MEI 2026

Boy Benardo Nainggolan



Respon Pertumbuhan Awal Kalus Bawang Merah Pada Berbagai Konsentrasi NAA dan BAP: LITERATURE REVIEW

Initial Growth Response of Shallot Callus to Various Concentrations of NAA and BAP: Literature Review

Boy Benardo Nainggolan*, Ahmad Rafiqi Tantawi

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Medan Area, Indonesia

*Corresponding Author: boynainggolan43@gmail.com

Abstrak

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas hortikultura penting yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dimanfaatkan dalam sektor pangan. Perbanyakan secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, seperti keterbatasan bibit unggul, serangan patogen, serta ketergantungan terhadap musim tanam. Kultur jaringan menjadi salah satu alternatif untuk menghasilkan bibit tanaman dalam jumlah besar, seragam, dan bebas penyakit. Keberhasilan teknik ini sangat dipengaruhi oleh penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT), khususnya auksin dan sitokinin yang berperan dalam mengatur diferensiasi dan pembelahan sel. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis peran NAA (Naphthalene Acetic Acid) dan BAP (6-Benzylaminopurine) dalam proses induksi dan proliferasi kalus bawang merah secara in vitro berdasarkan berbagai hasil penelitian yang dipublikasikan pada periode 2010–2024. Hasil kajian menunjukkan bahwa NAA berperan dalam merangsang dediferensiasi sel dan inisiasi kalus, sedangkan BAP meningkatkan aktivitas pembelahan sel dan proliferasi jaringan. Kombinasi NAA dan BAP pada konsentrasi yang seimbang mampu meningkatkan respon morfogenetik eksplan serta menghasilkan pertumbuhan kalus yang lebih optimal, yang berimplikasi pada peningkatan efisiensi teknik perbanyakan tanaman secara in vitro.

Kata kunci: *Allium ascalonicum* L, NAA, BAP, kalus, kultur jaringan.

Abstract

Shallot (*Allium ascalonicum* L.) is an important horticultural commodity with high economic value and extensive utilization in the food sector. However, conventional propagation methods still face several limitations, including the limited availability of high-quality planting materials, susceptibility to pathogen infections, and dependence on seasonal planting conditions. Plant tissue culture has therefore emerged as a promising alternative for producing large quantities of uniform and disease-free planting materials. The success of this technique is strongly influenced by the application of plant growth regulators (PGRs), particularly auxins and cytokinins, which play essential roles in regulating cell differentiation and division. This review aims to analyze and synthesize the roles of NAA (Naphthalene Acetic Acid) and BAP (6-Benzylaminopurine) in the induction and proliferation of shallot callus in vitro based on previously published studies from 2010 to 2024. The reviewed literature indicates that NAA plays a key role in stimulating cell dedifferentiation and callus initiation, whereas BAP enhances cell division activity and tissue proliferation. A balanced combination of NAA and BAP has been reported to improve the morphogenetic response of explants and promote more optimal callus growth, thereby contributing to improved efficiency of in vitro plant propagation techniques.

Keywords: *Allium ascalonicum* L, NAA, BAP, callus induction, tissue culture

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan tanaman hortikultura yang berperan penting dalam sektor pertanian karena memiliki berbagai manfaat serta nilai ekonomi yang tinggi (Astoro & Munajat, 2021). Tanaman ini mengandung berbagai senyawa metabolit sekunder, terutama pada bagian umbi, seperti flavonoid, tanin, saponin, minyak atsiri, kaemferol, flavonglikosida, fluroglusin, dan senyawa lainnya (Hasibuan et al., 2020). Beberapa senyawa tersebut diketahui berperan sebagai antioksidan, antibakteri, dan antijamur (Octaviani et al., 2019). Berdasarkan data Statistik Hortikultura 2024 dari Badan Pusat Statistik (BPS), bawang merah termasuk salah satu komoditas utama yang dipantau secara nasional, dengan kontribusi produksi yang signifikan dari beberapa provinsi seperti Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, dan Sumatra Barat. Variasi produksi tersebut menunjukkan pentingnya komoditas ini dalam sektor pertanian serta perlunya upaya peningkatan produktivitas secara berkelanjutan.

Namun demikian, perbanyakan bawang merah secara konvensional masih menghadapi berbagai kendala, antara lain keterbatasan bibit unggul, serangan penyakit, serta ketergantungan terhadap musim tanam. Oleh karena itu, teknik kultur jaringan tanaman menjadi alternatif yang potensial untuk menghasilkan bibit dalam jumlah besar, seragam, dan bebas patogen (George & Sherrington, 1984). Teknik ini bertujuan untuk merangsang pembelahan sel secara berkelanjutan dari bagian tanaman tertentu melalui penambahan zat pengatur tumbuh hingga terbentuk kalus sebagai massa sel yang belum terdiferensiasi. Media kultur yang umum digunakan adalah media Murashige dan Skoog (MS) karena memiliki kandungan unsur hara makro dan mikro yang relatif lengkap dibandingkan media lainnya (Hapsoro & Yusnita, 2018).

Penambahan zat pengatur tumbuh (ZPT) pada media kultur berperan penting dalam mengarahkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan menjadi struktur morfologi tertentu (Yusnita, 2015). Auksin seperti NAA (Naphthalene Acetic Acid) dan sitokinin seperti BAP (6-Benzylaminopurine) merupakan ZPT yang umum digunakan dalam kultur jaringan tanaman. Auksin dan sitokinin berperan penting dalam mengatur

pertumbuhan dan morfogenesis eksplan, di mana keseimbangan (nisbah) antara kedua hormon tersebut menentukan arah perkembangan sel, baik menuju dediferensiasi (pembentukan kalus) maupun diferensiasi lanjut menjadi organ seperti tunas dan akar (Widyastuti dan Deviyanti, 2018). Proses induksi kalus juga dipengaruhi oleh jenis ZPT dan jenis eksplan yang digunakan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kombinasi ZPT memberikan respon yang berbeda terhadap pembentukan kalus. Wardani (2020) melaporkan bahwa konsentrasi 2,0 ppm BAP + 1,0 ppm pikloram merupakan perlakuan terbaik dalam kultur kalus *Pogestemon cablin*. Selain itu, Pebriana et al. (2018) menyatakan bahwa konsentrasi 2,5 ppm BAP menunjukkan hasil terbaik terhadap persentase tumbuh eksplan dan pembentukan tunas pada bawang merah. Umbi bawang merah sering digunakan sebagai eksplan karena memiliki jaringan meristematik yang aktif tumbuh sehingga responsif terhadap perlakuan ZPT (Kurniati et al., 2012).

Berbagai penelitian telah melaporkan pengaruh NAA dan BAP terhadap pembentukan dan pertumbuhan kalus bawang merah secara *in vitro*. Namun, hasil yang diperoleh masih menunjukkan variasi, terutama terkait konsentrasi optimum, jenis eksplan yang digunakan, serta respon kalus yang dihasilkan. Hingga saat ini, belum banyak kajian yang mensintesis pola hubungan antara konsentrasi ZPT, jenis eksplan, dan respon pertumbuhan kalus secara komprehensif. Oleh karena itu, diperlukan tinjauan literatur untuk memperoleh pemahaman yang lebih sistematis mengenai peran NAA dan BAP dalam induksi dan pertumbuhan awal kalus bawang merah.

Berdasarkan hal tersebut, artikel ini bertujuan untuk menganalisis dan mensintesis pengaruh konsentrasi NAA dan BAP terhadap induksi dan pertumbuhan awal kalus bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) secara *in vitro* melalui pendekatan literature review, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan protokol kultur jaringan bawang merah

METODE PENELITIAN

Artikel ini disusun menggunakan pendekatan kualitatif-deskriptif berbasis sintesis literatur yang berkaitan dengan induksi dan pertumbuhan kalus tanaman secara *in vitro*.

Sumber pustaka diperoleh dari artikel ilmiah nasional dan internasional yang diakses melalui Google Scholar, GARUDA, dan basis data jurnal ilmiah lainnya, dengan rentang tahun publikasi 2010–2024. Artikel yang digunakan dalam kajian ini berjumlah 10 publikasi yang dipilih berdasarkan kriteria inklusi, yaitu: (1) penelitian yang membahas induksi dan/atau pertumbuhan kalus secara in vitro, (2) menggunakan zat pengatur tumbuh golongan auksin (khususnya NAA) dan sitokinin (khususnya BAP), serta (3) menyajikan data terkait respons pertumbuhan kalus. Artikel yang tidak memenuhi kriteria tersebut tidak dimasukkan dalam analisis.

Data yang dikumpulkan meliputi jenis tanaman, tipe eksplan, media kultur, konsentrasi NAA dan BAP, waktu inisiasi kalus, serta karakteristik kalus yang terbentuk. Analisis data dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan membandingkan hasil antar penelitian untuk mengidentifikasi persamaan dan perbedaan respons pertumbuhan kalus. Selanjutnya, hasil analisis disintesis untuk menemukan pola umum pengaruh NAA dan BAP, serta untuk memperkuat pemahaman mengenai peran kombinasi kedua zat pengatur tumbuh tersebut dalam mendukung induksi dan pertumbuhan awal kalus pada kultur in vitro.

HASIL DAN PEMBAHASAN

PENGARUH NAA TERHADAP INDUKSI KALUS

Naphthalene Acetic Acid (NAA) merupakan salah satu zat pengatur tumbuh (ZPT) golongan auksin yang banyak digunakan dalam teknik kultur jaringan tanaman. NAA berperan dalam merangsang pembelahan dan pembesaran sel serta berkontribusi penting dalam proses induksi kalus dan pembentukan akar. Pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), penggunaan NAA umumnya dikombinasikan dengan sitokinin seperti BAP atau 2iP untuk memperoleh respons pertumbuhan yang optimal (Sa'aadah et al., 2023; Kurniawan & Widoretno, 2016).

Dalam proses induksi kalus, NAA berfungsi sebagai pemicu dediferensiasi sel, yaitu perubahan sel yang telah terdiferensiasi menjadi sel meristematik kembali. Proses ini merupakan tahap awal terbentuknya kalus sebagai jaringan yang belum terorganisasi.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan NAA secara tunggal kurang

optimal dalam menginduksi kalus, sehingga diperlukan kombinasi dengan sitokinin untuk meningkatkan efektivitas pembentukan kalus. Kombinasi NAA dengan sitokinin, seperti 2iP, terbukti mampu meningkatkan pembentukan dan pertumbuhan kalus, di mana konsentrasi tertentu menghasilkan kalus dengan diameter yang lebih besar (Sa'aadah et al., 2023). Hal ini menunjukkan bahwa peran NAA dalam induksi kalus tidak berdiri sendiri, melainkan dipengaruhi oleh interaksinya dengan ZPT lain dalam media kultur.

PENGARUH BAP TERHADAP INDUKSI DAN PROLIFERASI KALUS

6-Benzylaminopurine (BAP) merupakan zat pengatur tumbuh golongan sitokinin yang berperan penting dalam merangsang pembelahan sel dan pertumbuhan jaringan pada kultur in vitro. Dalam kultur jaringan bawang merah (*Allium ascalonicum* L.), BAP memiliki pengaruh yang signifikan terhadap proliferasi kalus, yaitu tahap lanjutan setelah induksi yang ditandai dengan peningkatan ukuran dan aktivitas sel (Kurniawan & Widoretno, 2016; Sa'aadah et al., 2023).

Proliferasi kalus ditandai dengan peningkatan ukuran, massa, serta intensitas pembelahan sel pada jaringan kalus. Penambahan BAP dalam media kultur mampu meningkatkan laju pembelahan sel sehingga kalus tumbuh lebih cepat dan aktif. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan BAP dalam kombinasi dengan auksin memberikan pengaruh yang lebih signifikan dibandingkan tanpa sitokinin. Hal ini mengindikasikan bahwa BAP berperan penting dalam mempertahankan aktivitas meristematik

Tabel 1. Ringkasan Studi Induksi dan Proliferasi Kalus Bawang Merah

No	Tanaman	Jenis Eksplan	Media	ZPT (Konsentrasi)	Parameter	Hasil Utama	Sumber
1	Bawang merah (<i>Allium ascalonicum</i> L.)	Kalus	MS/B5	2iP (0-1,5 mg/L) + NAA (0-1,0 mg/L)	Diameter kalus, tunas, akar	2iP 1 mg/L menghasilkan diameter kalus terbaik	Sa'aadah et al., 2023

No	Tanaman	Jenis Eksplan	Media	ZPT (Konsentrasi)	Parameter	Hasil Utama	Sumber
2	Bawang merah var. Bima Brebes (<i>A. ascalonicum</i> L.)	Pelepah kuncup umbi	MS	BAP (0-3 mg/L) + pikloram (0-3 mg/L)	Waktu muncul kalus, % kalus	2 mg/L BAP + 3 mg/L pikloram menghasilkan 100% kalus	Ramadhan & Habibah, 2023
3	Bawang merah (<i>A. ascalonicum</i> L.)	Basal stem	MS	2,4-D (1-4 mg/L), NAA (0,1 mg/L), kinetin (2-5 mg/L), IBA (2 mg/L)	Induksi kalus & regenerasi	Kinetin 2 mg/L terbaik untuk regenerasi	Kurniawan & Widoretno, 2016
4	Bawang kucai Cina (<i>Allium chinense</i> G. Don)	Ovarium bunga	B5	2,4-D (9,05 μ M), BAP (8,88 μ M), NAA (10,74 μ M)	Regenerasi tunas	Organogenesis mencapai 56,32%	Bah et al., 2012
5	Bawang merah agregatum (<i>Allium cepa</i> L. var. aggregatum)	Basal plate	$\frac{1}{2}$ MS	BAP (1-5 mg/L) + sukrosa (3-9%)	Tunas, akar, daun	1 mg/L BAP memberikan hasil terbaik	Marlin et al., 2021
6	Bawang merah (<i>Allium ascalonicum</i> L.)	Biji & tunas	MS & $\frac{1}{2}$ MS	BAP (1-4 mg/L)	Pertumbuhan biji & tunas	$\frac{1}{2}$ MS + 4 mg/L BAP memberikan hasil terbaik	Munandar, E. H. W. 2020

Berdasarkan ringkasan berbagai hasil penelitian pada tabel, respon kultur jaringan bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh kombinasi media, jenis eksplan, serta komposisi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang digunakan. Variasi ini mengindikasikan bahwa keberhasilan induksi dan proliferasi

kalus tidak bersifat tunggal, melainkan merupakan hasil interaksi kompleks antar faktor kultur yang saling mempengaruhi.

Media Murashige dan Skoog (MS) menjadi media yang paling umum digunakan dalam hampir seluruh penelitian, baik dalam bentuk penuh maupun setengah kekuatan ($\frac{1}{2}$ MS). Dominasi media MS menunjukkan bahwa komposisi unsur hara yang lengkap sangat mendukung pertumbuhan eksplan. Namun, pada beberapa kondisi, penggunaan media $\frac{1}{2}$ MS justru memberikan respons yang lebih baik, terutama pada fase awal pertumbuhan, sebagaimana ditunjukkan pada penelitian Munandar, E. H. W. (2020). Hal ini mengindikasikan bahwa konsentrasi garam mineral yang lebih rendah dapat mengurangi stres osmotik dan meningkatkan adaptasi awal jaringan tanaman.

Jenis eksplan juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan kultur. Eksplan yang berasal dari jaringan meristematik, seperti basal plate dan kuncup umbi, menunjukkan tingkat respons yang lebih tinggi dalam pembentukan kalus dan regenerasi dibandingkan eksplan lainnya. Hal ini disebabkan oleh aktivitas sel yang masih tinggi dan kemampuan pembelahan yang lebih aktif pada jaringan tersebut. Sebaliknya, eksplan biji cenderung memberikan keuntungan dalam menghasilkan tanaman yang lebih bebas patogen, meskipun respons pertumbuhannya lebih lambat dan sangat bergantung pada kondisi media dan ZPT.

Dalam konteks pengaturan morfogenesis, ZPT merupakan faktor utama yang menentukan arah perkembangan eksplan. Auksin, termasuk NAA, berperan dalam menginduksi dediferensiasi sel dan pembentukan kalus. Hal ini terlihat dari berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa keberadaan auksin, baik dalam bentuk NAA maupun auksin lain seperti 2,4-D, mampu memicu pembentukan jaringan kalus melalui aktivasi kembali sel-sel yang telah terdiferensiasi. Meskipun demikian, penggunaan auksin secara tunggal umumnya belum cukup optimal untuk menghasilkan pertumbuhan kalus yang maksimal.

Sebaliknya, sitokinin seperti BAP berperan dalam meningkatkan aktivitas pembelahan sel dan proliferasi jaringan. Pada beberapa penelitian, BAP terbukti efektif dalam merangsang pertumbuhan tunas serta meningkatkan perkembangan kalus,

terutama ketika dikombinasikan dengan auksin. Hal ini menunjukkan bahwa BAP memiliki peran dominan pada fase proliferasi setelah proses induksi kalus terjadi.

Interaksi antara auksin dan sitokinin merupakan faktor kunci dalam menentukan arah morfogenesis eksplan. Kombinasi kedua ZPT ini, termasuk kombinasi NAA dan BAP, menunjukkan hasil yang lebih optimal dibandingkan penggunaan tunggal. Keseimbangan (nisbah) antara auksin dan sitokinin menentukan arah perkembangan sel, apakah menuju pembentukan kalus atau diferensiasi lebih lanjut menjadi organ seperti tunas dan akar. Hasil penelitian Ramadhan & Habibah (2023) menunjukkan bahwa kombinasi BAP dan pikloram mampu menghasilkan pembentukan kalus hingga 100%, yang menegaskan pentingnya interaksi antar ZPT dalam meningkatkan efisiensi kultur.

Selain ZPT, faktor pendukung seperti sumber karbon juga berperan dalam pertumbuhan eksplan. Sukrosa sebagai sumber energi utama dalam media kultur terbukti mempengaruhi pertumbuhan kalus dan produksi metabolit sekunder. Konsentrasi sukrosa yang optimal, seperti 30 g/L, mampu meningkatkan pertumbuhan kalus serta kualitas metabolit yang dihasilkan. Hal ini menunjukkan bahwa selain regulasi hormonal, ketersediaan energi juga menjadi faktor penting dalam mendukung aktivitas metabolik sel.

Secara keseluruhan, hasil sintesis menunjukkan bahwa keberhasilan kultur jaringan bawang merah tidak ditentukan oleh satu faktor tunggal, melainkan oleh interaksi antara media, jenis eksplan, dan kombinasi ZPT yang digunakan. Dalam konteks ini, kombinasi NAA dan BAP dengan nisbah yang tepat menjadi faktor kunci dalam mengoptimalkan induksi dan proliferasi kalus. Namun demikian, variasi hasil antar penelitian menunjukkan bahwa belum terdapat satu kombinasi perlakuan yang bersifat universal, sehingga diperlukan optimasi lebih lanjut sesuai dengan jenis eksplan dan kondisi kultur yang digunakan.

KESIMPULAN

Berdasarkan sintesis berbagai hasil penelitian, keberhasilan kultur jaringan bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) secara in vitro ditentukan oleh interaksi sinergis antara media kultur, jenis eksplan, serta konsentrasi dan kombinasi zat pengatur tumbuh (ZPT). Media

Murashige dan Skoog (MS) tetap menjadi media yang paling banyak digunakan, dengan modifikasi seperti penggunaan $\frac{1}{2}$ MS yang pada kondisi tertentu lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan awal eksplan.

Eksplan yang berasal dari jaringan meristematik, seperti basal plate dan kuncup umbi, menunjukkan respons morfogenetik yang lebih cepat dan efisien, sedangkan eksplan biji berpotensi menghasilkan bahan tanam yang lebih bebas patogen. Dari sisi regulasi hormonal, auksin berperan dominan dalam induksi kalus melalui proses dediferensiasi sel, sementara sitokinin berperan dalam meningkatkan proliferasi dan diferensiasi jaringan. Kombinasi keduanya pada nisbah yang tepat terbukti menjadi faktor kunci dalam mengarahkan morfogenesis eksplan.

Selain itu, faktor pendukung seperti konsentrasi sukrosa turut mempengaruhi pertumbuhan kalus dan aktivitas metabolit sekunder. Secara keseluruhan, tidak terdapat satu kombinasi perlakuan yang bersifat universal, sehingga optimalisasi kultur jaringan bawang merah perlu mempertimbangkan kesesuaian antara jenis eksplan, media, dan ZPT yang digunakan. Temuan ini memberikan dasar konseptual bagi pengembangan protokol kultur jaringan yang lebih efisien dan terarah.

DAFTAR PUSTAKA

- Astoro, A., & Munajat. (2021). Kajian teknis pengembangan budidaya bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di Kecamatan Belitang III Kabupaten OKU Timur. *Jurnal Bakti Agribisnis*, 7(1): 44–51. <https://doi.org/10.53488/jba.v7i01.100>
- Bah, A. A., Wang, Z.-D., Wang, X.-Q., Yan, M.-M., Um, Y.-C., Xu, Z., & Guo, D.-P. (2012). In vitro plant regeneration from unpollinated ovaries of *Allium chinense*. *Scientia Horticulturae*, 147: 105–110. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.09.008>
- Hapsoro, D., & Yusnita, Y. (2018). *Kultur jaringan: Teori dan praktik*. Yogyakarta: Andi.
- Hasibuan, A. S., Edrianto, V., & Purba, N. (2020). Skrining fitokimia etanol umbi bawang merah (*Allium cepa* L.). *Jurnal Farmasimed*, 2(2): 45–49. <https://doi.org/10.35451/jfm.v2i2.357>
- Kurniati, R., Purwito, A., Wattimena, G. A., & Marwoto, B. (2012). Induksi kalus tiga kultivar lili dari petal bunga pada beberapa jenis media. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 3(1): 17–23. <https://doi.org/10.29244/jhi.3.1.17-23>
- Kurniawan, A. D., & Widoretno, W. (2016). Regenerasi in vitro tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 4(1): 1–4.
- Marlin, M., Handajani, M., Yulian, Y., Rustikawati, R., & Herawati, R. (2021). Induction of plantlet regeneration on shallot (*Allium cepa* var. *aggregatum*). *Advances in Biological Sciences Research*, 13: 239–244. <https://doi.org/10.2991/absr.k.210609.037>
- Munandar, E. H. W. (2020). *Pertumbuhan bawang merah (Allium ascalonicum L.) dari biji pada berbagai kepekatan garam mineral media dasar MS dan konsentrasi benzylaminopurine* (Tesis magister). Universitas Tadulako.

- Octaviani, M., Fadhli, H., & Yuneistya, E. (2019). Uji aktivitas antimikroba ekstrak etanol kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) dengan metode difusi cakram. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 6(1): 62–68. <https://doi.org/10.7454/psr.v6i1.4333>
- Pebriana, F., Wiyatiningsih, S., & Nugrahani, P. (2018). Pengaruh konsentrasi benzyl aminopurine (BAP) pada media MS terhadap induksi kultur jaringan cakram bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Plumula: Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 6(1): 1–13. <https://doi.org/10.33005/plumula.v6i1.1>
- Ramadhan, T. R., & Habibah, N. A. (2023). Induksi kalus dari eksplan umbi bawang merah (*Allium ascalonicum* L. var. Bima Brebes) dengan penambahan BAP dan pikloram. *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, 46(2): 53–60.
- Sa'aadah, A. R., Hadiyah, I., Sunarya, Y., & Wulandari, D. R. (2023). Pengaruh penambahan 2iP dan NAA pada media dasar MS dan B5 terhadap pertumbuhan kalus embriogenik bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Media Pertanian*, 8(2): 85–96.
- Schmauder, H.-P. (1985). Book review: Plant propagation by tissue culture – Handbook and directory of commercial laboratories (E. F. George & P. D. Sherrington). *Journal of Basic Microbiology*, 25(7), 475. <https://doi.org/10.1002/jobm.3620250714>.
- Wardani, D. K. (2020). Induksi kalus tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth) dengan pemberian konsentrasi auksin jenis 2,4-D dan pikloram. *Jurnal Indonesia Sosial Sains*, 1(5): 396–401. <https://doi.org/10.36418/jiss.v1i5.73>
- Widyastuti, N., & Deviyanti, J. (2018). *Kultur jaringan: Teori dan praktik perbanyakan tanaman secara in vitro*. Yogyakarta: Andi.
- Yusnita, Y. (2015). *Kultur jaringan tanaman sebagai teknik penting bioteknologi untuk menunjang pembangunan pertanian*. Bandar Lampung: Andi.

