

PENGARUH WARNA CAHAYA LED DAN UMUR PANEN TERHADAP KADAR KLOROFIL, VITAMIN C, DAN ANTIOKSIDAN SELADA KERITING (*Lactuca sativa* L.) DI PLANT FACTORY

THE EFFECT OF LED LIGHT COLOUR AND HARVEST AGE ON CHLOROPHYLL, VITAMIN C, AND ANTIOXIDANT LEVELS OF CURLY LETTUCE (*Lactuca sativa* L.) IN PLANT FACTORY

I Gusti Made Kusuma Ardana, I Ketut Suada*, dan Rindang Dwiyani

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Bukit Jimbaran, Bali, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: ketutsuada@unud.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 03 February 2025

Peer Review: 11 July 2025

Accepted: 11 July 2026

KATA KUNCI:

Antioksidan, klorofil, lampu LED, plant factory, selada keriting, umur panen, vitamin C

KEYWORDS:

Antioxidants, curly lettuce (*Lactuca sativa* L.), harvest age, LED light, plant factory, vitamin C

ABSTRAK

Meningkatnya kesejahteraan hidup masyarakat memerlukan kualitas sayur dengan kandungan gizi yang lebih tinggi yaitu mengandung lebih banyak antioksidan, vitamin, dan mineral. Pemanfaatan cahaya buatan seperti spektrum merah dan biru dapat meningkatkan kandungan gizi sayuran pada selada keriting maupun tanaman lainnya. Tanaman muda mengandung gizi lebih baik dibanding tanaman dewasa, oleh karena itu perlu diteliti perlakuan kombinasi kedua faktor tersebut. Tujuan penelitian ini adalah mengkaji pengaruh cahaya LED dan umur panen terhadap kandungan klorofil, vitamin C, dan antioksidan selada keriting di plant factory. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan dua faktor, yaitu faktor I adalah empat taraf cahaya LED yaitu P (putih), M (merah), B (biru), dan MB (merah-biru) dan faktor II adalah umur panen yaitu U₁₄ (14 hst) dan U₄₀ (40 hst). Semua perlakuan diulang empat kali. Warna cahaya merah-biru dan umur panen 40 hst berinteraksi secara signifikan dan memberikan jumlah klorofil tertinggi di antara semua perlakuan yaitu sebesar 29,38 SPAD. Kombinasi perlakuan cahaya biru dan umur panen 40 hst memberikan daya antioksidan terbesar yaitu 94,88 mg/g dan kandungan vitamin C tertinggi yaitu 168,10 mg/g pada selada keriting.

ABSTRACT

Increasing the welfare of the community requires quality vegetables with higher nutritional content, namely containing more antioxidants, vitamins, and minerals. The use of artificial light such as the red and blue spectrum can increase the nutritional content of vegetables in curly lettuce and other plants. Young plants contain better nutrition than mature plants, therefore it is necessary to study the combination treatment of these two factors. The purpose of this study was to examine the effect of LED light and harvest age on the chlorophyll, vitamin C, and antioxidant content of curly lettuce in the plant factory. This study used a factorial Completely Randomized Design with two factors, namely factor I was four levels of LED light, namely P (white), M (red), B (blue), and MB (red-blue) and factor II was the harvest age, namely U₁₄ (14 days after planting) and U₄₀ (40 days after planting). All treatments were repeated four times. The red-blue light color and the harvest age of 40 days after planting interacted significantly, providing the highest amount of chlorophyll among all treatments, namely 29.38 SPAD. The combination of blue light treatment and harvest age of 40 days after harvest provided the greatest antioxidant power namely 94.88 mg/g and the highest vitamin C content namely 168.10 mg/g in curly lettuce.

1. PENDAHULUAN

Sayuran memiliki banyak manfaat bagi kesehatan karena mengandung mineral, berbagai vitamin serta serat, dan salah satu sayuran yang banyak digemari masyarakat adalah selada keriting (*Lactuca sativa* L.). Salah satu vitamin yang terkandung dalam selada adalah vitamin C yang bertindak sebagai antioksidan yang sangat penting bagi tubuh dalam menjaga sistem metabolisme, imunitas, dan menangkal radikal bebas (Diaz et al., 2023).

Berkurangnya lahan pertanian akibat pembangunan kota, industri, dan usaha komersial lainnya menyebabkan penurunan hasil panen sayuran di Indonesia, termasuk sayuran selada, baik secara kuantitas maupun kualitas. Lahan pertanian yang sebelumnya digunakan untuk menanam selada maupun sayuran lainnya menjadi sangat berkurang (Wahyudi, 2019). Untuk itu perlu adanya alternatif untuk mengatasi rendahnya produksi sayuran akibat alih fungsi lahan yaitu dengan sistem *plant factory* (PF). PF merupakan sistem pertanian dengan menggunakan teknologi hidroponik, cahaya buatan, dan pengaturan lingkungan tumbuh secara buatan sehingga menghasilkan produk berkualitas tinggi (Zhang et al., 2020). Sistem PF ini mudah dikendalikan, tidak memerlukan lahan yang luas, dan bisa diterapkan di dalam ruangan yang tidak terpengaruh oleh cuaca, sedangkan cahaya matahari diganti dengan cahaya buatan menggunakan cahaya LED. Kebutuhan tanaman akan faktor tumbuh seperti cahaya sangat berbeda-beda tergantung jenis tanaman. Pemberian cahaya LED akan berdampak pada pertumbuhan tanaman sehingga diperlukan cahaya yang tepat bagi tanaman selada. PF diharapkan bisa sebagai alternatif dari alih fungsi lahan yang semakin sering terjadi di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh cahaya LED dan umur panen terhadap kandungan klorofil, vitamin C, dan antioksidan selada keriting di *plant factory*.

LED merupakan suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik yang tidak koheren saat diberi tegangan maju. Lampu ini lebih aman dipakai karena tidak ada lapisan kaca, tidak bersuhu tinggi, dan tidak berbahan merkuri. Keunggulan memakai lampu ini adalah adanya spektrum cahaya yang kecil, memakai daya listrik yang lebih rendah dari lampu neon dan pijar, serta menghasilkan panas yang lebih rendah dari jenis lampu yang lain (Clasp, 2024). Biomasa yang terbentuk pada tanaman selada yang ditanam di PF dipengaruhi secara signifikan oleh jenis cahaya (Suada et al., 2021).

Microgreen adalah sayuran yang dipanen pada umur muda yang berbeda-beda dan telah dibuktikan mengandung vitamin yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang dipanen pada umur lebih tua (Tallei et al., 2024, Vastak et al., 2015, Vučetić et al., 2025). Menurut penelitian terbaru oleh Chouchane et al. (2021), tanaman yang dipanen pada fase microgreen memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, terutama kandungan antioksidan, vitamin C, vitamin E, beta-karoten, kalsium, zat besi, dan magnesium. Sementara sayuran dewasa (*matured vegetable*) yang biasanya dipanen pada umur 40-60 hari selain vitaminnya lebih rendah juga teksturnya lebih keras. Yani & Yenisbar (2023) menyebutkan bahwa sayuran yang dipanen dewasa punya nilai nutrisi 30 persen lebih rendah dibanding sayuran microgreen. Adanya kenyataan tersebut di atas maka diperlukan penelitian untuk mengkaji pengaruh dari pengaturan warna cahaya LED dan umur panen dalam meningkatkan kualitas hasil selada keriting di *plant factory*.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei-Juli 2024 di ruang *plant factory* Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Udayana Jl. Pulau Moyo No. 16X, Pedungan, Kecamatan Denpasar Selatan, Kota Denpasar, Bali pada ketinggian 9-10 mdpl. Analisis DPPH dan vitamin C dilakukan di Laboratorium Penelitian Terpadu Fakultas MIPA Universitas Udayana.

2.2 Bahan dan Alat

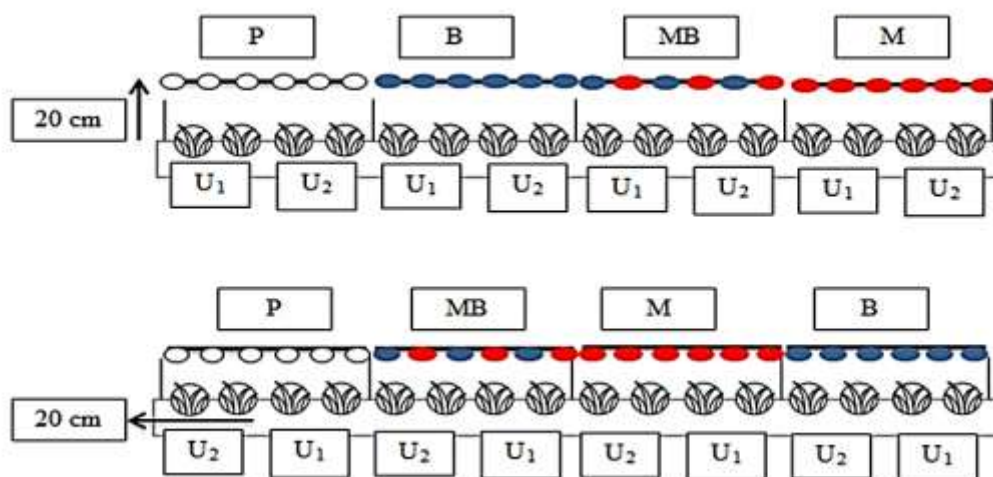
Bahan yang digunakan adalah benih selada keriting varietas *Grand Rapids*, cahaya LED yang terdiri dari lampu putih/kontrol (Cool white 6000-6500K), lampu merah (chip-660 nm deep red), lampu biru (chip-450 nm royal blue), dan MB (merah-biru). Untuk pengamatan digunakan alat spektrofotometer, klorofil meter (SPAD), dan beberapa alat yang umum digunakan di laboratorium.

2.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah cahaya LED dengan empat taraf/jenis yaitu P (putih/kontrol), M (merah), B (biru), dan MB (merah-biru). Faktor ke dua adalah umur panen yaitu U_{14} = umur panen 14 hst (hari setelah tanam), dan U_{40} = umur panen 40 hst. Jumlah perlakuan adalah 8 kombinasi dan ulangan 4 kali sehingga didapat 32 unit percobaan. Perlakuan kombinasi yang terbentuk sebagai berikut: (1) PU_{14} = LED putih dan umur panen 14 hst; (2) PU_{40} = LED putih dan umur panen 40 hst; (3) MU_{14} = LED merah dan umur panen 14 hst; (4) MU_{40} = LED merah dan umur panen 40 hst; (5) BU_{14} = LED biru dan umur panen 14 hst; (6) BU_{40} = LED biru dan umur panen 40 hst; (7) MBU_{14} = LED merah-biru dan umur panen 14 hst; (8) MBU_{40} = LED merah-biru dan umur panen 40 hst. Tata letak percobaan disajikan pada Gambar 1.

2.4 Pelaksanaan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan melalui tahapan persiapan instalasi hidroponik dalam *plant factory*, perancangan lampu LED sesuai warna dan spesifikasi yang digunakan, penyemaian benih di *rockwool*. Setelah umur 14 hari bibit dimasukkan ke *netpot* dan langsung dipindahkan ke instalasi hidroponik dan saat pemindahan bibit ini dihitung sebagai hari mulai tanam (hst). Sistem hidroponik yang digunakan adalah *Deep Flow Technique* (DFT). Penanaman benih dilakukan setelah cahaya perlakuan dan instalasi hidroponik sudah dipastikan berfungsi dengan baik. Pemeliharaan meliputi pengecekan suhu, kelembaban udara, aliran air dalam talang, pengukuran konsentrasi nutrisi berupa nilai EC (*Electrical Conductivity*) dan pH air setiap pagi hari. Nutrisi yang digunakan adalah AB mix dengan konsentrasi 300 ppm pada 4 hst (hari setelah tanam), 600 ppm pada umur 14 hst, 900 ppm pada 24 hst, dan 1200 ppm pada 34 hst. Pencahayaan diatur selama 18 jam lampu hidup dan 6 jam lampu mati setiap hari. Suhu ruangan *plant factory* dipertahankan pada suhu 20°C dan kelembaban 73%.



Gambar 1. Tata letak percobaan di *plant factory*

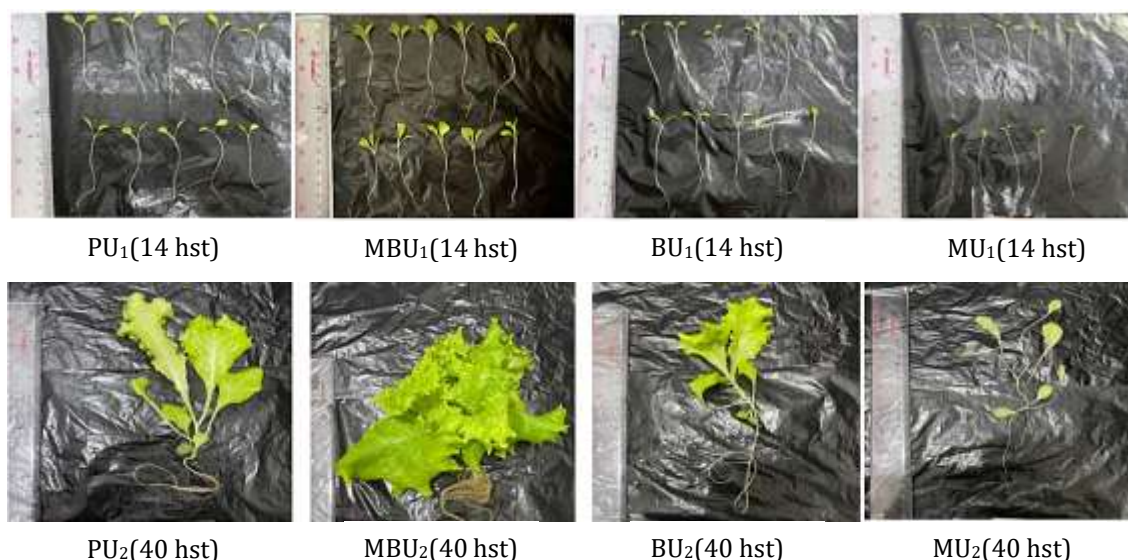
Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan. Pengamatan dilakukan pada fase tumbuh microgreen yaitu pada umur panen 14 hari setelah tanam (hst) dan sayuran dewasa pada umur panen 40 hst. Variabel yang diamati adalah: (1) Kandungan klorofil (SPAD), diukur dengan menggunakan klorofil meter. Tiga helai daun tengah (di antara ujung dan pangkal) diukur klorofilnya dengan 3 kali ulangan untuk masing-masing daun, kemudian dirata-ratakan; (2) Antioksidan (mg/g), ditentukan dengan metode DPPH menggunakan spektrofotometer di Laboratorium Penelitian Terpadu Fakultas MIPA Universitas Udayana; (3) Vitamin C (mg/g), ditentukan dengan metode titrasi Iodium (iod) di Laboratorium Penelitian Terpadu Fakultas MIPA Universitas Udayana dan dihitung dengan rumus: Vitamin C ($mg/100\text{ g}$) = $\text{Vol iod} \times \text{BE} \times \text{FP} \times 100/\text{g bahan}$. Vol iod = Volume iod 0,01 (ml), BE = Berat equivalen = 0,88, FP = Faktor pengenceran (5), g bahan = berat bahan (g). Data dianalisis sidik ragam (ANOVA) dan perbedaan perlakuan dianalisis dengan uji jarak berganda Duncan (UJBD) taraf 5% menggunakan program SPSS Statistics 26 (2019).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan tanaman selada keriting pada berbagai jenis lampu terlihat berbeda pada masing-masing kelompok umur panen. Selada yang dipanen pada umur muda (14 hst) yang mendapatkan warna cahaya merah-biru (MB) menunjukkan pertumbuhan yang lebih subur, demikian pula selada yang dipanen pada umur tua (40 hst) menunjukkan pertumbuhan yang paling subur (Gambar 2). Hal ini terjadi karena warna merah dan biru adalah spektrum cahaya yang paling maksimum diserap oleh klorofil-a maupun klorofil-b yang memacu laju fotosintesis sehingga sangat meningkatkan pertumbuhan selada (Hu *et al.*, 2026; Anum *et al.*, 2026).

Faktor cahaya LED dan umur panen berinteraksi sangat nyata terhadap klorofil, kandungan antioksidan, dan vitamin C seperti pada Tabel 1. Cahaya LED dan umur panen bersinergi memacu metabolisme selada untuk meningkatkan sintesis klorofil, antioksidan, dan vitamin C secara signifikan. Kombinasi tersebut menciptakan interaksi nyata secara sinergis karena masing-masing faktor memengaruhi jalur metabolisme berbeda, namun efeknya saling memperkuat (Nurdiana *et al.*, 2018).

Cahaya merah dan biru merupakan cahaya optimal untuk fotosintesis dan sintesis senyawa fenolik serta antioksidan. Cahaya biru secara khusus sangat meningkatkan pembentukan klorofil dibandingkan warna merah dan putih sehingga daun terlihat lebih segar.



Gambar 2. Pertumbuhan tanaman selada keriting pada perlakuan di *plant factory*.

Cahaya biru (sekitar 430-470 nm) merupakan puncak serapan utama klorofil-a dan -b, serta mengaktifkan fotoreseptor *cryptochrome* dan *phototropin* yang mengatur ekspresi gen biosintesis klorofil (Soufia, 2024). Cahaya merah dan biru mengaktifkan kerja gen PAL (*phenylalanine ammonia-lyase*) dan CHS (*chalcone synthase*) untuk mensintesis antioksidan seperti flavonoid dan vitamin C. Disamping itu, cahaya biru merangsang stres ringan pada tanaman sehingga meningkatkan aktivitas enzim antioksidan (misalnya *superoxide dismutase*, *catalase*). Efek ini sering dikaitkan dengan peningkatan fenolik total (flavonoid, asam fenolat) sebagai mekanisme pertahanan (Meng et al., 2019; Soufia, 2024).

Sayuran selada panen muda mengandung fenolik relatif tinggi karena tanaman masih dalam fase pertahanan aktif, tetapi klorofil belum maksimal sedangkan panen umur tua klorofil meningkat. Walaupun fenolik menurun sedikit pada umur tua, namun daya antioksidan total tetap tinggi karena klorofil yang jumlahnya tinggi pada umur tua (matang) menjadi komponen kuat antioksidan (Meng et al., 2019). Umur panen menentukan tingkat perkembangan tanaman, sayuran yang di panen terlalu dini bisa memiliki kandungan nutrisi yang belum optimal, sedangkan sayuran yang dipanen terlalu matang bisa mengalami penurunan kualitas nutrisi. Meningkatnya umur tanaman, cahaya yang dibutuhkan juga meningkat untuk mendukung proses fotosintesis tanaman. Hal ini sejalan dengan penelitian Wu et al. (2025) dan Graefe & Körner (2022) yang menyatakan bahwa semakin meningkat umur tanaman, kebutuhan cahaya juga meningkat sehingga dapat mendukung fotosintesis yang diperlukan untuk pertumbuhan daun. Menurut Van Brenk et al. (2024) dan Arachchilage et al. (2026), bahwa cahaya merah-biru pada rasio yang tepat dapat meningkatkan berat kering tanaman, kandungan klorofil, dan mengoptimalkan kesehatan serta kualitas tanaman.

Perlakuan cahaya merah-biru dan umur panen 40 hst (MBU₄₀) memberikan jumlah klorofil tertinggi sebesar 29.38 SPAD dan lebih tinggi secara sangat nyata dari perlakuan kontrol (PU₄₀) sebagai nilai terendah (10,05 SPAD) seperti pada Tabel 2. Hal ini terjadi karena kombinasi cahaya merah dan biru secara optimal meningkatkan klorofil dan akibatnya memacu fotosintesis. Pengaruh umur panen terhadap kandungan klorofil tanaman selada sangat signifikan, karena sejalan umur tanaman, terjadi pelebaran daun dan kandungan klorofil akan lebih banyak. Penelitian Ložienė & Chochlovaite (2025) dan Chiarenza et al. (2024) menunjukkan bahwa umur panen tanaman berpengaruh signifikan terhadap kadar klorofil daun karena kondisi lingkungan dan nutrisi yang memacu metabolisme sejalan bertambahnya umur tanaman. Selanjutnya menurut Wang et al. (2018) cahaya LED dengan spektrum biru dapat meningkatkan produksi klorofil pada tanaman selada, yang berperan penting untuk fotosintesis, sementara spektrum merah yang diserap klorofil b dapat membantu meningkatkan energi untuk produksi klorofil pada tanaman kale. Hal tersebut didukung penelitian Samuolien et al. (2020) bahwa tanaman menunjukkan serapan cahaya tertinggi pada panjang gelombang cahaya merah dan cahaya biru, sehingga pada tanaman selada merah, warna cahaya merah dan biru paling efektif untuk meningkatkan pembentukan klorofil dan akhirnya meningkatkan fotosintesis. Hal ini terjadi pula pada penelitian ini yang menggunakan selada keriting.

Tabel 1. Signifikansi Interaksi antar Cahaya dan Umur Panen terhadap Jumlah Klorofil, Antioksidan, dan Vitamin C di *Plant Factory*

Variabel pengamatan	Perlakuan		
	Cahaya LED	Umur panen	Interaksi
Klorofil	**	**	**
Antioksidan	**	**	**
Vitamin C mg/100g	**	**	**

Keterangan: ** menunjukkan interaksi yang sangat nyata antara cahaya LED dan umur panen terhadap jumlah klorofil, antioksidan, dan vitamin C.

Tabel 2. Pengaruh Cahaya dan Umur Panen terhadap Kandungan Klorofil (SPAD)

Umur panen	Perlakuan			
	P	M	B	MB
U ₁₄	10,65 bc	9,58 bc	9,73 bc	10,10 bc
U ₄₀	10,05 bc	3,60 d	11,83 b	29,38 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) taraf 5%. U₁₄ = umur panen 14 hst (hari setelah tanam), U₄₀ = umur panen 40 hst, P = cahaya LED putih (kontrol), M = cahaya LED merah, B = cahaya LED biru, MB = cahaya LED merah-biru.

Tabel 3. Pengaruh Cahaya dan Umur Panen terhadap Kandungan Antioksidan (mg/g)

Umur panen	Cahaya LED			
	P	M	B	MB
U ₁₄	30,05 f	24,50 h	32,05 e	26,61 g
U ₄₀	63,85 c	52,57 d	94,88 a	65,81 b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) taraf 5%. U₁₄ = umur panen 14 hst (hari setelah tanam), U₄₀ = umur panen 40 hst, P = cahaya LED putih (kontrol), M = cahaya LED merah, B = cahaya LED biru, MB = cahaya LED merah-biru.

Tabel 4. Pengaruh Cahaya dan Umur Panen terhadap Kandungan Vitamin C (mg/g)

Umur panen	Cahaya LED			
	P	M	B	MB
U ₁₄	29,09 f	20,56 h	31,95 e	26,35 g
U ₄₀	141,43 d	160,22 b	168,10 a	153,20 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama, berbeda tidak nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan (UJBD) taraf 5%. U₁₄ = umur panen 14 hst (hari setelah tanam), U₄₀ = umur panen 40 hst, P = cahaya LED putih (kontrol), M = cahaya LED merah, B = cahaya LED biru, MB = cahaya LED merah-biru.

Tabel 3 menunjukkan perlakuan cahaya biru dan umur panen 40 hst (BU₄₀) memberikan nilai dengan kandungan antioksidan tertinggi sebesar 94,88 mg/g dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol cahaya putih (PU₁₄) (30,05 mg/g) maupun kombinasi lainnya. Hal ini terjadi karena cahaya berperan secara langsung melalui fotosintesis dan berpengaruh terhadap metabolisme tanaman. Cahaya biru dapat merangsang stres ringan pada tanaman yang meningkatkan aktivitas enzim antioksidan misalnya superoxide dismutase (SOD) dan katalase (CAT) sehingga terjadi peningkatan fenolik total (flavonoid, asam fenolat) sebagai senyawa antioksidan (Soufi *et al.*, 2024; Tanaka & Ito, 2025;). Studi lain oleh Meng *et al.* (2019) dan Muneer *et al.* (2019) menunjukkan bahwa LED biru meningkatkan integritas protein kloroplas dan memicu akumulasi metabolit sekunder (flavonoid, asam fenolat, dan lignin) melalui jalur fenilpropanoid. Menurut Kanojia *et al.* (2021) bahwa pada umur tua (matang) klorofil terbentuk maksimal, sementara klorofil adalah komponen antioksidan yang kuat. Selanjutnya menurut Diaz *et al.* (2023) bahwa kandungan vitamin C yang tinggi (terbentuk pada penelitian ini pada Tabel 4) sangat mendukung tingginya daya antioksidan dalam selada. Jadi secara keseluruhan kombinasi cahaya biru dan umur panen tua (40 hst) berdasarkan penelitian ini meningkatkan daya antioksidan selada.

Hasil penelitian pada Tabel 4 menunjukkan perlakuan cahaya biru dan umur panen 40 hst (BU₄₀) memberikan jumlah kandungan vitamin C tertinggi sebesar 168,10 mg/g dan berbeda sangat nyata dengan perlakuan kontrol (29,09 mg/g) dan pengaruh cahaya lainnya termasuk cahaya merah (MU₁₄) (20,56 mg/g). Hal ini terjadi karena cahaya biru (digunakan klorofil a untuk fotosintesis) dapat menghasilkan ROS (*Reactive Oxygen Species*) yang akhirnya ROS tersebut mengaktifkan jalur biosintesis vitamin C (L-ascorbic acid) melalui lintasan *Smirnoff-Wheeler* (Smirnoff, 2018). Selanjutnya menurut Fenech *et al.* (2019) dan Gest *et al.* (2013) bahwa makin tinggi aktivitas fotosintesis, substrat jalur askorbat juga meningkat sehingga vitamin C terbentuk lebih banyak.

Peningkatan ini akan sejalan dengan meningkatnya jumlah klorofil yang terbentuk pada daun tanaman matang (40 hst) dibandingkan umur muda. Dalam proses metabolisme lainnya, cahaya biru pada 400-550 nm juga memacu ekspresi gen seperti PAL (*phenylalanine ammonia-lyase*) dan CHS (*chalcone synthase*) yang berperan dalam sintesis flavonoid, antosianin, dan fenolik. Pengaktifan gen ini oleh cahaya biru sangat tergantung fase pertumbuhan tanaman yang berkaitan dengan umur panen (Maham et al., 2025; Wu et al., 2025; Zhang et al. 2025), dalam hal ini terjadi pada umur tanaman dewasa (40 hst). Kenyataan tersebut berlawanan dengan hasil penelitian Vastakaite et al. (2015) dan He et al. (2025) yang menyatakan bahwa cahaya biru (spektrum warna 400-550 nm) menyebabkan tanaman selada merah umur muda (*microgreen*) memproduksi antioksidan sedikit lebih tinggi dari pada umur tua. Hal ini didukung pula oleh penelitian Tallei et al. (2024), Vastakite et al. (2015), dan Vučetić et al. (2025) yang menemukan bahwa umumnya sayuran hijau ketika dipanen berupa *mirogreen* (umur 7-14 hst) akan mengandung antioksidan (glukosinolat, karotenoid, fenol), vitamin (C, E, dan K), mineral (besi and magnesium) jauh lebih banyak dibanding umur panen dewasa (40 hst). Alasannya adalah karena tanaman saat muda berfokus kepada produksi senyawa metabolit sekunder yang digunakan untuk melindungi sel-sel tanaman muda dari berbagai cekaman biotik maupun abiotik. Kenyataan terbalik ini terjadi kemungkinan karena lingkungan tumbuh tanaman tersebut berada dalam keadaan cekaman yang berbeda. Bahwa kondisi *microgreen* yang diteliti berbeda dengan kondisi penelitian ini yaitu berada pada kondisi hara optimum dengan pupuk AB mix yang lengkap dengan takaran yang sesuai dengan kondisi tumbuh optimum di *plant factory* terkontrol. Disamping itu terdapat pula perbedaan jenis tanaman yang akan memberikan kandungan vitamin C berbeda. Jenis tanaman berbeda pula akan merespon berbeda terhadap berbagai faktor tumbuh termasuk jenis cahaya dan umur panen (Medina-Lozano et al., 2024).

Terlihat pada Tabel 4, kandungan vitamin C pada umur dewasa (40 hst), pada semua perlakuan jenis cahaya, semuanya lebih tinggi dibanding umur tanaman muda (14 hst). Demikian pula daya antioksidan semuanya lebih tinggi pada umur tua selada keriting dalam penelitian ini (Tabel 3). Jumlah klorofil juga diperoleh pada umur selada matang (40 hst) (Tabel 2). Jadi menurut banyak referensi seperti diungkapkan di atas, hanya kadar fenolik saja yang relatif tinggi pada umur muda dan sedikit menurun pada umur tua, namun karena jumlah klorofil akan jauh lebih tinggi pada umur matang maka daya antioksidan total tetap lebih tinggi pada umur tua karena adanya kombinasi klorofil, karotenoid, vitamin C yang tinggi pada umur tua.

4. KESIMPULAN

Warna cahaya LED dan umur panen berinteraksi dalam mempengaruhi kandungan klorofil, vitamin C, dan antioksidan selada keriting di *plant factory*. Warna cahaya merah-biru dan umur panen 40 hst memberikan jumlah klorofil tertinggi di antara semua perlakuan yaitu sebesar 29,38 SPAD dan jauh lebih tinggi dibandingkan perlakuan cahaya putih pada umur panen yang sama. Kombinasi perlakuan cahaya biru dan umur panen 40 hst memberikan daya antioksidan terbesar yaitu 94,88 mg/g dan kandungan vitamin C juga tertinggi yaitu sebesar 168,10 mg/g.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ketua Stand *Plant Factory* dan Ketua Lab Bioteknologi Pertanian Prodi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana atas fasilitas penelitian yang telah diberikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anum, H., X. Liang, R. Cheng & Y. Tong. 2026. Red–blue LED ratios regulate vegetative growth, photosynthetic performance, and anthocyanin accumulation in red lettuce (*Lactuca sativa* cv. ‘Lolla Rossa’) under controlled conditions. *Journal of Plant Growth Regulation*. 45: 4251-4267.
- Arachchilage, U.M.J., J. Park, M. Kim, N. Kwak, J. Lee, Y. Yang, S. Kang & W. Oh. 2026. Effect of controlled red and blue LED light ratios on growth, morphology, leaf coloration, and chlorophyll fluorescence in coleus (*Plectranthus scutellarioides*). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 67:171-182.
- Chiarenza, G.M., E. Slavich, & A.T. Moles. 2024. Guidelines for quantifying leaf chlorophyll content via non-destructive spectrometry. *Applications in Plant Sciences*. 12(6): 1–12.
- Chouchane, S., C. Bertin, J. Fievet, J.P. Le Caer, B. Fievet & C.M.G. Renard. 2021. Determination of bioactive compounds in baby greens using ultra performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry. *Food Chemistry*. 355:129562.
- Graefe, J., W. Yu & O. Körner. 2022. A photosynthetic light acclimation model accounting for the effects of leaf age, chlorophyll content, and intra-leaf radiation transfer. *Frontiers in Plant Science*. 13:1–14.
- He, J., S.K. Lee & I.C. Dodd. 2025. Spectral effects of green and blue light on lettuce morphology, growth, phytochemicals, and antioxidant capacity are temperature-dependent. *Environmental and Experimental Botany*. 212:105–112.
- Hu, C., J. Wu, A. Anwar, R. Chen & S. Song. 2026. Effects of red–blue light ratios on growth, nutritional quality, and nutrient accumulation in hydroponic lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*. 12(312): 1-15.
- Kanojia, A., D.K. Shrestha, & P.P. Dijkwel. 2021. Primary metabolic processes as drivers of leaf ageing. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 78(19–20): 6351–6364.
- Ložienė, K., & I. Chochlovaitė. 2025. Effect of phenological stage and leaf age on changes of chlorophyll and carotenoid contents in some weeds and invasive species. *Molecules*. 30(18): 1–14.
- Maham, N., E. Chamani, M. Mohebodini, & N. Tariverdizadeh. 2025. Optimizing biosynthesis: the role of LED light spectra in regulating phenolic and flavonoid accumulation in *Matricaria chamomilla* L. root cultures. *BMC Plant Biology*. 25:1573.
- Medina-Lozano, I., A. Díaz, J. García & R. López. 2024. Impact of drought stress on vitamin C and anthocyanin content in cultivated lettuces (*Lactuca sativa* L.) and wild relatives (*Lactuca* spp.). *Frontiers in Plant Science*. 15: 1–12.
- Meng, X., Z. Wang, S. He, L. Shi, Y. Song, X. Lou & D. He. 2019. LED-supplied red and blue light alters the growth, antioxidant status, and photochemical potential of *Gerbera jamesonii* plantlets. *Horticultural Science and Technology*. 37: 473–489.
- Meng, X., Y. Zhang, J. Hu. 2019. Red and blue LED light enhances antioxidant enzyme activity and chlorophyll synthesis in lettuce. *Scientia Horticulturae*. 250: 278–285.
- Muneer, S., E.J. Kim, J.S. Park & J.H. Lee. 2019. Influence of light quality on growth and antioxidant systems in lettuce under controlled environments. *Plant Physiology and Biochemistry*. 84: 10–19.
- Nurdiana, D., R.B.A. Putri & D. Harjoko. 2018. Penggunaan beberapa komposisi spektrum LED pada potensi dan hasil hidroponik indoor selada keriting hijau. *Agrosains*. 20(1): 1–6.
- Samuolien, G., A. Viršilė, J. Miliauskienė, P.J. Haimi, K. Lauzike & A. Brazaitytė. 2020. The physiological response of lettuce to red and blue light dynamics over different photoperiods. *Frontiers in Plant Science*. 11: 610174.
- Soufi, H.R., H.M. Kalaji, M. Hamidpour, & K. Malekzadeh. 2024. The roles of light in a plant factory: photosynthesis efficiency and gas exchange parameters of lettuce as a function of light spectra. *Greenhouse Plant Production Journal*. 1(1): 1–26.

- Suada, I.K., I.G.P. Wirawan, R. Dwiyan, Linawati, I.N. Setiawan, H. Suyanto, N.N. Suryantini & Qomariah. 2021. Growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) plant under red-blue-white light and grow light LEDs in plant factory system. *International Journal of Environment, Agriculture, and Biotechnology*. 6(6): 146–152.
- Smirnoff, N. 2018. Ascorbic acid metabolism and functions: a comparison of plants and mammals. *Free Radical Biology and Medicine*. 122: 116–129.
- Tallei, T.E., B.J. Kepel, H.I.S. Wungouw, F. Nurkolis, A.A. Adam & Fatimawali. 2024. A comprehensive review on the antioxidant activities and health benefits of microgreens: current insights and future perspectives. *International Journal of Food Science and Technology*. 59(1): 58–71.
- Tanaka, A., & H. Ito. 2025. Chlorophyll degradation and its physiological function. *Plant and Cell Physiology*. 66(2): 139–152.
- Van Brenk, J.B., S. Courbier, C.L. Kleijweg, J.C. Verdonk, & L.F.M. Marcelis. 2024. Paradise by the far-red light: Far-red and red:blue ratios independently affect yield, pigments, and carbohydrate production in lettuce (*Lactuca sativa*). *Frontiers in Plant Science*. 15: 1383100.
- Vaštakaitė, V., A. Viršilė, A. Brazaitytė, R. Sirtautas & A. Noviškova. 2015. The effect of blue light dosage on growth and antioxidant properties of microgreens. *Scientific Works of the Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry of Aleksandras Stulginskis University*. 34: 25–36.
- Vučetić, A., O. Šovljanski, L. Pezo, N. Gligorijević, S. Kostić, J. Vulić & J. Čanadanović-Brunet. 2025. A comprehensive antioxidant and nutritional profiling of Brassicaceae microgreens. *Antioxidants*. 14(2): 191–202.
- Wahyudi, A. 2019. Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap ketersediaan sayuran di wilayah perkotaan. *Jurnal Ekologi dan Pertanian*. 7(1): 45–55.
- Wang, X., Y. Zhang, Y. Yang, & H. Li. 2018. Effects of different light spectra on chlorophyll accumulation and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and kale (*Brassica oleracea* var. sabellica). *Journal of Plant Physiology*. 221: 1–10.
- Wang, Y. 2017. Blue light induces the accumulation of phenolic compounds in grapevine leaves by enhancing the expression of phenylalanine ammonia-lyase. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 65(45): 9915–9922.
- Wu, W., L.C. Chen, R. Liang, S. Huang, X. Li, B. Huang, H. Luo, M. Zhang, X.W. Wang & H. Zhu. 2025. The role of light in regulating plant growth, development and sugar metabolism: a review. *Frontiers in Plant Science*. 15: 1507628.
- Wu, W., H.W. Wu, L.R. Liang, S.H.S. Huang, L.M.L. Meng, M. Zhang, F. Xie & H. Zhu. 2025. Light regulates the synthesis and accumulation of plant secondary metabolites. *Frontiers in Plant Science*. 16: 1644472.
- Yani, A., & Yenisbar. 2023. Pelatihan tentang budidaya microgreen dan pemanfaatannya dalam pengadaan sayuran di era new normal covid-19 di Desa Bojong Gede, Kecamatan Bojong Gede, Bogor. *Jurnal Pengabdian Pasca Unisti*. 1(1): 13–30.
- Zhang, P., Y. Tang, J. Zhang, J. Liu, L. Li, H. Li, L. Huang, G. Jiang, X. Wang, L. Zhang, Y. Bai, & P. Qin. 2025. Multi-omics analysis of the accumulation mechanism of flavonoids in rice caryopsis under blue light. *Plant Cell Reports*. 44(64): 1–12.
- Zhang, T., Y. Zheng, J. Sun, Y. Chen, & H. Li. 2020. Effects of LED light spectra on growth and nutritional quality of lettuce in plant factory. *Agricultural Sciences*. 11(3): 234–245.