

Pengaruh Varietas Kentang dan Spektrum Cahaya Light Emitting Diode terhadap Kandungan Klorofil Planlet Kentang pada Sistem Kultur In Vitro

Prasetyo Dwi Nurwidodo^{*1}, Suprayogi², Noor Farid³

^{1,2,3}Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Indonesia
Email: ^{*1}praszetus10@gmail.com, ²suprayogi@unsoed.ac.id, ³noor.farid@unsoed.ac.id

Abstrak

Keterbatasan kajian mengenai pengaruh spektrum cahaya LED terhadap respons fisiologis berbagai varietas kentang pada kultur *in vitro* masih menjadi kendala dalam upaya optimalisasi produksi bibit secara efisien. Variasi spektrum cahaya diketahui dapat memengaruhi proses fotosintesis, pertumbuhan, serta akumulasi klorofil planlet secara berbeda antardiferensiasi varietas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh spektrum cahaya LED terhadap fisiologis eksplan kentang pada kultur *in vitro*, pengaruh varietas kentang terhadap fisiologis eksplan kentang pada kultur *in vitro* dan serta interaksi antara keduanya. Lima jenis spektrum cahaya LED diaplikasikan dan dilihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan eksplan 5 varietas kentang *in vitro*. Percobaan menggunakan Rancangan Split-plot tiga ulangan dengan rancangan dasar RAKL. Kandungan klorofil planlet kentang diukur menggunakan metode Arnon (1949) melalui ekstraksi 0,1 g daun dengan aseton 80%, dilanjutkan pengukuran absorbansi pada λ 645 nm dan 663 nm. Data dianalisis menggunakan uji F dan dilanjutkan dengan uji DMRT pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa spektrum cahaya LED berpengaruh sangat nyata terhadap fisiologis eksplan kentang pada minggu keempat setelah kultur, dengan cahaya putih dan kombinasi cahaya *red-green-blue* (RGB) menghasilkan kandungan klorofil tertinggi. Varietas kentang berpengaruh sangat nyata terhadap fisiologis eksplan kentang pada kultur *in vitro*, dengan varietas Tedjo MZ menunjukkan performa terbaik. Tidak ada interaksi nyata antara varietas kentang dan spektrum cahaya LED terhadap fisiologis planlet kentang pada kultur *in vitro*. Temuan ini memberikan dasar ilmiah bagi optimasi sistem pencahayaan kultur *in vitro* kentang untuk meningkatkan efisiensi produksi bibit berkualitas.

Kata kunci: Fisiologis, kultur *in vitro*, spektrum cahaya LED, varietas kentang

Abstract

The limited studies on the effects of LED light spectra on the physiological responses of different potato varieties under in vitro culture remain a challenge in optimizing seed production efficiency. Variations in light spectra are known to influence photosynthesis, growth, and chlorophyll accumulation in plantlets differently among varieties. This study aimed to determine the effects of LED light spectra on the physiological responses of potato explants in vitro, the effects of potato varieties, and their interaction. Five types of LED light spectra were applied to observe their effects on the growth of five in vitro potato varieties. The experiment used a Split-plot Design with three replications based on a Randomized Complete Block Design (RCBD). Chlorophyll content was measured using the Arnon (1949) method by extracting 0.1 g of leaf tissue with 80% acetone and measuring absorbance at wavelengths of 645 nm and 663 nm. Data were analyzed using the F-test followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at a 5% significance level. The results showed that LED light spectra had a highly significant effect on the physiological responses of potato explants at the fourth week after culture, with white and red-green-blue (RGB) light producing the highest chlorophyll content. Potato varieties also had a highly significant effect on the physiological responses of in vitro cultures, with the Tedjo MZ variety showing the best performance. No significant interaction was found between potato varieties and LED light spectra. These findings provide a scientific basis for optimizing in vitro lighting systems to enhance the efficiency of high-quality potato seed production.

Keywords: *In vitro culture*, , LED light spectra, , physiology, potato varieties

1. PENDAHULUAN

Kentang (*Solanum tuberosum* L.) merupakan komoditas pangan penting secara global dengan produksi dunia mencapai 375 juta ton pada tahun 2022 (FAOSTAT dalam *Potato News Today*, 2024). Data ini menegaskan pentingnya kentang sebagai komoditas pangan utama, dengan luas panen dunia mencapai 17,788 juta hektar. Sebagai sumber karbohidrat utama setelah padi, jagung, dan gandum, peningkatan konsumsi kentang menuntut ketersediaan benih sehat dan bermutu tinggi untuk menjaga produktivitas. Namun, di tingkat petani, kualitas benih sering menurun akibat akumulasi patogen seperti PVY dan PLRV yang dapat menurunkan hasil hingga 30–40% (Kumar & Ranjan, 2025). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, penerapan teknologi kultur jaringan *in vitro* menjadi solusi potensial dalam produksi benih bebas penyakit. Menurut Rahmawati et al., (2020), penggunaan benih *in vitro* pada petani di Jawa Tengah mampu meningkatkan produktivitas kentang hingga dua kali lipat dibanding benih konvensional. Oleh karena itu, optimalisasi komponen lingkungan dalam sistem kultur, terutama penggunaan spektrum cahaya berbasis LED, menjadi sangat relevan guna memperoleh planlet yang lebih sehat dan berdaya fotosintesis tinggi.

Dalam sistem kultur *in vitro*, cahaya bukan hanya sumber energi, tetapi juga sinyal lingkungan yang mengatur pembentukan klorofil, perkembangan kloroplas, dan performa fotosintesis planlet. Penelitian yang dilakukan oleh Lisina et al., 2024 menunjukkan bahwa spektrum LED merah–biru atau spektrum luas (merah, biru, putih) mampu meningkatkan kandungan klorofil dan karotenoid serta memperbaiki struktur kloroplas planlet kentang dibanding cahaya merah tunggal atau spektrum sempit lainnya. Namun, pada banyak laboratorium kultur jaringan, penggunaan cahaya masih didominasi lampu fluoresen atau LED dengan komposisi spektrum yang belum terstandarisasi, sehingga respon fisiologis planlet, termasuk kandungan klorofil, sering kali belum optimal.

Klorofil merupakan pigmen utama fotosintesis yang berperan dalam penyerapan energi cahaya dan konversinya menjadi energi kimia pada reaksi terang. Klorofil a menyerap cahaya paling efisien pada sekitar 430 nm (biru) dan 662 nm (merah), sedangkan klorofil b menyerap pada sekitar 453 nm (biru) dan 642 nm (merah) (Huh & Lee, 2022), sehingga kombinasi spektrum biru dan merah sangat penting untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya. Klorofil a dan b memiliki puncak serapan pada wilayah biru dan merah, sehingga kualitas spektrum cahaya akan sangat menentukan efisiensi pemanfaatan energi cahaya oleh planlet. Penggunaan spektrum yang tidak sesuai dengan daerah serapan klorofil berpotensi menurunkan akumulasi pigmen fotosintetik, menurunkan kapasitas fotosintesis, dan akhirnya menghambat vigor planlet yang dihasilkan pada kultur *in vitro*.

Secara ideal, sistem kultur *in vitro* kentang baiknya menggunakan spektrum cahaya LED yang teroptimasi sesuai puncak serapan klorofil, sehingga kandungan klorofil a dan b tinggi, struktur kloroplas normal, serta performa fotosintesis planlet maksimal. Selain itu, sistem tersebut diharapkan menghasilkan respons fisiologis planlet yang stabil dan konsisten antar varietas, sehingga efisiensi produksi benih kultur jaringan dapat ditingkatkan di berbagai genotipe kentang yang dibudidayakan.

Namun, terdapat beberapa kesenjangan yang muncul. Pertama, meskipun telah dilaporkan bahwa kombinasi LED merah–biru dan spektrum luas mampu meningkatkan kandungan klorofil serta memperbaiki anatomi daun pada planlet kentang (Rahman et al., 2021), sebagian besar penelitian berfokus pada kombinasi warna tertentu (Chen et al., 2018) dan belum banyak yang secara simultan membandingkan spektrum putih, merah, hijau, biru, dan kombinasi RGB dalam kondisi kultur *in vitro* kentang. Kedua, variasi genetik antar varietas kentang berpotensi menimbulkan respons fisiologis yang berbeda terhadap spektrum cahaya, namun kajian yang secara khusus mengaitkan interaksi varietas–spektrum LED dengan kandungan klorofil daun pada kultur *in vitro* masih terbatas.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan menguji dan membandingkan berbagai spektrum cahaya LED (putih, merah, hijau, biru, dan kombinasi RGB) terhadap kandungan klorofil planlet beberapa varietas kentang (Tedjo MZ, Granola L, Granola Kembang, Dayang Sumbi Agrihorti, dan Atlantik Malang) dalam sistem kultur *in vitro*. Pendekatan ini diharapkan menghasilkan kombinasi spektrum–varietas paling efektif untuk memaksimalkan fotosintesis dan kualitas fisiologis planlet, serta menjadi dasar rekomendasi pengaturan cahaya yang efisien untuk produksi benih kentang.

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada pendekatan komparatif dan interaktif antara beragam spektrum LED dan beberapa varietas kentang secara simultan, sesuatu yang belum dilakukan secara

menyeluruh dalam studi terdahulu seperti Lisina et al., (2024) dan Rahman et al., (2021), yang hanya berfokus pada kombinasi warna tertentu. Dengan mengkaji hubungan lintas-varietas dan lintas-spektrum secara terintegrasi, hasil penelitian ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman tentang mekanisme adaptasi fotofisiologis planlet kentang terhadap kualitas cahaya serta mendorong standardisasi sistem pencahayaan LED untuk kultur jaringan kentang di laboratorium penelitian dan produksi benih nasional.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Agronomi dan Hortikultura Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah planlet kentang varietas Tedjo MZ, Granola L, Granola Kembang, Dayang Sumbi Agrihorti dan Atlantik Malang yang diberi perlakuan pencahayaan dengan spektrum yang berbeda-beda, aseton 80%, kertas saring Whatman dan lembar pengamatan. Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain tabung reaksi, rak tabung, *spektrofotometer*, kamera dan alat tulis.

Kandungan klorofil daun pada planlet kentang pada umur tiga dan empat minggu setelah kultur diukur dengan metode Arnon (1949), dilakukan dengan mengekstrak daun sebanyak 0,1 g digerus menggunakan mortar dan ditambah 10ml aseton 80%. Kemudian daun yang telah halus tersebut disaring dengan menggunakan kertas saring Whatman tipe no 42 pada tiap varietas. Filtrat hasil penyaringan tersebut merupakan ekstrak klorofil. Semua proses dilakukan dalam kondisi terhindar dari cahaya. Dilakukan pengukuran absorbansi pada λ 645 nm dan 663 nm.

Percobaan dilaksanakan dengan Rancangan Split-plot tiga ulangan dengan rancangan dasar RAKL dengan dua faktor perlakuan. Faktor utama (*main-plot*) adalah spektrum cahaya LED (C) dengan 5 taraf: C1 = Putih (kontrol), C2 = Merah, C3 = Hijau, C4 = Biru, dan C5 = RGB. Faktor kedua (*sub-plot*) adalah varietas kentang (V) dengan 5 taraf: V1 = Tedjo MZ, V2 = Granola L, V3 = Granola Kembang, V4 = Dayang Sumbi Agrihorti, dan V5 = Atlantik Malang. Total kombinasi perlakuan adalah: $5 \times 5 = 25$ kombinasi perlakuan.

Tabel 1 Kombinasi perlakuan dua faktor varietas kentang dan spektrum cahaya LED

| | C1 (Putih) | C2 (Merah) | C3 (Hijau) | C4 (Biru) | C5 (RGB) |
|-----------------------------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| V1 (Tedjo MZ) | V1C1 | V1C2 | V1C3 | V1C4 | V1C5 |
| V2 (Granola L) | V2C1 | V2C2 | V2C3 | V2C4 | V2C5 |
| V3 (Granola Kembang) | V3C1 | V3C2 | V3C3 | V3C4 | V3C5 |
| V4 (Dayang Sumbi Agrihorti) | V4C1 | V4C2 | V4C3 | V4C4 | V4C5 |
| V5 (Atlantik Malang) | V5C1 | V5C2 | V5C3 | V5C4 | V5C5 |

Setiap perlakuan diuji dalam 3 ulangan (blok). Dalam setiap ulangan, tiap rak (*chamber*) dikhususkan untuk satu spektrum (*main-plot*), dan kelima varietas diacak menjadi *sub-plot* di dalam rak tersebut. Berdasarkan rancangan tersebut, terdapat 15 *main-plot* dan 75 unit percobaan (*sub-plot*). Randomisasi dilakukan pada penempatan spektrum ke rak (penempatan *main-plot* dalam setiap blok) dan pada penempatan varietas ke *sub-plot* (botol kultur) di dalam setiap *main-plot*.

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) dengan perangkat lunak Microsoft Excel pada taraf $\alpha = 5\%$. Jika terdapat pengaruh nyata berdasarkan uji F, dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf yang sama.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil

Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa kandungan klorofil pada planlet kentang mengalami penurunan secara umum dari minggu ke-3 ke minggu ke-4 setelah kultur di semua perlakuan spektrum LED, dengan penurunan paling rendah pada C1 (dari 0,055a menjadi 0,048a) dan paling signifikan pada C2 (dari 0,009b menjadi 0,006c). Penurunan ini kemungkinan disebabkan oleh transisi fase morfogenik dari proliferasi awal ke elongasi dan diferensiasi akar, di mana alokasi energi bergeser dari sintesis pigmen

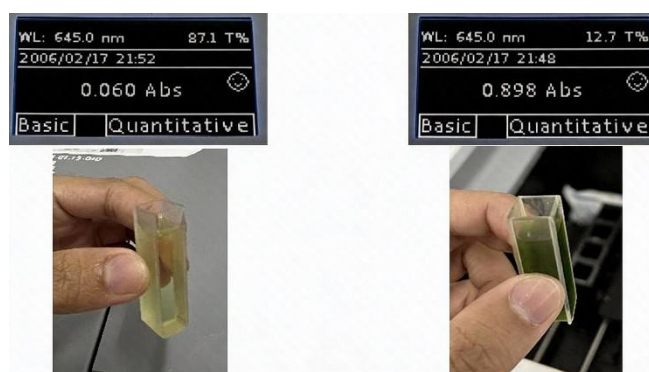
fotosintetik ke pembentukan struktur vaskular dan akar, sehingga mengurangi akumulasi klorofil sementara (Rahman et al., 2021). Selain itu, intensitas cahaya kumulatif selama periode kultur yang lebih panjang dapat memicu degradasi klorofil melalui fotooksidasi (Lingvay et al., 2020), terutama pada spektrum sempit seperti merah (C2) dan hijau (C3) yang kurang optimal untuk pemeliharaan kloroplas jangka panjang pada kondisi *in vitro*

Tabel 2. Pengaruh spektrum cahaya LED terhadap kandungan klorofil daun planlet kentang pada kultur *in vitro*

| Perlakuan | Kandungan klorofil daun (mg/g) | |
|-----------|--------------------------------|----------|
| | 3 MSK | 4 MSK |
| C1 | 0,055 a | 0,048 a |
| C2 | 0,009 b | 0,006 c |
| C3 | 0,009 b | 0,008 c |
| C4 | 0,027 ab | 0,029 b |
| C5 | 0,032 ab | 0,041 ab |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf α 5%. C1= cahaya putih, C2= cahaya merah, C3= cahaya hijau, C4= cahaya biru, C5= cahaya RGB, dan MSK= minggu setelah kultur.

Pada tabel 2 di minggu ke-4 setelah kultur menunjukkan bahwa spektrum LED putih (C1) dan kombinasi RGB (C5) menghasilkan kandungan klorofil daun planlet kentang paling tinggi dibanding LED merah (C2), hijau (C3) dan Biru (C4). Hal ini sejalan dengan konsep bahwa klorofil menyerap kuat cahaya merah dan biru, sehingga spektrum putih dan kombinasi beberapa warna menyediakan energi yang lebih seimbang bagi pembentukan klorofil. Penelitian yang dilakukan oleh Mustofa, 2022 pada sawi hijau variasi warna LED biru, merah, dan putih dapat meningkatkan kadar klorofil bila intensitas dan durasi penyinaran diatur tepat, menunjukkan bahwa kualitas cahaya merupakan faktor penting dalam akumulasi pigmen fotosintetik.



Gambar 1. Sampel VIC2 (kiri) dan sampel VIC5 (kanan) diukur menggunakan panjang gelombang 645nm pada umur 4 MSK

Gambar 1 menunjukkan bahwa sampel VIC2 dengan nilai absorbansi rendah sebesar 0,060 Abs (sesuai 0,006 dari Tabel 2), yang mengindikasikan warna hijau pucat dan kandungan klorofil rendah; serta sampel VIC5 (varietas Tedjo MZ pada perlakuan cahaya RGB) di sebelah kanan dengan nilai absorbansi tinggi sebesar 0,898 Abs (konsisten dengan 0,041 ab dari Tabel 2), yang menunjukkan warna hijau pekat dan kandungan klorofil tinggi.

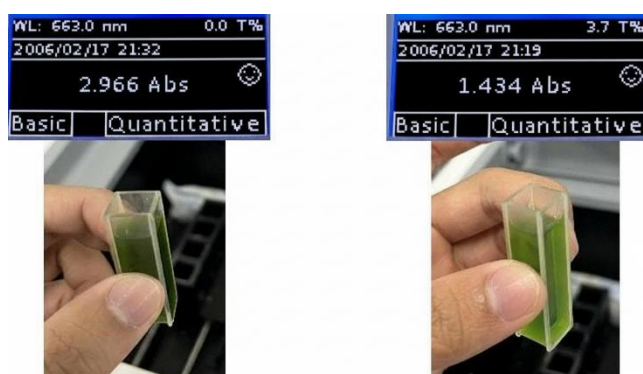
Tabel 3. Pengaruh varietas eksplan kentang terhadap kandungan klorofil daun planlet kentang pada kultur *in vitro*

| Perlakuan | Kandungan klorofil daun (mg/g) | |
|-----------|--------------------------------|----------|
| | 3 MSK | 4 MSK |
| V1 | 0,023 ab | 0,032 a |
| V2 | 0,017 b | 0,016 b |
| V3 | 0,019 ab | 0,024 ab |
| V4 | 0,050 a | 0,029 a |
| V5 | 0,023 ab | 0,031 a |

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT pada taraf α 5%. V1= Tedjo MZ, V2= Granola L, V3= Granola Kembang, V4= Dayang Sumbi Agrohorti, V5= Atlantik Malang, dan MSK= minggu setelah kultur.

Pada tabel 3 di minggu ke-4 setelah kultur, varietas eksplan kentang berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun planlet, yang ditunjukkan oleh perbedaan huruf pada hasil uji DMRT 5% di kolom 4 MSK. V1, V4, dan V5 memiliki kandungan klorofil total yang relatif tinggi, masing-masing sebesar 0,032a; 0,029a; dan 0,031a mg/g, sehingga tergolong satu kelompok dan tidak berbeda nyata satu sama lain, tetapi lebih tinggi dibanding V2 yang hanya mencapai 0,016b mg/g. V3 menunjukkan nilai menengah 0,024ab mg/g dan diberi huruf ab, yang berarti secara statistik tidak berbeda nyata baik dengan kelompok tinggi ‘a’ maupun dengan V2 yang bertanda ‘b’.

Hasil ini menggambarkan bahwa hampir semua varietas (V1, V3, V4, dan V5) mampu mempertahankan atau meningkatkan kandungan klorofil pada kondisi kultur *in vitro* hingga minggu keempat, sedangkan V2 relatif kurang adaptif terhadap lingkungan kultur sehingga akumulasi klorofilnya lebih rendah. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian Namira *et al.*, 2019 terkait kultur *in vitro* kentang dan ubi jalar yang menunjukkan bahwa perbedaan genotip berpengaruh terhadap kandungan klorofil dan respons fisiologis tanaman, di mana varietas tertentu mampu membentuk klorofil lebih tinggi pada kondisi lingkungan terkontrol dibanding varietas lain.



Gambar 2. Sampel V1C5 (kiri) dan sampel V3C5 (kanan) diukur dengan panjang gelombang 663nm pada umur 4 MSK

Gambar 2 menunjukkan bahwa sampel kiri (V1C5) memiliki absorbansi tinggi 2.666 Abs, menandakan kandungan klorofil lebih tinggi (warna hijau pekat, planlet vigor), sementara sampel kanan (V3C5) rendah 0.434 Abs (klorofil lebih rendah). Ini konsisten dengan Tabel 3 dimana Tedjo MZ mempunyai kandungan klorofil yang lebih tinggi dibanding Granola Kembang. Perbedaan mencerminkan adaptasi varietas terhadap cahaya RGB, dengan Tedjo MZ lebih responsif fotosintetik.

Tabel 4. Pengaruh interaksi antara spektrum Cahaya LED dan varietas eksplan kentang terhadap kandungan klorofil daun planlet kentang pada kultur *in vitro*

| Perlakuan | | Variabel | |
|-----------|----|--------------------------------|-----------|
| C | V | Kandungan klorofil daun (mg/g) | |
| | | 3 MSK | 4 MSK |
| C1 | V1 | 0,039 b | 0,055 a |
| | V2 | 0,029 b | 0,038 abc |
| | V3 | 0,022 b | 0,039 abc |
| | V4 | 0,155 b | 0,057 a |
| | V5 | 0,028 b | 0,053 ab |
| C2 | V1 | 0,011 b | 0,005 de |
| | V2 | 0,003 b | 0,004 e |
| | V3 | 0,010 b | 0,010 de |
| | V4 | 0,011 b | 0,007 de |
| | V5 | 0,009 b | 0,007 de |
| C3 | V1 | 0,007 b | 0,011 de |
| | V2 | 0,006 b | 0,007 de |
| | V3 | 0,010 b | 0,007 de |
| | V4 | 0,015 b | 0,008 de |
| | V5 | 0,007 b | 0,006 de |
| C4 | V1 | 0,027 b | 0,041 abc |
| | V2 | 0,025 b | 0,009 de |
| | V3 | 0,018 b | 0,025 cd |
| | V4 | 0,034 b | 0,033 bc |
| | V5 | 0,033 b | 0,037 abc |
| C5 | V1 | 0,030 b | 0,051 ab |
| | V2 | 0,022 b | 0,024 cde |
| | V3 | 0,033 b | 0,040 abc |
| | V4 | 0,035 b | 0,041 abc |
| | V5 | 0,039 b | 0,051 ab |

Keterangan: C1= cahaya putih; C2= cahaya merah; C3= cahaya hijau; C4= cahaya biru; C5= cahaya RGB; V1= Tedjo MZ; V2= Granola Lembang; V3= Granola Kembang; V4= Dayang Sumbi Agrohorti; V5= Atlantik Malang; MSK= minggu setelah kultur. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

Interaksi antara spektrum cahaya LED dan varietas eksplan kentang tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap kandungan klorofil daun planlet kentang pada kultur *in vitro*, sebagaimana ditunjukkan oleh hasil uji ANOVA pada tabel 4. Meskipun tidak signifikan secara statistik, cahaya putih dan biru mendukung akumulasi klorofil lebih baik dibanding merah atau hijau, selaras dengan penelitian Guo et

al., (2025), yang mencatat cahaya biru meningkatkan klorofil hingga 20% pada daun kentang tanpa interaksi kuat dengan faktor lain, serta Sumi et al., (2025), yang menemukan kombinasi cahaya merah-biru tidak berpengaruh nyata secara statistik pada varietas selada hijau dan selada merah.

3.2 Diskusi

Secara fisiologis, LED putih atau spektrum luas (RGB) lebih mendukung peningkatan kandungan klorofil dibanding LED merah tunggal, hal ini menunjukkan pentingnya kombinasi panjang gelombang merah dan biru bagi pembentukan pigmen fotosintetik (Guo et al., 2025). Klorofil a dan b memiliki puncak serapan pada daerah biru dan merah, sehingga kombinasi kedua spektrum tersebut meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya dan merangsang sintesis klorofil lebih kuat daripada cahaya merah saja (Murillo et al., 2016). Ramírez et al., (2017), melaporkan bahwa kombinasi LED merah–biru selama kultur *in vitro* meningkatkan konsentrasi pigmen fotosintetik dan pertumbuhan bibit *Vanilla planifolia*, sedangkan spektrum merah tunggal cenderung menghasilkan pertumbuhan memanjang dengan akumulasi klorofil yang lebih rendah.

Pada tanaman kentang, Rahman et al., (2021), menunjukkan bahwa kombinasi LED merah, biru dan putih (spektrum luas) memberikan kandungan total klorofil tertinggi, sejalan dengan peningkatan karotenoid dan performa fotosintesis, dibanding perlakuan spektrum yang lebih sempit. Kombinasi spektrum RGB (merah, hijau, biru atau spektrum luas) memungkinkan penyesuaian panjang gelombang agar sesuai dengan daerah serapan klorofil, sehingga mendukung perkembangan kloroplas dan metabolisme fotosintetik yang optimal pada kultur *in vitro*.

Varietas dengan kandungan klorofil lebih tinggi pada 4 MSK pada dasarnya menunjukkan kapasitas adaptasi fisiologis dan fotosintetik yang lebih baik terhadap lingkungan kultur tertutup, sehingga berpotensi menghasilkan plantlet yang lebih vigor pada tahap multiplikasi berikutnya. Pola ini sejalan dengan temuan Vollmer et al., (2024), yang melaporkan bahwa variasi faktor kultur seperti laju pertukaran gas dan volume bejana menyebabkan perbedaan nyata kandungan klorofil antar genotipe kentang *in vitro*, yang berasosiasi dengan pembentukan daun yang lebih luas dan batang yang lebih kokoh. Shi et al., (2024), juga menegaskan bahwa kandungan klorofil daun merupakan indikator fisiologis penting untuk menilai kapasitas fotosintesis dan status kesehatan tanaman kentang, sehingga perbedaan nilai klorofil antar varietas pada tabel ini mencerminkan perbedaan efisiensi pemanfaatan cahaya dan penyesuaian metabolik di bawah kondisi medium MS dan lingkungan kultur terkontrol. Dengan demikian, varietas yang mampu mempertahankan klorofil tinggi dalam fase awal kultur berpotensi lebih responsif terhadap pengaturan fotoperiode, komposisi media, atau intensitas cahaya pada tahap optimasi berikutnya

Selain itu, variasi kandungan klorofil antar varietas pada kultur *in vitro* juga dapat dikaitkan dengan perbedaan kemampuan tiap genotip dalam menjaga stabilitas aparatus fotosintetik dan penyerapan hara pada kondisi stres mikrolingkungan, seperti akumulasi etilen, kelembapan relatif tinggi, dan keterbatasan difusi CO₂ di dalam botol kultur. Meise et al., (2017), menunjukkan bahwa genotip kentang yang lebih toleran dapat meningkatkan kelimpahan enzim-enzim yang terlibat dalam sintesis dan stabilitas klorofil di bawah kondisi cekaman hara, sehingga daun tetap hijau dan kapasitas fotosintesis terjaga. Di sisi lain, Cortiello et al., (2024), melaporkan bahwa perlakuan biostimulan mampu meningkatkan kandungan klorofil daun pada beberapa genotip kentang, yang mengindikasikan bahwa faktor genetik dan perlakuan kultur dapat saling berinteraksi dalam mengatur status klorofil. Berdasarkan hal tersebut, perbedaan nilai klorofil di tabel ini tidak hanya mencerminkan karakter dasar varietas, tetapi juga membuka peluang pengembangan perlakuan spesifik varietas (misalnya modifikasi media atau penambahan biostimulan) untuk memaksimalkan performa fisiologis plantlet kentang pada sistem kultur *in vitro*.

Nilai kandungan klorofil tertinggi pada tabel 4 yaitu kombinasi cahaya putih (C1) dengan varietas V4 (Dayang Sumbi Agrohorti) mencapai 0,155 mg/g pada minggu ke-3 setelah kultur dan varietas V1 (Tedjo MZ) mencapai 0,057 mg/g pada minggu ke-4 setelah kultur, sementara nilai terendah terlihat pada cahaya hijau (C3). Hasil penelitian ini sejalan dengan studi Xu et al., (2018), yang menemukan cahaya putih meningkatkan klorofil a dan b pada plantlet kentang *in vitro* dibanding biru atau merah tunggal, serta (Grishchenko et al., 2022) yang melaporkan tidak ada interaksi signifikan spektrum LED

dengan genotipe pada akumulasi klorofil, dan Lisina et al., (2024), yang menunjukkan variasi non-signifikan pada komposisi spektral untuk pigmen fotosintetik planlet kentang.

Penelitian lanjutan dapat difokuskan pada induksi pembentukan mikrotuber melalui penerapan kondisi gelap parsial atau spektrum cahaya merah setelah fase perkembangan planlet, dengan pengukuran parameter ukuran, berat basah/kering, serta kandungan patatin guna optimalisasi produksi benih kentang. Performa planlet hasil kultur di bawah pencahayaan LED tersebut kemudian dibandingkan pada tahap aklimatisasi *ex vitro* hingga adaptasi lapangan untuk mengevaluasi vigor, tingkat kelangsungan hidup, dan potensi produktivitas. Pendekatan ini akan memberikan wawasan komprehensif mengenai transisi dari kultur *in vitro* ke kondisi *ex vitro*, sejalan dengan kebutuhan produksi benih berkualitas tinggi di Indonesia.

3.1. KESIMPULAN

Spektrum cahaya LED berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan klorofil daun planlet kentang pada minggu ke-4 setelah kultur, dengan pola penurunan klorofil dari minggu ke-3 ke minggu ke-4 pada semua perlakuan akibat pergeseran fase morfogenik dan potensi fotooksidasi klorofil. Cahaya putih (C1) dan kombinasi RGB (C5) memberikan kandungan klorofil tertinggi, sedangkan cahaya merah (C2) dan hijau (C3) cenderung menghasilkan nilai terendah, menegaskan bahwa spektrum luas yang mengandung komponen merah–biru lebih efektif untuk sintesis dan pemeliharaan klorofil dibanding spektrum sempit.

Varietas kentang berpengaruh nyata terhadap kandungan klorofil, di mana Tedjo MZ (V1), Dayang Sumbi Agrohorti (V4), dan Atlantik Malang (V5) konsisten menunjukkan kandungan klorofil lebih tinggi pada 4 MSK dibanding Granola L (V2) yang memiliki nilai terendah, dengan Granola Kembang (V3) berada pada posisi menengah. Varietas dengan klorofil tinggi menunjukkan kapasitas adaptasi fisiologis dan fotosintetik yang lebih baik terhadap kondisi kultur tertutup (stres mikrolingkungan, difusi gas terbatas, dan kondisi hara), sehingga berpotensi menghasilkan planlet lebih vigor dan responsif untuk tahap multiplikasi lanjutan serta pengaturan media atau biostimulan spesifik varietas.

Analisis ragam menunjukkan interaksi antara spektrum LED dan varietas tidak nyata terhadap kandungan klorofil, artinya pola respons klorofil antar varietas relatif seragam pada setiap spektrum dan peningkatan klorofil lebih ditentukan oleh efek utama spektrum atau genotip secara terpisah. Meskipun secara statistik tidak signifikan, kombinasi putih–Dayang Sumbi Agrohorti (C1V4) menghasilkan nilai klorofil tertinggi pada 3 MSK dan putih–Tedjo MZ (C1V1) tertinggi pada 4 MSK, sementara kombinasi dengan cahaya hijau cenderung paling rendah, menguatkan rekomendasi praktis penggunaan cahaya putih atau RGB tanpa perlu penyesuaian spesifik per varietas pada tahap awal standar kultur.

Secara fisiologis, dominasi spektrum luas (RGB) yang mengandung cahaya merah, hijau dan biru mendukung pembentukan dan stabilitas kloroplas, meningkatkan efisiensi penyerapan cahaya sesuai puncak serapan klorofil a dan b, sehingga memperkuat kapasitas fotosintesis planlet kentang *in vitro*. Secara praktis, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah untuk merekomendasikan penggunaan LED putih atau RGB sebagai standar pencahayaan dan pemilihan varietas Tedjo MZ, Dayang Sumbi Agrohorti, serta Atlantik Malang sebagai kandidat utama produksi benih kentang *in vitro* berkualitas tinggi, tanpa ketergantungan pada kombinasi spektrum–varietas tertentu.

3.2. UCAPAN TERIMA KASIH

Artikel publikasi ini adalah sebagian hasil penelitian thesis a/n Prasetyo Dwi Nurwidodo pada Program Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto. Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kepala Dinas Pertanian Kabupaten Banjarnegara, Kepala UPTD Balai Benih dan Laboratorium Pertanian Banjarnegara atas ijin penggunaan fasilitas UPTD untuk kegiatan penelitian ini, dan kepada Ketua Program Studi Magister Agronomi atas ijin penelitian yang diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris . *Plant Physiology*, 24(1), 1–15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
- Chen, L., Xue, X., Yang, Y., Chen, F., Zhao, J., Wang, X., & Khan, A. T. (2018). Effects of red and

- blue LEDs on in vitro growth and microtuberization of potato single-node cuttings. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(2), 197–205.
- Cortiello, M., Milc, J., Sanfelici, A., Martini, S., Tagliazucchi, D., Caccialupi, G., Ben Hassine, M., Giovanardi, D., Francia, E., & Caradonia, F. (2024). Genotype and Plant Biostimulant Treatments Influence Tuber Size and Quality of Potato Grown in the Pedoclimatic Conditions in Northern Apennines in Italy. *International Journal of Plant Production*, 18(4), 579–599. <https://doi.org/10.1007/s42106-024-00311-5>
- Grishchenko, O. V., Subbotin, E. P., Gafitskaya, I. V., Vereshchagina, Y. V., Burkovskaya, E. V., Khrolenko, Y. A., Grigorochuk, V. P., Nakonechnaya, O. V., Bulgakov, V. P., & Kulchin, Y. N. (2022). Growth of micropropagated *Solanum tuberosum* L. Plantlets under Artificial Solar Spectrum and Different Mono- and Polychromatic LED Lights. *Horticultural Plant Journal*, 8(2), 205–214. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2021.04.007>
- Guo, R., Jin, Y., Liu, J., Yang, H., Cheng, L., & Yu, B. (2025). Harnessing Light Quality for Potato Production: Red and Blue Light as Key Regulators of Growth and Yield. *Plants*, 14(7), 1–20. <https://doi.org/10.3390/plants14071039>
- Huh, M. K., & Lee, B. (2022). Changes in the Chlorophyll of Garlic Chives (*Allium tuberosum*) Resulting from Fertilizer and Drought Stress. *The Korean Journal of Life Science*, 32(10), 743–748.
- Kumar, J., & Ranjan, R. (2025). Potato seed production through microtubers : A review with emphasis on future opportunities in Bihar. *International Journal of Agriculture Sciences*, 14(6), 159–161.
- Lingvay, M., Akhtar, P., Sebök-Nagy, K., Páli, T., & Lambrev, P. H. (2020). Photobleaching of Chlorophyll in Light-Harvesting Complex II Increases in Lipid Environment. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00849>
- Lisina, T., Korlyakov, K., & Scherbyonok, S. (2024). Influence of Lighting Spectral Composition on the Development of Potato Plants in vitro. *International Journal*, 9(2), 68–75.
- Meise, P., Jozefowicz, A. M., Uptmoor, R., Mock, H. P., Ordon, F., & Schum, A. (2017). Comparative shoot proteome analysis of two potato (*Solanum tuberosum* L.) genotypes contrasting in nitrogen deficiency responses in vitro. *Journal of proteomics*, 166, 68-82
- Murillo-Talavera, M. M., Pedraza-Santos, M. E., Gutierrez-Rangel, N., Rodriguez-Mendoza, M. D. L. N., Lobit, P., & Martinez-Palacios, A. (2016). Led light quality and in vitro development of *Oncidium tigrinum* and *Laelia autumnalis* (orchidaceae). *Agrociência*, 50(8), 1065-1080.
- Mustofa, L. (2022). *Pengaruh cahaya LED (Light Emite Dioda) biru, merah, dan putih terhadap kadar klorofil tanaman sawi hijau (Brassica juncea L)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Namira, S., Rahmawati, N., & Mawarni, L. (2019). Physiological Characteristics Analysis of Leaves of Several Sweet Potato (*Ipomoea batatas* L.) Genotypes on Various Watering Level. *In Proceedings of the International Conference on Natural Resources and Technology*. <https://doi.org/10.5220/0008552102230228>
- Potato News Today. (2024, 6 Januari). *Global potato production: Insights from the FAO's latest data*. <https://www.potatonewstoday.com/2024/01/06/global-potato-production-insights-from-the-faos-latest-data/>
- Rahman, H., Azad, O. K., Islam, J., Rana, S., & Li, K. (2021). Production of Potato (*Solanum tuberosum* L.) Seed Tuber under Artificial LED Light Irradiation in Plant Factory. *Plants*, 10(2), 297.
- Rahmawati, N., Rahayu, L., & Rizqiana, Y. (2020). Feasibility of Potato Farming with Ex Vitro and Non Ex Vitro Seeds in the Batur District, Banjarnegara Regency. *In 5th International Conference on Food, Agriculture and Natural Resources (FANRes 2019) (pp. 336-340)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/aer.k.200325.066>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., Iglesias-Andreu, L. G., & León-Sánchez, I. J. (2017). South African Journal of Botany Light quality affects growth and development of in vitro plantlet of *Vanilla planifolia* Jacks. *South African Journal of Botany*, 109, 288–293. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2017.01.205>
- Shi, H., Lu, X., Sun, T., Liu, X., Huang, X., Tang, Z., Li, Z., Xiang, Y., Zhang, F., & Zhen, J. (2024). Monitoring of Chlorophyll Content of Potato in Northern Shaanxi Based on Different Spectral

Parameters. *Plants*, 13(10), 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants13101314>

Sumi, M. J., Jahan, N., Thamid, S. S., Tarik, M. E. I., Hassannejad, S., Rahimi, M., & Imran, S. (2025). LED light effect on growth, pigments, and antioxidants of lettuce (*Lactuca sativa* L.) baby greens. *BMC Plant Biology*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-025-06621-8>

Vollmer, R., Espirilla, J., Espinoza, A., Villagaray, R., Castro, M., Pineda, S., Carlos, J., Mello, A. F. S., & Azevedo, V. C. R. (2024). Effect of Gas Exchange Rate, Vessel Type, Planting Density, and Genotype on Growth, Photosynthetic Activity, and Ion Uptake In Vitro Potato Plants. *Plants*, 13(19), 2830.

Xu, J., Yan, Z., Xu, Z., Wang, Y., & Xie, Z. (2018). Transcriptome analysis and physiological responses of the potato plantlets in vitro under red, blue, and white light conditions. *3 Biotech*, 8(9), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s13205-018-1410-0>