

Analisis Kesesuaian antara Warna Tampak dan Distribusi Spektrum Cahaya LED untuk Penelitian Pencahayaan Tanaman dalam Ruangan

Tengku Azirudin¹

Badan Riset dan Inovasi Daerah Kabupaten Pelalawan
e-mail : azirdtg@gmail.com¹

| Histori artikel | Abstrak |
|---------------------------------|--|
| Received: 22 06 2026 | <p>Lampu LED merupakan sumber cahaya buatan yang banyak digunakan pada pertanian dalam ruangan. Sebagai sumber penerangan yang baik, banyak penelitian yang dilakukan dengan menggunakan lampu LED sebagai sumber cahaya bagi tumbuhan secara monokromatik ataupun kombinasi. Namun demikian, terdapat banyak penelitian pencahayaan tanaman dalam ruangan menggunakan LED tanpa menguji spektrum cahaya dari lampu tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan apakah warna yang terlihat oleh mata pada LED memiliki spektrum yang sesuai dengan warnanya. Pengumpulan data dilakukan dengan studi literatur dan pengukuran langsung pada lampu LED Strip dan COB warna biru, hijau, dan merah menggunakan spektrometer. Selanjutnya dilakukan analisa dengan membandingkan warna yang tampak dengan spektrum cahaya sesuai dengan sub wilayah masing-masing warna. Temuan dari penelitian ini mengungkapkan bahwa LED warna biru dan hijau memiliki kecocokan dengan warna pada spektrumnya. Sedangkan LED warna merah ditemukan tingginya spektrum cahaya warna jingga disamping warna merah. Begitu juga iradiasi spektrum tertinggi berada 635 nm yang berdekatan dengan spektrum warna jingga. Temuan ini menegaskan pentingnya karakterisasi spektrum sumber cahaya LED dalam aplikasi penelitian dibandingkan hanya mengandalkan warna yang tampak</p> <p>Kata Kunci: Pencahayaan LED, warna tampak, distribusi spektrum, karakterisasi spektrum, pencahayaan tanaman dalam ruangan,</p> <p><i>Light-emitting diode (LED) lamps are widely used as artificial light sources in indoor agriculture. As effective lighting systems, LEDs have been extensively employed in research investigating plant responses to monochromatic and combined light treatments. However, many studies on indoor plant lighting utilize LEDs without examining the spectral characteristics of the light sources used. This study aims to determine whether the color perceived by the human eye from LED lights corresponds to their actual spectral distribution. Data were collected through a literature review and direct measurements of blue, green, and red LED strip and COB lamps using a spectrometer. The analysis was conducted by comparing the perceived color of each LED with its measured spectral distribution according to the wavelength ranges associated with the respective color regions. The findings reveal that blue and</i></p> |
| Accepted: 30 06 2026 | |
| Published: 30 06 2026 | |

| | |
|----------------------|--|
| How to cite: | Azirudin, T. (2026). Analisis Kesesuaian antara Warna Tampak dan Distribusi Spektrum Cahaya LED untuk Penelitian Pencahayaan Tanaman dalam Ruangan. <i>Jurnal Rivda</i> (4) 1, |
| E-ISSN: | 2988-5833 |
| Published by: | Badan Riset dan Inovasi Daerah Kabupaten Pelalawan |

green LEDs exhibit spectral distributions that correspond well with their perceived colors. In contrast, red LEDs were found to emit a substantial proportion of orange-light wavelengths in addition to red wavelengths. Furthermore, the highest spectral irradiance was observed at 635 nm, a wavelength located near the orange region of the visible spectrum. These findings highlight the importance of spectral characterization of LED light sources in research applications rather than relying solely on perceived color descriptions

Keywords: LED lighting, perceived color, spectral distribution, spectral characterization, indoor agriculture

PENDAHULUAN

Cahaya sangat penting bagi keberlangsungan hidup manusia, hewan, maupun tumbuhan. Salah satu manfaat cahaya bagi tumbuhan untuk proses fotosintesis dengan memanfaatkan spektrum warna tertentu. Cahaya merupakan radiasi gelombang elektromagnetik yang diperkirakan memiliki panjang 10 nm sampai 1 mm (Zwinkels, 2015). Cahaya tampak atau *visible light* memiliki panjang gelombang 400 – 700 nm (Cen & BORNMAN, 1990; Güth et al., 2016) atau 380-740 (Malacara, 2011; Tsai et al., 2021) yang terdiri dari beberapa spektrum warna, dengan spektrum terpendek yaitu warna violet, dan spektrum terpanjang yaitu warna merah. Cahaya tampak sangat beragam, menyerupai warna yang ada pada pelangi. Adapun spektrum warna yang ada pada panjang gelombang 380-740 nm bisa dikelompokkan menjadi beberapa sub-wilayah warna sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Panjang Gelombang Elektromagnetik Warna Tampak

| Warna | Panjang gelombang |
|--------------|--------------------------|
| Violet | 380–430 nm |
| Biru | 430–500 nm |
| Cyan | 500–520 nm |
| Hijau | 520–565 nm |
| Kuning | 565–580 nm |
| Jingga | 580–625 nm |
| Merah | 625–740 nm |

Sumber : (Malacara, 2011)

Sumber cahaya alami yang digunakan oleh tumbuhan untuk melakukan fotosintesis yaitu matahari yang memiliki spektrum lengkap. Tumbuhan membutuhkan

cahaya tampak dalam proses fotosintesis, spektrum tersebut berada pada wilayah radiasi aktif fotosintesis (PAR). Wilayah ini memiliki panjang gelombang dari 400 sampai dengan 700 nm. Namun demikian, juga terdapat spektrum cahaya yang bermanfaat bagi tumbuhan diluar dari rentang tersebut, seperti spektrum 700-780 nm yang termasuk dalam wilayah *far-red light* (Wang & Folta, 2013).

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mengetahui keefektifan spektrum warna bagi tanaman, baik pada masa vegetatif maupun generatif. Tidak semua warna dibutuhkan dengan intensitas yang sama bagi tanaman (Furuyama et al., 2013; Li et al., 2022; Yanagi et al., 1996), terdapat beberapa spektrum warna yang lebih dominan dibutuhkan oleh tanaman agar bisa tumbuh dengan optimal. Pada pertanian dalam bangunan, salah satu solusi pencahayaan berasal dari cahaya buatan seperti menggunakan *light-emitting diodes* (LED). Pemilihan spektrum cahaya sangat penting untuk tanaman. Spektrum cahaya yang banyak digunakan yaitu biru dan merah, karena kedua spektrum warna ini memiliki pengaruh yang besar pada fotosintesis (Pennisi et al., 2019).

Ada dua hal yang perlu diperhatikan dalam pencahayaan buatan, yaitu intensitas cahaya (Furuyama et al., 2013; Horelli, 2013; Yanagi et al., 1996), dan rasio spektrum warna tersebut (Furuyama et al., 2013; Li et al., 2022). Walaupun tumbuhan bisa tumbuh dengan pencahayaan monokromatik, namun kondisi tersebut membuat tanaman tumbuh kurang optimal (Johkan et al., 2010).

Respon tanaman terhadap spektrum cahaya bisa berbeda pada jenis tanaman tertentu. Beberapa penelitian penggunaan sumber cahaya buatan telah dilakukan dalam mengungkap keefektifan spektrum cahaya pada berbagai aspek (Izzo et al., 2020), baik monokromatik (Landi et al., 2020) ataupun kombinasi dari beberapa spektrum warna (Furuyama et al., 2013; Li et al., 2022). Penggunaan LED dengan warna tertentu sering dilakukan sebagai komparasi terhadap warna yang lain. Namun demikian, cahaya yang tampak oleh panca indera manusia bisa berbeda dengan sub wilayah panjang gelombang tersebut. Pada beberapa kasus, warna yang kita lihat terdiri dari beberapa sub wilayah. Seperti sinar matahari yang sebenarnya terdiri dari gelombang radiasi elektromagnetik dari 380 sampai dengan 740 nm.

Disamping penelitian pengaruh spektrum cahaya terhadap tanaman, beberapa penelitian pengaruh warna cahaya lampu terhadap tanaman telah dilakukan tanpa pengukuran spektrum cahaya dari lampu tersebut. Komparasi dilakukan menggunakan perbandingan warna lampu monokromatik (Rahmani et al., 2021), kombinasi warna (ADYATMA, 2022), dan intensitas cahaya (Norfadila, 2019). Penggunaan LED dengan warna tertentu terkadang dianggap memiliki kesamaan dengan spektrum lampu tersebut. Seperti spektrum warna merah yang diuji dengan menggunakan LED warna merah, begitu juga dengan warna lainnya (Putri et al., 2021; Zulviana et al., 2020).

Perbedaan warna yang dilihat oleh panca indera manusia dengan warna yang ada pada wilayah spektrum cahaya menimbulkan suatu pertanyaan apakah warna biru, hijau, dan merah yang dihasilkan oleh cahaya buatan memiliki spektrum cahaya yang sama dengan warna tersebut. Dalam beberapa penelitian menguji keefektifan spektrum warna tertentu pada tanaman menggunakan lampu tanpa menyajikan data hasil

pengukuran spektrum cahaya. Dalam hal ini, perlu dilakukan penelitian yang menguji beberapa sumber cahaya buatan, dengan tujuan untuk memvalidasi kesesuaian warna dari cahaya buatan yang tampak oleh mata manusia dengan subwilayah pada spektrum gelombang radiasi elektromagnetik.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis kesesuaian antara warna tampak dan distribusi spektrum cahaya pada beberapa sumber cahaya LED (LED strip dan LED COB) yang umum digunakan dalam penelitian pencahayaan tanaman dalam ruangan melalui pengukuran spektrum menggunakan spektrometer.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk menganalisis kesesuaian antara warna tampak pada sumber cahaya LED dengan distribusi spektrum cahaya yang dihasilkan. Pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur dan pengukuran langsung menggunakan spektrometer. Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh gambaran empiris mengenai hubungan antara warna yang dipersepsikan secara visual dengan karakteristik spektral sumber cahaya yang umum digunakan dalam penelitian pencahayaan buatan.

Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan beberapa peralatan dalam mengumpulkan data yang terdiri dari alat ukur dan objek yang diukur. Adapun alat dan bahan yang digunakan sebagai berikut:

- Alat ukur : spektrometer (spektrum 380-780 nm)
Objek :
- LED strip 12 volt dc (warna biru, hijau, dan merah)
 - LED COB 12 volt dc (warna biru, hijau, dan merah)

LED strip dan LED COB dipilih dalam penelitian ini karena keduanya merupakan jenis pencahayaan LED yang banyak digunakan pada aplikasi pencahayaan interior maupun komersial, namun memiliki karakteristik yang berbeda.

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini melalui dua tahap, yaitu tahap pertama pengumpulan data melalui studi literatur. Data yang dikumpulkan melalui studi literatur berasal dari penelitian menguji efektifitas spektrum warna dan jenis sumber pencahayaan buatan yang digunakan sebagai pengganti sinar matahari. Cahaya buatan dengan warna monokromatik yang digunakan dalam penelitian tersebut dijadikan

variabel, sedangkan panjang spektrum warna dijadikan rujukan bagi masing-masing warna. Tahap kedua mengumpulkan data melalui pengukuran langsung untuk mendapatkan spektrum cahaya sesuai dengan variabel penelitian pada masing-masing objek (Tabel 2).

Tabel 2. Variabel Penelitian

| Variabel | | Rujukan | |
|--------------|-----------|----------------|-------------------|
| Warna tampak | Sumber | Spektrum warna | Panjang gelombang |
| Biru | LED Strip | Biru | 430–500 nm |
| | LED COB | | |
| Hijau | LED Strip | Hijau | 520–565 nm |
| | LED COB | | |
| Merah | LED Strip | Merah | 625–740 nm |
| | LED COB | | |

Pengukuran dilakukan pada jarak 10 cm dari sumber cahaya dalam kondisi ruangan gelap. Kalibrasi dilakukan sebelum pengukuran untuk mendapatkan hasil yang akurat. Kalibrasi dilakukan dengan memeriksa kondisi fisik alat, memastikan sumber daya berfungsi dengan baik, serta melakukan pengaturan nol (*zero adjustment*) sesuai petunjuk pabrikan. Selanjutnya, hasil pembacaan alat dibandingkan dengan nilai acuan atau standar yang tersedia untuk memastikan tidak terdapat penyimpangan yang signifikan. Setelah alat menunjukkan hasil yang stabil dan berada dalam batas toleransi yang diperkenankan, pengukuran dilakukan pada setiap titik pengamatan dengan prosedur yang sama. Untuk meningkatkan keandalan data, setiap pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dan hasil yang digunakan merupakan nilai rata-rata dari seluruh pengukuran.

Analisis Data

Data hasil pengukuran dengan spektrometer dianalisis dengan membandingkan warna tampak pada sumber cahaya LED dengan distribusi spektrum cahaya yang dihasilkan pada rentang 380–780 nm. Analisis dilakukan melalui identifikasi panjang gelombang dominan dan sebaran spektrum pada masing-masing objek penelitian, kemudian dibandingkan dengan rentang panjang gelombang yang menjadi karakteristik warna biru, hijau, dan merah berdasarkan literatur. Hasil perbandingan digunakan untuk mengevaluasi kesesuaian antara warna yang dipersepsikan secara visual dengan distribusi spektrum cahaya yang terukur.

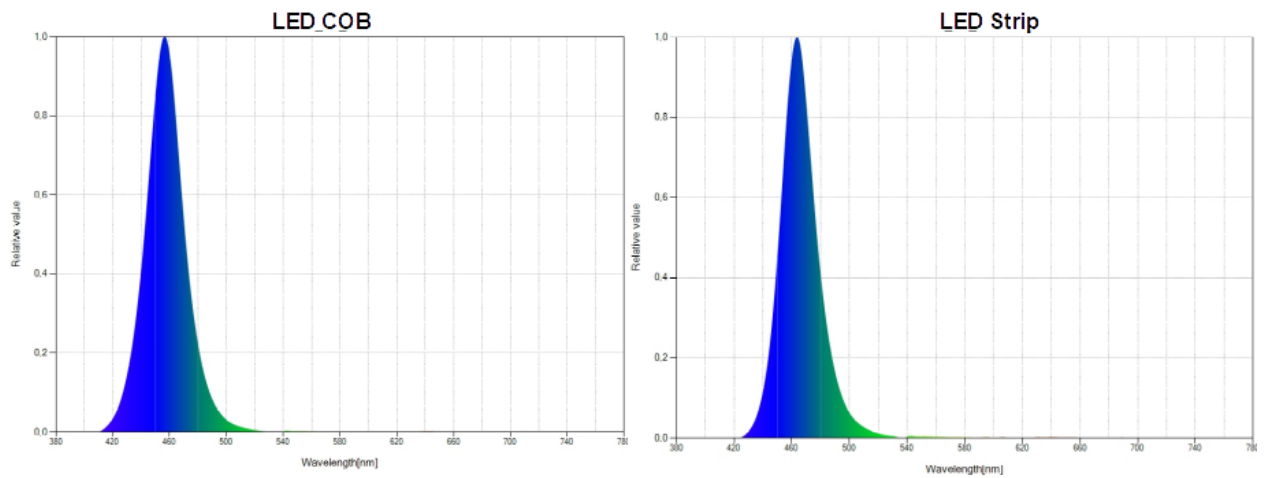
HASIL DAN PEMBAHASAN

LED merupakan teknologi yang banyak dijumpai pada lampu ruang, kendaraan, ataupun dekorasi. Dalam dunia pertanian, LED digunakan untuk pencahayaan tanaman dalam ruangan. Saat ini, teknologi LED sudah berkembang cukup pesat dalam berbagai inovasi, baik dalam warna, bentuk, ukuran, maupun efisiesi. Dari beberapa jenis LED yang ada dipasaran, diambil dua jenis LED yang bisa digunakan pada pertanian dalam

ruangan untuk dilakukan pengukuran, yaitu LED strip (12V DC SMD 2835) dan LED *chip-on-board* (COB). Adapun spektrum panjang gelombang yang dihasilkan dari berbagai jenis dan warna LED tersebut sebagai berikut:

Spektrum LED Warna Biru

Cahaya biru memiliki panjang gelombang pada rentang 430–500 nm. Hasil pengukuran pada LED COB warna biru menunjukkan spektrum cahaya berada pada rentang 410–520 nm, dengan puncak iradiasi spektrum pada panjang gelombang 455 nm. Sementara itu, LED strip warna biru memiliki rentang spektrum 430–530 nm dengan puncak iradiasi spektrum pada panjang gelombang 465 nm. Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua jenis LED tersebut, terdeteksi spektrum warna hijau dengan nilai iradiasi yang relatif rendah dibandingkan puncak spektrum utamanya (Gambar 1)



Gambar 1. Spektrum LED warna biru

Kedua sampel yang diuji menunjukkan bahwa spektrum dominan berada pada subwilayah warna biru dengan sedikit kontribusi spektrum warna hijau. Namun, iradiasi spektrum warna hijau yang muncul relatif kecil dibandingkan dengan puncak iradiasi pada spektrum biru. Perbandingan hasil pengukuran dengan rentang spektrum warna biru yang menjadi acuan dapat dilihat pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Kesesuaian hasil pengukuran LED warna biru

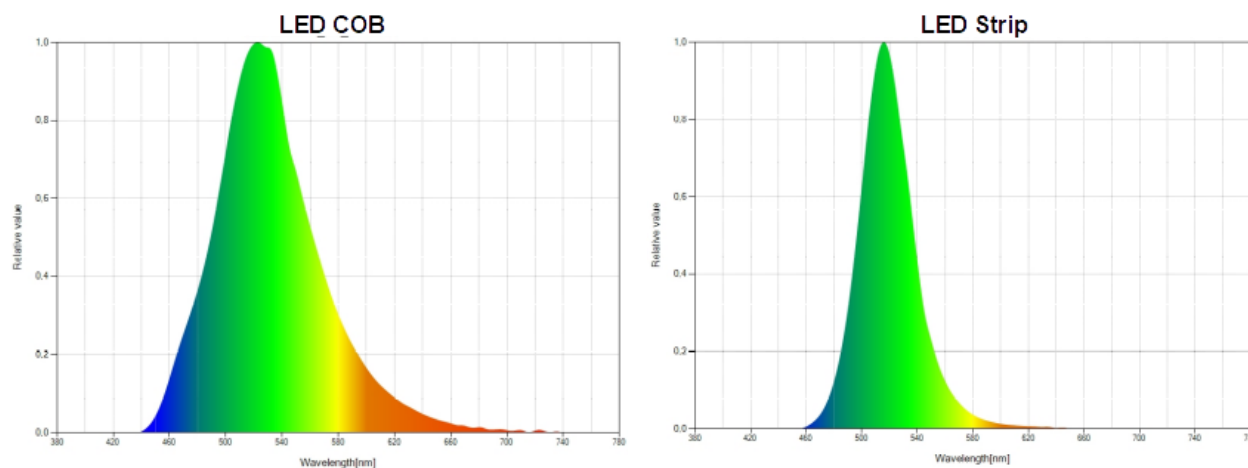
| Sumber Cahaya | Pengukuran | | | Kesesuaian |
|---------------|----------------|--------------------|-------------|------------|
| | Spektrum | Iradiasi tertinggi | Sub wilayah | |
| LED strip | 430nm – 530 nm | 465 nm | Biru, hijau | Sesuai |
| COB | 410nm – 520nm | 455 nm | Biru, hijau | Sesuai |

Sumber: analisis, 2026

Spektrum LED Warna Hijau

Cahaya hijau memiliki panjang gelombang pada rentang 520–565 nm. Hasil pengukuran pada LED COB warna hijau menunjukkan rentang spektrum 440–700 nm dengan puncak iradiasi spektrum pada panjang gelombang 520 nm. Sementara itu, LED strip warna hijau memiliki rentang spektrum 460–700 nm dengan puncak iradiasi spektrum

pada panjang gelombang 515 nm. Berdasarkan hasil pengukuran pada kedua jenis LED tersebut, terdapat sedikit warna biru, kuning, jingga, dan merah dengan iradiasi spektrum yang rendah. Disamping itu juga terdapat perbedaan rasio warna-warna tersebut pada LED strip dan COB (Gambar 2).



Gambar 2. Spektrum LED warna hijau

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki distribusi spektrum yang mencakup beberapa subwilayah warna tampak, namun puncak iradiasi tetap berada pada wilayah spektrum hijau. Selain didominasi oleh spektrum hijau, terdapat pula spektrum warna lain dengan proporsi yang berbeda antara LED strip dan LED COB. Adapun perbandingan hasil pengukuran dengan nilai rujukan spektrum warna hijau bisa dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kesesuaian hasil pengukuran LED warna hijau

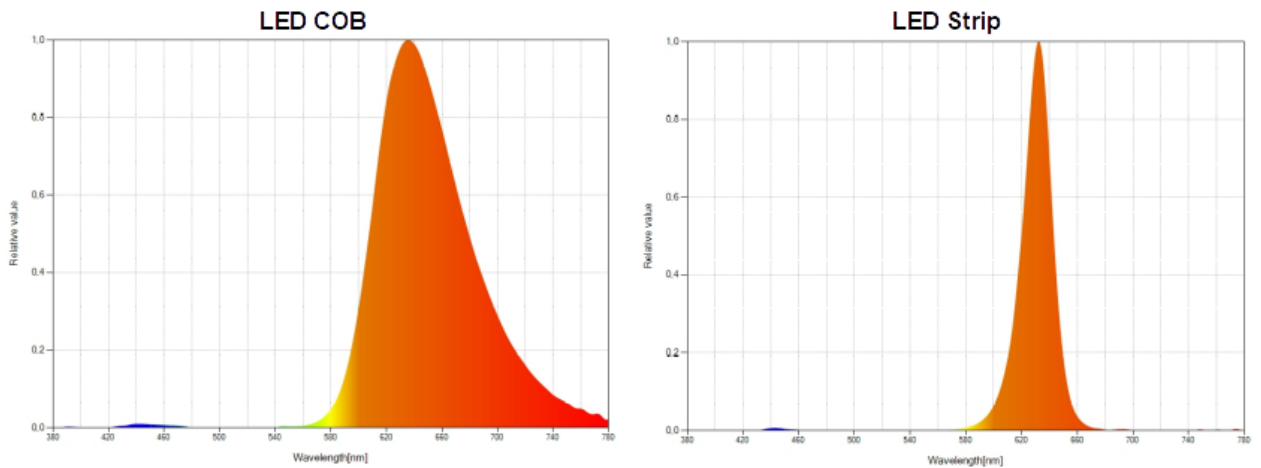
| Sumber Cahaya | Pengukuran | | | Kesesuaian |
|---------------|-----------------|--------------------|------------------------------------|------------|
| | Spektrum | Iradiasi tertinggi | Sub wilayah | |
| LED strip | 460 nm – 700 nm | 515 nm | biru, hijau, kuning, jingga, merah | Sesuai |
| LED COB | 440 nm – 700 nm | 520 nm | biru, hijau, kuning, jingga, merah | Sesuai |

Sumber: analisis, 2026

Spektrum LED Warna Merah

Cahaya merah memiliki panjang gelombang pada rentang 625–740 nm dan terletak di antara spektrum warna jingga dan inframerah. Hasil pengukuran pada LED COB warna merah menunjukkan rentang spektrum 570–780 nm yang mencakup subwilayah kuning, jingga, merah, hingga inframerah. Puncak iradiasi spektrum berada

pada panjang gelombang 635 nm. Walaupun puncak iradiasi berada pada subwilayah merah, posisinya sangat berdekatan dengan spektrum jingga. Selain itu, proporsi spektrum jingga cukup besar dan mendekati setengah dari intensitas spektrum merah. Pada LED strip warna merah diperoleh rentang spektrum 580–680 nm dengan puncak iradiasi spektrum pada panjang gelombang 635 nm. Selain spektrum merah, terdeteksi pula spektrum kuning dan jingga. Berdasarkan Gambar 3, walaupun puncak iradiasi berada pada subwilayah merah, distribusi spektrum menunjukkan bahwa komposisi warna jingga lebih dominan dibandingkan warna merah.



Gambar 3. Spektrum LED warna merah

Baik LED COB maupun LED strip cahaya merah memiliki spektrum cahaya jingga yang sangat besar. Walaupun kedua LED tersebut memiliki nilai iradiasi spektrum tertinggi berada pada sub wilayah merah, tetapi besarnya spektrum warna jingga menunjukkan penggunaan lampu tersebut dalam penelitian pencahayaan buatan perlu mempertimbangkan pengaruh dari warna jingga.

Tabel 5. Kesesuaian hasil pengukuran LED warna merah

| Sumber Cahaya | Pengukuran | | | Kesesuaian |
|---------------|-----------------|--------------------|------------------------------------|--|
| | Spektrum | Iradiasi tertinggi | Sub wilayah | |
| LED strip | 580 nm – 680 nm | 635 nm | Jingga, merah | Dominasi iradiasi spektrum warna jingga |
| LED COB | 570 nm – 780 nm | 635 nm | kuning, jingga, merah, infra merah | Tingginya iradiasi spektrum warna jingga |

Sumber: analisis, 2026

Spektrum warna merah untuk tanaman

Beberapa penelitian mengenai pengaruh warna merah terhadap tanaman telah dilakukan dengan penggunaan cahaya buatan. Pada penelitian tersebut, spektrum cahaya warna merah menjadi spektrum yang mendominasi dari warna lainnya, dengan radiasi tertinggi berada pada sub wilayah spektrum warna merah. Adapun perbandingan spektrum LED strip dan COB terhadap spektrum warna merah yang digunakan pada penelitian tanaman dalam ruangan bisa dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Komparasi hasil pengukuran dengan penelitian sebelumnya

| Hasil pengukuran | | Hasil Penelitian (Spektrum merah) | | |
|------------------------------------|-----------------|--|-----------------|------------------------|
| Iradiasi spektrum tertinggi | Dominasi | Iradiasi spektrum tertinggi | Dominasi | Referensi |
| 630 – 635 | Jingga - merah | 660 nm | Merah | (Pennisi et al., 2019) |
| | | 660 nm | Merah | (Mickens et al., 2019) |
| | | 660 nm | Merah | (Izzo et al., 2020) |
| | | 660-670 nm | Merah | (Li et al., 2022) |

Sumber: Analisa, 2026

Berdasarkan Tabel 6, puncak iradiasi spektrum merah yang digunakan pada berbagai penelitian pencahayaan buatan dalam ruangan umumnya berada pada rentang 660–670 nm dan didominasi oleh spektrum merah. Sementara itu, hasil pengukuran pada LED strip dan LED COB warna merah menunjukkan puncak iradiasi spektrum berada pada rentang 630–635 nm, yang terletak lebih dekat ke batas antara spektrum jingga dan merah. Selain itu, distribusi spektrum pada kedua jenis LED tersebut masih menunjukkan kontribusi spektrum jingga yang cukup besar

SIMPULAN

Warna cahaya yang terlihat oleh mata manusia tidak selalu sepenuhnya mencerminkan distribusi spektrum cahaya yang dihasilkan oleh suatu sumber cahaya. Hasil pengukuran terhadap LED warna biru, hijau, dan merah menunjukkan bahwa setiap warna tidak hanya tersusun oleh satu spektrum dominan, tetapi juga mengandung spektrum lain dengan proporsi yang berbeda-beda. LED warna biru didominasi oleh spektrum biru dengan sedikit kontribusi spektrum hijau. Demikian pula, LED warna hijau didominasi oleh spektrum hijau meskipun masih mengandung spektrum warna lain dalam intensitas yang lebih rendah. Berbeda dengan kedua jenis LED tersebut, LED warna merah menunjukkan keberadaan spektrum jingga yang cukup besar, bahkan pada beberapa sampel puncak iradiasi spektrumnya berada pada panjang gelombang yang berdekatan dengan batas antara warna jingga dan merah.

Temuan ini menunjukkan bahwa penelitian yang menguji efektivitas spektrum merah menggunakan lampu LED berlabel merah tanpa melakukan pengukuran spektrum terlebih dahulu berpotensi tidak hanya menguji spektrum merah, tetapi juga spektrum jingga atau kombinasi keduanya. Hal tersebut disebabkan oleh karakteristik spektrum beberapa LED merah yang masih memiliki kontribusi spektrum jingga yang cukup tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian yang menggunakan pencahayaan buatan berbasis LED strip maupun LED COB, pengukuran spektrum cahaya sebelum pelaksanaan penelitian sangat dianjurkan untuk memastikan kesesuaian antara warna yang dituju dan distribusi spektrum yang sebenarnya. Alternatif lainnya adalah menggunakan sumber cahaya yang telah memiliki data spektrum yang terdokumentasi dan relevan dengan tujuan penelitian. Apabila informasi mengenai distribusi spektrum tidak tersedia, maka hasil penelitian sebaiknya dilaporkan berdasarkan warna cahaya yang digunakan tanpa mengaitkannya dengan spektrum tertentu yang belum terverifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Bupati Kabupaten Pelalawan
2. Kepala Badan Riset dan Inovasi Daerah Kabupaten Pelalawan

DAFTAR PUSTAKA

- Adyatma, Y. N. (2022). Optimasi Kombinasi Lampu Led Merah Dan Biru Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sorgum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Pada Sistem Hidroponik.
- Cen, Y.-P., & Bornman, J. F. (1990). The Response Of Bean Plants To Uv-B Radiation Under Different Irradiances Of Background Visible Light. *Journal Of Experimental Botany*, 41(11), 1489–1495.
- Furuyama, S., Ishigami, Y., Hikosaka, S., & Goto, E. (2013). Effects Of Blue/Red Ratio And Light Intensity On Photomorphogenesis And Photosynthesis Of Red Leaf Lettuce. 317–322.
- Güth, J.-F., Kauling, A. E. C., Ueda, K., Florian, B., & Stimmelmayer, M. (2016). Transmission Of Light In The Visible Spectrum (400–700 Nm) And Blue Spectrum (360–540 Nm) Through Cad/Cam Polymers. *Clinical Oral Investigations*, 20, 2501–2506.
- Horelli, L. (2013). The Role Of Shared Space For The Building And Maintenance Of Community From The Gender Perspective-A Longitudinal Case Study In A Neighbourhood Of Helsinki.

- Izzo, L. G., Hay Mele, B., Vitale, L., Vitale, E., & Arena, C. (2020). The Role Of Monochromatic Red And Blue Light In Tomato Early Photomorphogenesis And Photosynthetic Traits. *Environmental And Experimental Botany*, 179, 104195. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104195>
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S., & Yoshihara, T. (2010). Blue Light-Emitting Diode Light Irradiation Of Seedlings Improves Seedling Quality And Growth After Transplanting In Red Leaf Lettuce. *Hortscience*, 45(12), 1809–1814.
- Landi, M., Zivcak, M., Sytar, O., Brestic, M., & Allakhverdiev, S. I. (2020). Plasticity Of Photosynthetic Processes And The Accumulation Of Secondary Metabolites In Plants In Response To Monochromatic Light Environments: A Review. *Biochimica Et Biophysica Acta (Bba)-Bioenergetics*, 1861(2), 148131.
- Li, Y., Liu, N., Ji, F., & He, D. (2022). Optimal Red: Blue Ratio Of Full Spectrum Leds For Hydroponic Pakchoi Cultivation In Plant Factory. *International Journal Of Agricultural And Biological Engineering*, 15(3), 72–77.
- Malacara, D. (2011). *Color Vision And Colorimetry: Theory And Applications*.
- Mickens, M., Torralba, M., Robinson, S., Spencer, L., Romeyn, M., Massa, G., & Wheeler, R. (2019). Growth Of Red Pak Choi Under Red And Blue, Supplemented White, And Artificial Sunlight Provided By Leds. *Scientia Horticulturae*, 245, 200–209.
- Norfadila, S. D. (2019). Pengaruh Warna Dan Intensitas Lampu Led (Light Emite Dioda) Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaea L. Merrill*).
- Pennisi, G., Orsini, F., Blasioli, S., Cellini, A., Crepaldi, A., Braschi, I., Spinelli, F., Nicola, S., Fernandez, J. A., & Stanghellini, C. (2019). Resource Use Efficiency Of Indoor Lettuce (*Lactuca Sativa L.*) Cultivation As Affected By Red: Blue Ratio Provided By Led Lighting. *Scientific Reports*, 9(1), 14127.
- Putri, A. S., Yushardi, Y., & Supeno, S. (2021). Pengaruh Spektrum Dan Intensitas Cahaya Led Terhadap Pertumbuhan Tanaman Microgreens Pakcoy (*Brassica Rapa L. Subsp. Chinensis (L)*). *Orbita: Jurnal Kajian, Inovasi Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 423–433.
- Rahmani, A. F., Mubarak, S., Soleh, M. A., & Prawiranegara, B. M. P. (2021). Evaluasi Kualitas Nutrisi Microgreen Bayam Merah Dan Hijau Menggunakan Cahaya Buatan. *Kultivasi*, 20(3), 168–174.
- Tsai, J., Chien, A., Kang, J., Leung, S., Kang, S., & Garza, L. (2021). Hyperspectral Measurement Of Skin Reflectance Detects Differences In The Visible And Near-Infrared Regions According To Race, Gender And Body Site. *Journal Of The European Academy Of Dermatology And Venereology: Jeadv*, 35(5), E330.
- Wang, Y., & Folta, K. M. (2013). Contributions Of Green Light To Plant Growth And Development. *American Journal Of Botany*, 100(1), 70–78.
- Yanagi, T., Okamoto, K., & Takita, S. (1996). Effect Of Blue And Red Light Intensity On Photosynthetic Rate Of Strawberry Leaves. 371–376.
- Zulviana, V., Kirom, M. R., & Rosdiana, E. (2020). Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Led (Light Emitting Diode) Dengan Warna Merah, Biru, Dan Putih Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Rapa Var Parachinensis*) Di Dalam Ruang. *Eproceedings Of Engineering*, 7(1).

Zwinkels, J. (2015). Light, Electromagnetic Spectrum. Encyclopedia Of Color Science And Technology, 8071, 1–8.