

PENGARUH WARNA *LIGHT EMITTING DIODE (LED)* TERHADAP MORFOGENESIS EKSPLAN KALUS ASAL BULBIL BAWANG PUTIH SANGGA SEMBALUN SECARA *IN-VITRO*

(The Influence of Light Emitting Diode (LED) Colour on The Morphogenesis of Callus Explant Derived from Garlic Bulb Sangga Sembalun In-Vitro)

SINDI RAMADANI¹, NILLA KRISTINA^{1*}, AUZAR SYARIF¹, ELARA RESIGIA¹

Program Studi Agroteknologi, Departemen Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Kota Padang, Sumatera Barat, Indonesia

*E-mail: nillakristina@agr.unand.ac.id

ABSTRACT

Garlic is one of essential commodity in Indonesia but many farmer is not interested in cultivating it because the production was low. This is effect from using small and not uniform cloves. One of the way to improve the quality of garlic seed bulbs is seed propagation through tissue culture techniques to get the bigger and uniform cloves. But first the callus has to become a plantlet. Using the appropriate colour spectrum of light is one way to stimulate explant morphogenesis. The aim of this study was to obtain the best LED colour in the morphogenesis of garlic callus explants. This study used a completely randomized design with three treatment levels: red, blue and white. The F-test was used to analyse observational data at 5% level, followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at 5% level. Based on the research, it can be concluded that different LED colour treatments have different effects on the morphogenesis of garlic callus explants. Blue LED is an effective light colour for increasing the percentage of explants forming embryogenic callus, increasing the percentage of explants forming shoots, having the highest rate of increase in the number of shoots per explant per week and also being able to form roots, although the number of roots is lower than under red LED. Different LED colours did not make a difference in root emergence time and root length, but red LED significantly increased root growth per explant each week compared to other LED colours.

Keywords : LED colour, morphogenesis, tissue culture

PENDAHULUAN

Bawang putih merupakan komoditas hortikultura penting yang dibutuhkan oleh masyarakat Indonesia sebagai bumbu masak dan mengobati beberapa jenis penyakit. Menurut Lisiswanti and Haryanto (2017), bawang putih telah dievaluasi khasiatnya dalam berbagai hal, seperti pengobatan hipertensi, kolesterol, diabetes, rheumatoid arthritis, demam atau aterosklerosis sebagai obat pencegahan, serta penghambat pertumbuhan tumor.

Impor bawang putih meningkat setiap tahunnya, sedangkan produksi bawang putih dalam negeri masih rendah dan cenderung menurun. Berdasarkan data yang dirilis oleh Badan Pusat Statistik (2022), produksi bawang putih Indonesia pada tahun 2021 mengalami penurunan dari tahun sebelumnya menjadi 44.647 ton, sedangkan impor bawang putih mencapai 284.363 ton. Beberapa kendala pengembangan bawang putih adalah ukuran umbi dan siung varietas unggul nasional cenderung kecil menyebabkan produksi umbi menjadi rendah dibandingkan bawang putih impor dan kebanyakan siung sulit untuk dikupas. Sebaliknya, bawang putih impor memiliki keunggulan seperti produktivitas tinggi, siung dan umbi besar serta seragam sehingga lebih menarik bagi konsumen dan petani. Selain itu, selama ini benih diperbanyak secara konvensional menggunakan siung dari umbi yang diproduksi sebelumnya dengan ukuran siung pada setiap umbi berbeda-beda menyebabkan hasil tidak seragam. Penggunaan umbi hasil pertanaman sebelumnya secara terus menerus juga memungkinkan terjadinya transfer virus dan patogen ke generasi selanjutnya yang dapat berdampak pada penurunan produksi bawang putih.

Bawang putih Sangga Sembalun merupakan varietas unggul nasional yang berasal dari daerah Sembalun Lombok Timur, Nusa Tenggara Barat (Menteri Pertanian 1995). Varietas Sangga Sembalun ditanam di daerah tropis dengan ketinggian 800-1200 meter di atas permukaan

laut dengan suhu yang tidak terlalu rendah. Umur panen varietas ini yang hanya berkisar 100-115 HST (hari setelah tanam) lebih disukai oleh petani dibandingkan varietas berumur panjang. Bawang putih Sangga Sembalun memiliki aroma yang khas yaitu sangat tajam dan tekstur yang keras dibandingkan varietas impor. Hal ini berarti varietas tersebut mengandung senyawa organosulfur yang mengandung belerang lebih tinggi dibandingkan varietas impor (Hernawan and Setyawan 2003). Keunggulan lain yang dimiliki varietas ini adalah memiliki tingkat ketahanan yang baik terhadap cendawan *Alternaria* sp dan *Puccinia* sp (Menteri Pertanian 1995). Meskipun banyak keunggulan tetapi berdasarkan penelitian Sulistyaningrum *et al.* (2020) ternyata berat rata-rata umbi varietas sangga sembalun hanya sebesar 9.1 g, dimensi umbi sangga sembalun hanya berukuran 3.02 cm x 2.42 cm dengan berat siung 0,79 g per siung sementara bobot siung varietas impor (GBL) jauh lebih tinggi 2.5 sampai 6 g per siung. Kristina *et al.* (2023) mendapatkan diameter umbi Sangga Sembalun yang lebih besar dari 3.90 cm hanya sekitar 22.45% pada dosis NPK 900 kg/ha yang berarti persentase ini masih rendah. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan inovasi agar mendapatkan varietas Sangga Sembalun yang mempunyai umbi dan siung yang lebih besar. Salah satu caranya adalah dengan menghasilkan bibit unggul (Luz *et al.* 2022). Bibit unggul dapat diproduksi melalui perbanyakan benih menggunakan teknik kultur jaringan atau perbanyakan in vitro. Kultur jaringan merupakan salah satu cara perbanyakan vegetatif untuk memperoleh benih unggul dalam jumlah banyak, bebas virus dan patogen, dalam waktu relatif singkat serta tidak membutuhkan lahan yang luas (Rosmaina *et al.* 2015; Espinosa-Leal *et al.* 2018).

Proses mendapatkan bibit yang unggul secara invitro membutuhkan pengaturan aktivitas morfogenesis eksplan. Morfogenesis eksplan dipengaruhi oleh keseimbangan zat pengatur tumbuh (ZPT) sitokinin dan auksin. Aplikasi zat pengatur tumbuh baik eksogen maupun endogen menentukan arah pengembangan kultur (Ivanchenko *et al.* 2010; Park *et al.* 2017). Salah satu jenis sitokinin yang digunakan untuk morfogenesis eksplan adalah BAP (6-Benzyl Amino Purine). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Fauziah *et al.* (2015), 2 ppm BAP dikombinasikan dengan 0.1 ppm NAA adalah yang terbaik dalam menginduksi tunas bawang putih secara in vitro. Selain ZPT, cahaya sangat penting untuk keberhasilan kultur jaringan. Tumbuhan dapat memanfaatkan spektrum cahaya tampak, mulai dari 400 nm hingga 700 nm (Hopkins & Hüner 2009). Cahaya biru (435-520 nm) merupakan kualitas cahaya yang paling efektif untuk merangsang pertumbuhan tunas, sedangkan pembentukan akar dirangsang oleh cahaya merah (625-740 nm) dan sedikit cahaya biru karena warna cahayanya mudah diserap oleh tanaman (Yuniardi 2019). Ermawati *et al.* (2012) menyatakan bahwa tanaman krisan yang diberi cahaya dapat mempercepat pertumbuhan batang hingga 17.6 cm, warna cahaya biru menghasilkan tinggi batang 15 cm, dan warna cahaya kuning mencapai 11 cm. Nhut *et al.* (2015) melaporkan efek berbeda dari berbagai sumber cahaya pada kultur in vitro *Panax vietnamensis*. Mereka menemukan bahwa LED kuning meningkatkan berat segar dan kering kalus selama tiga bulan. Apabila menggunakan kombinasi 60% LED merah dan 40% LED biru, sebagian besar kalus embriogenik berkembang menjadi tanaman, menghasilkan 11.21 plantlet per eksplan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh warna cahaya LED di ruang kultur terhadap morfogenesis eksplan kalus bawang putih pada media MS+ BAP 2.5 ppm + NAA 0.1 ppm. Manfaat dari penelitian ini adalah memberi informasi ilmiah kepada praktisi kultur jaringan mengenai pengaruh cahaya dalam morfogenesis kalus bawang putih. Harapannya dengan adanya penelitian ini bisa menjadi pedoman bagi peneliti-peneliti sesudahnya dan menjadi salah satu langkah membantu pemerintah dalam membangun kemandirian pangan.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juni hingga September 2022.

Bahan dan Alat

Bahan tanam (eksplan) yang digunakan dalam penelitian ini adalah kalus bawang putih varietas Sangga Sembalun. Kalus ini merupakan hasil dari penelitian yang dilakukan oleh Rahmawati (2020) dengan sumber eksplan bulbil bawang putih. Kalus tersebut diinisiasi menggunakan media 2.4-D dan kinetin. Bahan kimia yang digunakan adalah : media MS (Murashige dan Skoog), sukrosa, pure agar, BAP, NAA, kinetin, 2.4-D, HCL/NaOH, alkohol 70%, alkohol 96%, bayclin (*Natrium Hipoklorit*) untuk sterilisasi eksplan, aquades steril, plastik kaca untuk menutup botol, plastik wrap, karet gelang, kertas HVS dan aluminium foil.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya lampu *Light Emite Dioda* (LED), digital timer, autoklaf, oven, *laminar air flow cabinet*, *hotplate*, *magnetic stirrer*, erlenmeyer, gelas piala, timbangan analitik, pipet mikro, botol kultur, rak kultur, batang pengaduk, petridish, labu ukur berbagai ukuran, gunting, pinset, spatula, tabung reaksi, bunsen, scalpel, cutter, plastik hitam, handsprayer, kertas label, kertas lakmus, kamera, dan alat tulis.

Penelitian ini menggunakan lampu LED dengan warna cahaya yang berbeda yaitu lampu LED merah, lampu LED biru dan lampu LED putih. Lampu LED yang digunakan memiliki daya 18 watt, bodi aluminium sebagai pendingin (peredam panas), dan dimensi lampu 30 cm x 5 cm per lampu. Flux cahaya per lampu adalah 1125 lumen. Jumlah lampu yang digunakan yaitu 5 lampu LED merah, 5 lampu LED biru dan 5 lampu LED putih.

Penyiapan Explan dan Media Kultur

Eksplan yang digunakan adalah kalus dari hasil penelitian sebelumnya. Kalus tersebut dipilih yang terbaik berwarna putih kekuningan kemudian disubkultur dan diperbanyak dengan menggunakan media MS 0 selama lebih kurang 2 bulan. Kalus hasil subkultur dipotong sama besar (0.5 mm) untuk dimasukkan ke dalam botol yang sudah berisi media MS + BAP 2.5 ppm + NAA 0.1 ppm. Kalus tidak diberi perlakuan sterilisasi eksplan dikarenakan berasal dari kondisi yang sudah aseptik.

Metode Penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan metode eksperimen menggunakan rancangan acak lengkap dengan satu faktor perlakuan yaitu warna cahaya yang terdiri dari 3 taraf yaitu merah, biru, dan putih. Setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali, sehingga diperoleh 15 satuan percobaan. Masing-masing satuan percobaan terdapat 4 botol kultur, sehingga jumlah botol kultur yang digunakan adalah 60 botol. Pada masing-masing botol kultur ditanam 1 eksplan. Peubah yang diamati pada penelitian ini diantaranya persentase kalus embriogenik, persentase eksplan membentuk tunas dan akar, laju pertumbuhan jumlah tunas dan tinggi tunas yang diamati dari 1 MST hingga 10 MST.

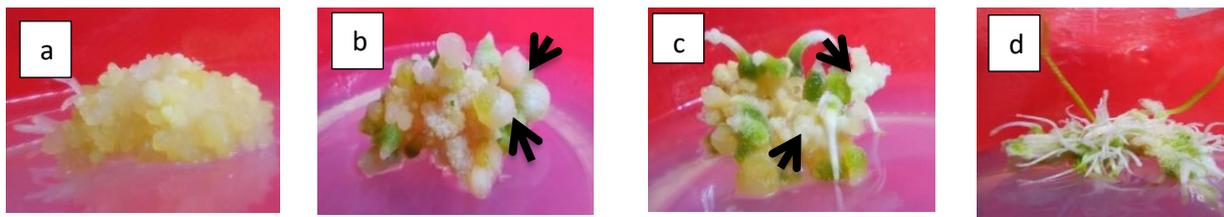
Analisis data

Data pengamatan dianalisis dengan uji F pada taraf 5%, dilanjutkan dengan *Duncan's Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf 5%. Data dalam persentase ditransformasikan menggunakan $\text{Arcsin } \sqrt{(x\%+0.5)}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase Kalus Embriogenik

Gambar 1. menunjukkan pertumbuhan dan perkembangan eksplan selama penelitian yang sesuai dengan pernyataan Yelnitis (2020), embriogenesis somatik in vitro melewati dua fase utama. Fase pertama menunjukkan terjadinya diferensiasi sel-sel somatik membentuk sel-sel embriogenik, diikuti dengan proliferasi sel-sel embriogenik tersebut membentuk kalus yang remah dan kompak (Gambar 1a). Lizawati (2012) menyatakan bahwa struktur kalus yang remah merupakan ciri kalus embriogenik karena kalus yang remah biasanya mudah pecah atau memisahkan sel-selnya menjadi sel tunggal. Secara visual kalus yang rapuh memiliki ikatan antar sel yang renggang. Kalus dapat terbelah, mudah patah dan menempel pada pinset. Widyawati (2010) menyatakan pembentukan kalus bertekstur remah dirangsang oleh adanya hormon endogen yang diproduksi secara internal oleh kalus, tekstur bisa rapuh atau padat berwarna kekuningan hingga kehijauan. Wahyuningtiyas (2014) menjelaskan bahwa eksplan yang berwarna hijau menunjukkan bahwa sel aktif membelah dan mengandung klorofil. Devy and Hardiyanto (2009), menjelaskan warna kekuningan dan kehijauan menunjukkan bahwa kalus embriogenik berpotensi menjadi embrio somatik. Fase kedua menunjukkan sel embriogenik atau kalus embriogenik berdiferensiasi membentuk embrio somatik. Marbun *et al.* (2015) menyatakan diferensiasi kalus embriogenik menjadi embrio somatik ditandai dengan kalus memasuki fase globular, lebih besar, berwarna kekuningan, dan berstruktur remah (Gambar 1b) sampai pada fase koleoptilar (Gambar 1c). Embrio somatik dewasa siap berkecambah, membentuk plantlet atau tanaman utuh (Gambar 1d) (Pardal 2002).



Gambar 1. Pertumbuhan dan Perkembangan Eksplan Bawang Putih. Kalus embriogenik (a), fase globular pada embrio somatik (b), fase koleoptilar pada embrio somatik (c), Planlet (d).

Tabel 1 menunjukkan bahwa tidak semua eksplan yang ditanam pada media MS + BAP 2,5 ppm dan NAA 0,1 ppm mampu membentuk kalus embriogenik. LED biru dapat mengoptimalkan pembentukan kalus embriogenik. bahkan mencapai 100% sementara LED putih dan merah masing-masingnya hanya 70 dan 35%. Hal ini sejalan dengan pernyataan Meneses *et al.* (2005) cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang membantu pembentukan kalus embriogenik. Warna cahaya yang tepat berpengaruh terhadap pembentukan kalus embriogenik. Lampu LED mempunyai beberapa material yang bersifat semiconductor. Celah energi semikonduktor menentukan warna (panjang gelombang) cahaya dan bahan yang digunakan untuk LED memiliki energi yang sesuai dengan cahaya tampak ultraviolet dekat, atau inframerah dekat. LED putih (lampu fluorescent) terdiri dari diode UV dengan fosfor kuning dengan spektrum atau panjang gelombang yang luas (400-700nm) (Syafriyudin & Ledhe 2015). LED Biru terdiri atas Indium gallium nitride dan Silicon carbide dengan panjang gelombang 450-500 nm. Bahan semiconductor LED merah berupa Aluminium gallium arsenide, Gallium arsenide phosphide, Aluminium gallium indium phosphide dan Gallium phosphide dengan panjang gelombang 610-760 nm (Dutta Gupta & Jatothu 2013). LED biru memiliki panjang gelombang yang pendek dengan tingkat energi yang tinggi, sehingga lebih banyak kalus embriogenik yang terbentuk pada lampu LED biru. Hal tersebut sejalan dengan pendapat dari Pramesti (2013), semakin besar nilai panjang gelombang, semakin kecil energinya, dan sebaliknya semakin besar tingkat energi, akan mempercepat laju fotosintesis.

Tabel 1. Persentase eksplan membentuk kalus embriogenik setelah diberi perlakuan warna cahaya pada 10 MST

Warna Cahaya LED	Persentase eksplan membentuk Kalus Embriogenik (%)
Merah	35 ^c
Biru	100 ^a
Putih	70 ^b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$

Pembentukan Tunas

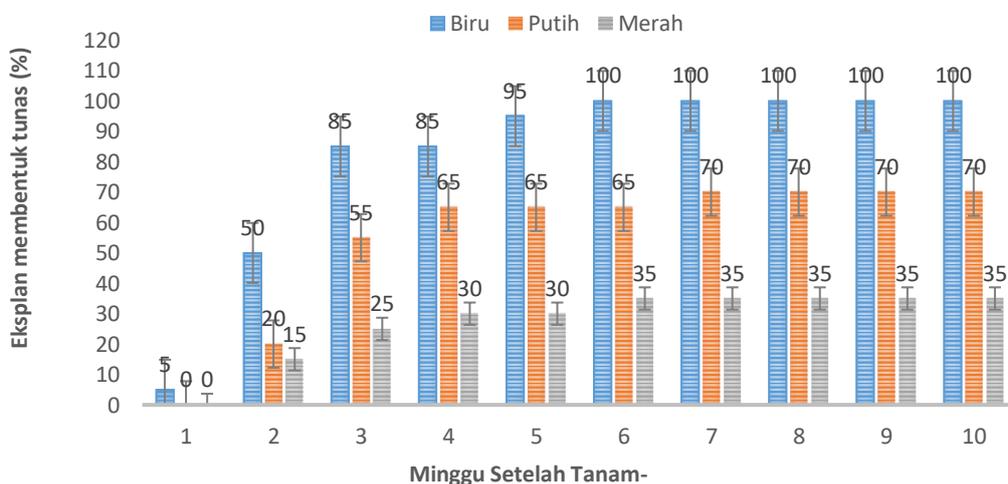
Berdasarkan hasil penelitian ini, warna cahaya mempengaruhi pembentukan tunas (**Kesalahan! Sumber referensi tidak ditemukan.**). LED biru umumnya menghasilkan tunas yang berwarna hijau, diikuti oleh LED putih. LED merah umumnya menghasilkan eksplan yang berwarna putih bening atau kekuningan.



Gambar 2. Penampilan tunas yang muncul pada setiap perlakuan warna cahaya. Lampu LED merah (a), Lampu LED biru (b) dan lampu LED putih (c)

Persentase Keberhasilan Eksplan Membentuk Tunas

Kesalahan! Sumber referensi tidak ditemukan.. menunjukkan bahwa pada minggu pertama, eksplan yang diberi perlakuan cahaya LED biru membentuk tunas sebesar 5%, sedangkan perlakuan lainnya belum menghasilkan tunas. Pada minggu ke-2, eksplan yang mendapat cahaya LED biru menghasilkan 50% tunas. Eksplan yang diberi lampu LED putih dan merah dapat membentuk tunas masing-masing sebesar 20% dan 15%. Pada minggu ke-6, semua eksplan yang mendapat perlakuan lampu LED biru telah membentuk tunas, eksplan yang diberi perlakuan lampu LED putih dapat menghasilkan tunas hingga 65%, sementara eksplan yang diberi lampu LED merah hanya dapat menghasilkan tunas sebesar 35%. Sejak minggu ketujuh dan seterusnya, persentase eksplan yang membentuk tunas pada setiap perlakuan lampu LED tidak mengalami perubahan. Fereol *et al.* (2002) mendapatkan kalus yang ditemukan dari daun bawang putih muda menunjukkan potensi embriogenik yang lebih tinggi dimana 75% dari kalus embriogenik berdiferensiasi menjadi embrio somatik globular setelah delapan minggu pada media B5 yang dilengkapi dengan 2.4 -D (0.1 mg/l) dan kinetin (0.5 mg/l). Namun pada perlakuan ini, dengan menggunakan media MS ditambah dengan BAP 2.5 ppm dan NAA 0.1 ppm pada cahaya biru dapat menghasilkan tunas 100% hanya dalam waktu 6 minggu.



Gambar 3. Persentase keberhasilan eksplan membentuk tunas pada setiap minggu

Hasil ini sejalan dengan Hurd *et al.* (2014) yang menemukan bahwa panjang gelombang cahaya yang sesuai dapat menjaga kelangsungan proses fotosintesis, termasuk pembelahan sel yang meningkatkan ukuran tanaman dan dapat mengoptimalkan pembentukan tunas. Pertumbuhan yang optimal tersebut dapat mensintesa berbagai hasil, antara lain peningkatan kadar hormon perangsang pertumbuhan dan pembentukan organ tanaman. Yuniardi (2019) juga melaporkan kualitas cahaya yang paling efektif untuk merangsang pertumbuhan tunas adalah spektrum cahaya biru, dengan panjang gelombang berkisar antara 435-520.

Waktu Muncul Tunas dan Jumlah Tunas per Eksplan

Tabel 2 menunjukkan jumlah tunas per eksplan bawang putih yang diberi perlakuan warna cahaya pada minggu ke-10. Perlakuan cahaya LED biru menghasilkan jumlah tunas terbanyak dibandingkan perlakuan lainnya yaitu sekitar 9.35 tunas, diikuti lampu LED putih dengan rata-rata 5.3 tunas. Perlakuan cahaya LED merah hanya menghasilkan 2.6 tunas. Cahaya LED biru merupakan perlakuan terbaik untuk variabel jumlah tunas dimana semua eksplan kalus dapat berdiferensiasi menjadi tunas. Sebaliknya, tidak semua eksplan kalus dapat berdiferensiasi menjadi tunas pada perlakuan cahaya LED putih dan merah.

Tingkat energi yang tinggi pada cahaya biru dapat meningkatkan laju transpor elektron di pusat fotosintesis. Peningkatan laju fotosintesis akan meningkatkan efek pada kecepatan munculnya tunas dan jumlah tunas. Lampu merah memiliki tingkat energi yang rendah, sehingga

transpor elektron lebih lambat. Itulah alasan mengapa jumlah tunas yang terbentuk paling sedikit. Warna lampu merah kurang efektif bila digunakan secara tunggal untuk menginduksi tunas. Efek yang sama juga didapatkan oleh Martínez-Estrada *et al.* (2016), bahwa LED merah menghasilkan jumlah tunas paling sedikit sedangkan kombinasi LED biru dan merah menghasilkan jumlah tunas terbanyak pada pengaruh warna cahaya terhadap morfogenesis eksplan kalus bawang putih secara *In Vitro* (Ramadani *et al.*).

Anthurium Andreanum lind. Santoso *et al.* (2020) menyatakan bahwa warna merah dan biru merupakan spektrum yang dibutuhkan tanaman dalam fotosintesis, namun jika digunakan secara terpisah sebagai sumber cahaya tidak dapat memenuhinya untuk pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, cahaya LED merah harus disertai dengan cahaya LED biru dengan perbandingan rasio yang tepat.

Tabel 2. Pertumbuhan tunas eksplan bawang putih yang diberi perlakuan warna cahaya pada 10 MST

Warna Cahaya LED	Waktu Muncul Tunas (HST)	Jumlah Tunas (Tunas)	Tinggi Tunas (mm)
Merah	17.20	2.60 ^c	10.20
Biru	16.70	9.35 ^a	13.30
Putih	17.42	5.30 ^b	10.94

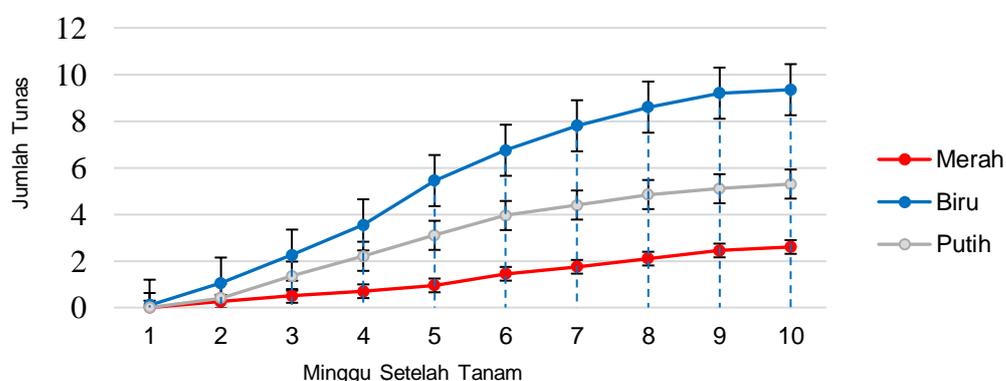
Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf $\alpha=5\%$

Tinggi tunas pada setiap warna LED masih rendah, rata-rata hanya 10,2 mm – 13,30 mm. Kombinasi 2,5 ppm BAP sebagai sitokinin dan 0,1 ppm NAA sebagai auksin pada media kultur pada semua warna cahaya belum berhasil meningkatkan parameter tinggi tunas. Sitokinin berperan dalam mempercepat pembelahan sel, sedangkan auksin berperan dalam pemanjangan sel (Hopkins and Hüner 2009). Martínez-Estrada *et al.* (2016) menghasilkan tinggi tunas paling panjang pada lampu LED merah, tetapi tunasnya rapuh. Dalam penelitian ini, jenis warna LED tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap tinggi tunas. Sebaliknya Lotfi (2022) mendapatkan bahwa kombinasi LED merah dan LED biru memberikan hasil yang lebih optimal untuk regenerasi tanaman *Pyrus communis* "Arbi" secara *in vitro* dibandingkan dengan LED biru, LED merah, atau lampu neon secara terpisah.

Laju Pertambahan Jumlah Tunas per Eksplan

Gambar 4.

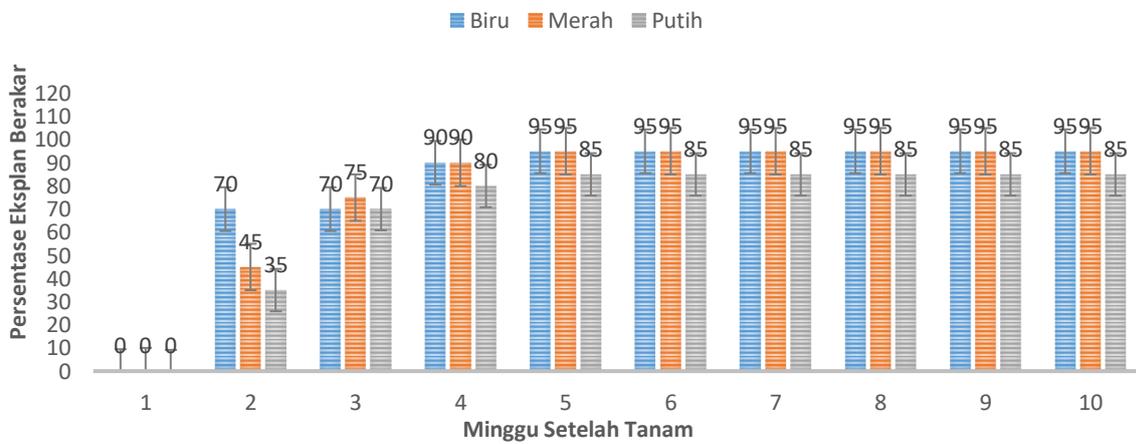
Gambar 4. Laju pertumbuhan jumlah tunas per eksplan bawang putih setiap minggu. menunjukkan perbedaan warna LED memberikan pengaruh yang berbeda terhadap laju pertumbuhan jumlah tunas dari eksplan kalus bawang putih. Hasil ini sejalan dengan Campbell *et al.* (2008) bahwa perbedaan warna cahaya LED akan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan eksplan karena setiap warna cahaya memiliki panjang gelombang tertentu yang diserap oleh tanaman dalam proses fotosintesis dan proses pertumbuhan. Jumlah tunas yang dihasilkan LED biru terus meningkat secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan LED putih dan merah.



Gambar 4. Laju pertumbuhan jumlah tunas per eksplan bawang putih setiap minggu.

Pembentukan Akar
Persentase Keberhasilan Eksplan Membentuk Akar

Gambar 5. menunjukkan persentase eksplan membentuk akar pada setiap minggu tidak berbeda. Diduga selain cahaya, pertumbuhan akar juga dipengaruhi oleh keseimbangan auksin endogen yang terkandung dan auksin eksogen yang diberikan. Penambahan 0.1 ppm NAA pada penelitian ini diduga dapat merangsang pembentukan akar hampir pada keseluruhan eksplan. Secara keseluruhan hormon auksin berguna untuk persentase perakaran, mempercepat inisiasi pengakaran, meningkatkan jumlah dan kualitas akar serta mendorong pengakaran yang seragam (Macdonald 2000). Selain itu akar dapat terbentuk karena adanya metabolisme cadangan nutrisi berupa karbohidrat yang menghasilkan energi untuk mendorong pembelahan sel-sel baru dalam jaringan (Kastono *et al.* 2005)



Gambar 5. Persentase eksplan membentuk akar pada setiap minggu

Waktu Muncul Akar, Jumlah Akar per eksplan dan Panjang Akar

Tabel 3 menunjukkan perbedaan warna lampu LED tidak memberikan perbedaan yang signifikan terhadap waktu muncul akar dan panjang akar tetapi jumlah akar dipengaruhi oleh warna cahaya LED. LED merah menghasilkan jumlah akar yang paling banyak. Sebaliknya LED biru mampu menghasilkan tunas per eksplan lebih banyak dan lebih cepat tetapi tetap mampu mendorong pembentukan akar yang cukup baik setiap minggu. Yusnita (2003) juga mendapatkan kualitas cahaya yang paling efektif untuk merangsang pertumbuhan akar adalah cahaya LED merah dengan panjang gelombang berkisar 625-740 nm.

Tabel 3. Waktu muncul akar, jumlah dan panjang akar eksplan bawang putih yang diberi perlakuan warna cahaya pada 10 MST

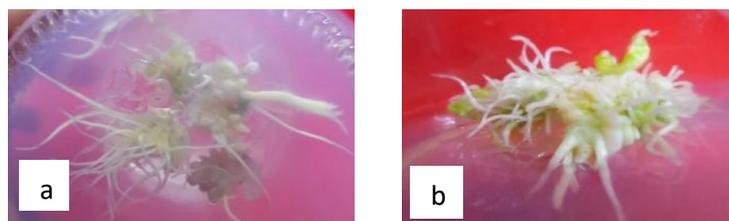
Warna Cahaya LED	Waktu Muncul Akar (HST)	Jumlah Akar	Panjang Akar (mm)
Merah	15.25	13.30 ^a	14.60
Biru	13.75	9.30 ^b	12.20
Putih	6.63	6.75 ^b	9.75

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT pada taraf =5%

Laju Pertambahan Jumlah Akar per Eksplan

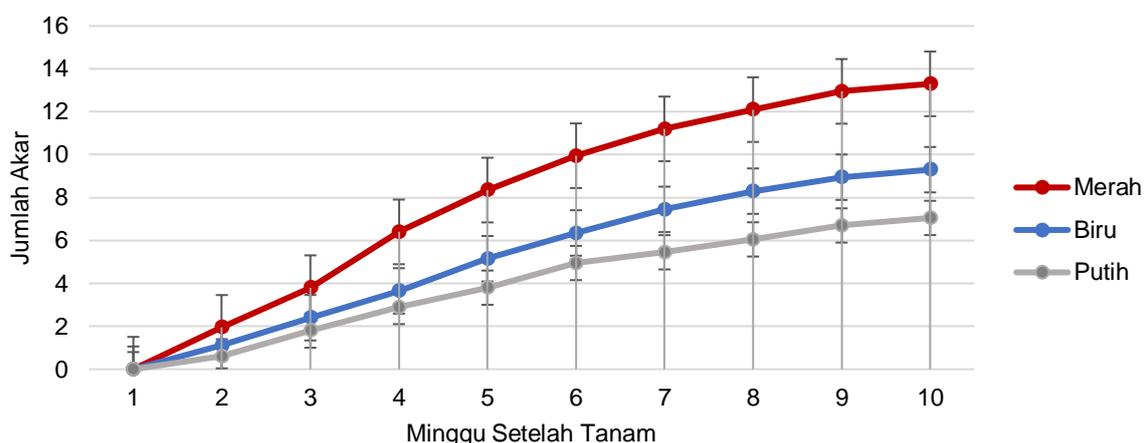
Akar tumbuh secara bergerombol dan masuk ke dalam media dengan karakteristik yang hampir sama yaitu berwarna bening dan tidak berbulu sementara tunas tumbuh ke atas

permukaan media tanam dan pada LED biru kebanyakan tunas yang terbentuk di awal berwarna hijau.



Gambar 6. Penampilan akar eksplan bawang putih pada LED biru yang difoto dari bawah botol (a). Penampilan tunas dan akar yang difoto dari atas media (b)

Gambar 6. menunjukkan LED merah menghasilkan pertambahan jumlah akar dari minggu ke 1 sampai 10 setelah tanam yang lebih tinggi dibandingkan LED biru dan putih. Hal ini berarti cahaya LED merah lebih mampu merangsang pertumbuhan akar dibandingkan pertumbuhan tunas. Pembentukan planlet lebih diarahkan pada awalnya untuk menginduksi lebih banyak tunas dibandingkan akar sehingga aktivitas fotosintesis dapat berlangsung lebih baik. Wardana (2016) menjelaskan embrio somatik seharusnya memang merupakan embrio zigotik yang bersifat bipolar. Calon tunas dan calon akar dikembangkan secara bersamaan, sehingga tahap rooting tidak diperlukan. Faktor lain juga berpengaruh terhadap jumlah akar seperti keseimbangan ZPT yang diberikan dan interaksi antara hormon auksin endogen dengan sitokinin eksogen.



Gambar 7. Laju pertumbuhan jumlah akar per eksplan bawang putih setiap minggu.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perbedaan perlakuan warna LED memberikan pengaruh yang berbeda dalam morfogenesis eksplan kalus bawang putih. Cahaya LED biru merupakan warna cahaya yang efektif untuk meningkatkan persentase eksplan membentuk kalus embriogenik, meningkatkan persentase eksplan yang membentuk tunas dan mempunyai laju pertumbuhan jumlah tunas per eksplan tertinggi pada setiap minggu sembari tetap mampu membentuk akar. Warna cahaya LED yang berbeda tidak memberikan perbedaan pada waktu muncul akar dan panjang akar, namun demikian warna cahaya merah secara nyata meningkatkan pertumbuhan akar per eksplan pada setiap minggu dibanding warna LED yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Andalas atas dukungan dana dalam skema Penelitian Dasar (PD) Tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik 2022, *Statistik Hortikultura 2022*, Direktorat Statistik Tanaman Pangan Hortikultura dan Perkebunan (ed), BPS RI/BPS-Statistics Indonesia, Jakarta.
Campbell NA, Reece JB, Urry LA, Cain ML, Wasserman SA, Minorsky PV and Jackson RB 2008,

Biology, Erlangga, Jakarta

- Devy NF & Hardiyanto 2009, 'Kemampuan regenerasi kalus segmen akar pada beberapa klon bawang putih lokal secara in vitro', *J. Hort.*, vol. 19, no. 1, hlm.6–13.
- Dutta Gupta S and Jatothu B 2013, 'Fundamentals and applications of light-emitting diodes (LEDs) in in vitro plant growth and morphogenesis', *Plant Biotechnology Reports*, vol. 7, no. 3, pp. 211–220, doi:10.1007/s11816-013-0277-0.
- Ermawati D, Indradewa D & Trusnowati S 2012, 'Pengaruh warna cahaya tambahan terhadap pertumbuhan dan pembungaan tiga varietas tanaman krisan (*Chrysanthemum morifolium*) Potong', *Vegetalika*, vol. 1, no. 3, hlm. 31–42.
- Espinosa-Leal CA, Puente-Garza CA & García-Lara S 2018, 'In vitro plant tissue culture: means for production of biological active compounds', *Planta*, vol. 248, no.1, doi:10.1007/s00425-018-2910-1.
- Fauziah A & Widoretno W 2015, 'Regenerasi tanaman dari eksplan kalus bawang putih (*Allium sativum* L.) secara in vitro', *Jurnal Biotropika*, vol. 3, no. 1, hlm. 32–35.
- Fereol L, Chovelon V, Causse S, Michaux-Ferriere N & Kahane R 2002, 'Evidence of a somatic embryogenesis process for plant regeneration in garlic (*Allium sativum* L.)', *Plant Cell Reports*, vol. 21, no. 3, pp. 197–203, doi:10.1007/s00299-002-0498-0.
- Hernawan UE & Setyawan AD 2003, 'Review: organosulphure compound of garlic (*Allium sativum* L.) and its biological activities', *Biofarmasi Journal of Natural Product Biochemistry*, vol. 1, no. 2, pp. 65–76, doi:10.13057/biofar/f010205.
- Hopkins WG & Hüner NPA 2009, *Introduction to plant physiology*, John Wiley & Sons, New York.
- Hurd CL, Harrison PJ & Vancouver, Kai Bischof CSL 2014, *Seaweed ecology and physiology*, 2nd edn, Cambridge University Press, New York.
- Ivanchenko MG, Napsucially-Mendivil S & Dubrovsky JG 2010, 'Auxin-induced inhibition of lateral root initiation contributes to root system shaping in *Arabidopsis thaliana*', *Plant Journal*, vol. 64, no. 5, pp. 740–752, doi:10.1111/j.1365-313X.2010.04365.x.
- Kastono D, Sawitri H & Siswandono 2005, 'The effects of internode number of cutting and dosage of urea fertilizer on growth and yield of kidney tea', *Ilmu Pertanian*, vol. 12, no. 1, pp. 56–64, <https://jurnal.ugm.ac.id/jip/article/view/59936/29292>.
- Kristina N, Yusniwati, Warnita & Resigia E 2023, 'Growth and quality of seed bulb of four garlic varieties on different NPK level at Alahan Panjang, Indonesia', *AIP Conference Proceedings*, 2583 (January 2022), doi:10.1063/5.0116061.
- Lisiswanti R & Haryanto FP 2017, 'Allicin pada Bawang Putih (*Allium sativum*) sebagai Terapi Alternatif Diabetes Melitus Tipe 2', *Jurnal Majority*, 6 (2):31–36, <http://juke.kedokteran.unila.ac.id/index.php/majority/article/view/1009>.
- Lizawati 2012, 'Calli Proliferation and Somatic Embryogenesis of Physic Nut (*Jatropha curcas* L.) Various Combination with PGR's and Amino Acids', *Bioplantae*, 1(4):256–265, <https://online-journal.unja.ac.id/index.php/bioplante/article/view/1726>.
- Lotfi M 2022, 'Effects of monochromatic red and blue light-emitting diodes and phenyl acetic acid on in vitro mass production of *Pyrus communis* "Arbi"', *Journal of Horticulture and Postharvest Research*, vol. 5, no. 2, pp.119–128, doi:10.22077/jhpr.2021.4517.1229.
- Luz JMQ, de Azevedo BNR, Silva SM, de Oliveira CIG, de Oliveira TG, de Oliveira RC and Castoldi R 2022, 'Productivity and quality of garlic produced using below-zero temperatures when treating seed cloves', *Horticulturae*, vol. 8, no. 2, pp. 1–12, doi:10.3390/horticulturae8020096.
- Macdonald B 2000, *Practical woody plant propagation for nursery growers*, Timber Press, Portland Oregon.
- Marbun CLM, Toruan-Mathius N, Reflini, Utomo C & Liwang T 2015, 'Micropropagation of embryogenic callus of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using temporary immersion system', *Procedia Chemistry*, vol. 14, pp. 122–129, doi:10.1016/j.proche.2015.03.018.
- Martínez-Estrada E, Caamal-Velázquez JH, Morales-Ramos V and Bello-Bello JJ 2016, 'Light emitting diodes improve in vitro shoot multiplication and growth of *Anthurium andreanum* lind.', *Propagation of Ornamental Plants*, vol. 16, no. 1, pp. 3–8.
- Meneses A, Flores D, Muñoz M, Arrieta G & Espinoza AM 2005, 'Effect of 2,4-D, hydric stress and light on indica rice (*Oryza sativa*) somatic embryogenesis', *Revista de Biología Tropical*, vol. 53, no.3–4, pp. 361–368, doi:10.15517/rbt.v53i3-4.14598.
- Menteri Pertanian 1995, *Deskripsi Bawang Putih Varietas Sangga Sembalun*, <http://varitas.net/dbvarietas/deskripsi/2031.pdf>, accessed 25 January 2021.

- Nhut DT, Huy NP, Tai NT, Nam NB, Luan VQ, Hien VT, Tung HT, Vinh BT & Luan TC 2015, 'Light-emitting diodes and their potential in callus growth, plantlet development and saponin accumulation during somatic embryogenesis of panax vietnamensis Ha et Grushv', *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, vol. 29, no. 2, pp. 299–308, doi:10.1080/13102818.2014.1000210.
- Pardal SJ 2002, 'Perkembangan penelitian regenerasi dan transformasi pada tanaman kedelai', *Buletin AgroBio*, vol. 5, no. 2, hlm. 37–44.
- Park SH, Elhiti M, Wang H, Xu A, Brown D & Wang A 2017, 'Adventitious root formation of in vitro peach shoots is regulated by auxin and ethylene', *Scientia Horticulturae*, vol. 226, pp. 250–260, doi:10.1016/j.scienta.2017.08.053.
- Pramesti R 2013, 'Media air laut yang diperkaya terhadap laju pertumbuhan rumput *Gracilaria Lichenoides* (L) Harvey', *Buletin Oseanografi Marina*, vol. 2, no. 1, hlm. 66–73, <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma/article/view/6929>.
- Rosmaina, Zulfahmi, Sutejo P & Maisupratina 2015, 'Induksi Kalus Pasak Bumi (*Eurycoma longifolia* Jack) melalui eksplan daun dan petiol', *Jurnal Agrotekonologi*, vol. 6, no. 1, hlm. 33-40.
- Santoso J, Suhardjono H & Wattimury A 2020, 'The study of color spectrum curs value against sunlight color and artificial light for plant growth', vol. 2020, pp. 11–22, doi:10.11594/nstp.2020.0602.
- Sulistyaningrum A, Kiloes AM & Darudriyo D 2020, 'Analisis regresi penampilan bawang putih sangga sembalun dan lumbu kuning selama penyimpanan dalam suhu ruang', *Jurnal Agronida*, vol. 6, no. 1, hlm. 34, doi:10.30997/jag.v6i1.2599.
- Syafriyudin & Ledhe NT 2015, 'Analisis pertumbuhan tanaman krisan pada variabel warna cahaya lampu LED', *Jurnal Teknologi*, vol. 8, no. 1, hlm. 83–87.
- Wahyuningtiyas L 2014, 'Induksi kalus akasia (*Acacia mangium*) dengan penambahan kombinasi 2,4-D dan BAP pada media MS', Skripsi, Jurusan Biologi Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Malang, Malang.
- Wardana 2016, 'Variasi rasio amonium dan nitrat terhadap perkembangan embrio somatik bawang putih (*Allium sativum*) secara in vitro', *Jurnal Penelitian Sains*, vol. 18, no. 2, hlm. 2–5.
- Widyawati G 2010, *Pengaruh Variasi Konsentrasi NAA dan BAP Terhadap Induksi Kalus Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.)*, Tesis, Pascasarjana, Universitas Sebelas Maret, Solo.
- Yelnititis Y 2020, 'Induksi kalus embriogenik dan embrio somatik dari eksplan daun kulim (*Scorodacarpus borneensis* Becc.)', *Jurnal Pemuliaan Tanaman Hutan*, vol. 14, no. 2, hlm. 73–81, doi:10.20886/jpth.2020.14.2.73-81.
- Yuniardi F 2019, 'Aplikasi dimmer switch pada rak kultur sebagai pengatur kebutuhan intensitas cahaya optimum bagi tanaman in vitro', *Indonesian Journal of Laboratory*, vol. 1, no. 4, hlm. 8, doi:10.22146/ijl.v1i4.52991.
- Yusnita 2003, *Kultur Jaringan Cara Memperbanyak Tanaman Secara Efisien*, Agromedia, Jakarta.