



AGROMIX

Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian, Universitas Yudharta Pasuruan
 pISSN (Print): 2085-241X; eISSN (Online): 2599-3003
 Website: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/agromix>

Efek cahaya LED merah dan biru pada pertumbuhan, hasil dan kandungan klorofil tanaman pakcoy (*Brassica chinensis* L.) dalam Growbox

*The Effects of red and blue LED light on growth, yield and chlorophyll content of pakchoy (*Brassica chinensis* L.) plants in growbox*

Rosyida Rosyida^{1*}, Karno Karno¹, Fajrin Pramana Putra¹, Julian Christopher Limantara²

¹Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Kota Semarang

²Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Jalan Prof. Soedarto S.H Tembalang, Kota Semarang

*Email korespondensi: rosyida@lecturer.undip.ac.id

ABSTRACT

Article history

Received : April 22, 2022

Accepted : September 21, 2022

Published : September 30, 2022

Keyword

LEDs; Light quality; Pakchoy; Chlorophyll

Introduction: Light-emitting diodes (LEDs) are artificial light sources that have been widely used in indoor farming systems. The light quality of red and blue LEDs plays a role in plant growth and diverse physiological responses. The right ratio of red and blue LEDs is expected to increase the growth, yield and physiology of Pakchoy plants. Experiments on the effect of LED light quality on growth, yield and physiology of Pakchoy plants have been carried out at the Grow Box. **Methods:** The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) consisting of 5 types of LED light quality, with the ratio of Red and Blue light (R:B), namely: (R10), (B10), (R5:B5), (R3:B7), and (R7:B3). Each treatment was repeated 3 times, so there were 15 experimental units. Parameters observed included growth, yield and physiological components related to photosynthesis, namely: plant height (cm), plant length (cm), number of leaves (plant⁻¹), leaf area (cm²), plant fresh weight (g plants⁻¹), content of chlorophyll a, b and total (mg g⁻¹), leaf carotenoids content (mg g⁻¹), chlorophyll content of SPAD (Soil Plant Analysis Development), and DCGI (Dark Color Green Index). **Results:** The light quality of monochromatic blue LEDs (B10) and the combination of red and blue (R3:B7, R5:B5 and R7:B3) significantly improves vegetative growth, chlorophyll content, carotenoids and fresh weight than monochromatic red light (R10). Monochromatic red light R10 decreased growth, chlorophyll component and yield in Pakchoy plants. **Conclusion:** Red and blue LEDs with a ratio of R3:B7 showed the best results on all observation parameters.

ABSTRAK

Riwayat artikel

Dikirim : 22 April 2022

Disetujui : 21 September 2022

Diterbitkan : 30 September 2022

Kata Kunci

LEDs; Kualitas cahaya; Pakcoy; Klorofil

Pendahuluan: Light-emitting diodes (LEDs) adalah sumber cahaya buatan yang telah banyak digunakan pada sistem budidaya dalam ruang. Kualitas cahaya LEDs merah dan biru berperan pada pertumbuhan dan fisiologis tanaman secara luas. Rasio LEDs merah dan biru yang tepat diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan, hasil dan fisiologis tanaman Pakcoy. Percobaan pengaruh kualitas cahaya LEDs pada pertumbuhan, hasil dan fisiologis tanaman Pakcoy telah dilakukan di instalasi *Grow Box*. **Metode:** Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) terdiri dari 5 jenis kualitas cahaya LEDs, dengan rasio cahaya Merah dan Biru (R:B), yaitu: (R10), (B10), (R5:B5), (R3:B7), dan (R7:B3). Tiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Parameter yang diamati meliputi komponen pertumbuhan, hasil dan fisiologis yang berhubungan dengan fotosintesis, yaitu: tinggi tanaman (cm), panjang tanaman (cm), jumlah daun (helai tanaman⁻¹), luas daun (cm²), bobot segar tanaman (g tanaman⁻¹), kandungan klorofil a, b dan total (mg g⁻¹), kadar karoten daun (mg g⁻¹), kadar klorofil SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), dan DCGI (*Dark Colour Green Index*). **Hasil:** Kualitas cahaya LEDs biru monokromatik (B10) serta kombinasi cahaya merah dan biru (R3:B7, R5:B5 dan R7:B3) menampilkan pertumbuhan vegetatif, kandungan klorofil, karotenoid dan bobot segar lebih baik daripada cahaya merah monokromatik (R10). LEDs merah dan biru dengan rasio R3:B7 menampilkan hasil terbaik pada seluruh parameter pengamatan. **Kesimpulan:** Pemberian cahaya merah secara monokromatik R10 menurunkan pertumbuhan, komponen klorofil dan hasil pada tanaman Pakchoy.

Sitasi: Rosyida, Karno, K., Putra, F. P., & Limantara, J. C. (2022). Efek cahaya LED merah dan biru pada pertumbuhan, hasil dan kandungan klorofil tanaman pakcoy (*Brassica chinensis* L.) dalam Growbox. *Agromix*, 13(2), 168-174. <https://doi.org/10.35891/agx.v13i2.3028>

PENDAHULUAN

Sistem budidaya tanaman dalam ruang tertutup atau dikenal dengan *Indoor Farming System* telah banyak dicoba dan diterapkan sejauh ini. Sistem budidaya tanaman dalam ruang menggantungkan faktor lingkungan buatan sebagai pendukung pertumbuhan tanaman. Cahaya adalah faktor lingkungan yang penting mempengaruhi pertumbuhan tanaman, distribusi fotosintat, dan hasil panen. Faktor cahaya yang mempengaruhi respon pertumbuhan dan hasil tanaman meliputi aspek intensitas, periodisitas dan kualitas. Kualitas cahaya adalah faktor kunci dalam berbagai respons adaptif dan transisi perkembangan pada tumbuhan (Jing dkk., 2018; Kami dkk., 2010). Kualitas cahaya atau panjang gelombang yang diterima tanaman dan dimodulasi oleh fitokrom dapat menyebabkan perubahan morfologi, pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Zhao dkk., 2013). Spektrum cahaya tampak yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman terdiri dari warna merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila, dan ungu.

Sumber cahaya buatan untuk budidaya tanaman di ruang tertutup dapat menggunakan beberapa jenis lampu, salah satunya adalah *Light-emitting diodes* (LEDs). LEDs merupakan jenis lampu yang cukup baru sebagai sumber cahaya buatan, yang memiliki karakteristik terang, tahan lama, dan menghasilkan panas yang rendah (Singh dkk., 2015). Monokromatik LED dapat dikombinasikan sehingga menjadi kualitas cahaya yang berbeda (rasio cahaya merah/biru atau rasio cahaya merah/merah jauh, dll.), dan panjang gelombangnya dapat disesuaikan (Yeh dkk., 2015). Kualitas cahaya dari LEDs terdiri atas beberapa spektrum warna, yaitu merah (red), biru (blue), hijau (green), kuning (yellow) dan putih (white). Perbedaan kualitas cahaya LEDs secara signifikan mempengaruhi anatomi, fisiologi, morfologi, dan parameter biokimia pada daun (Zhao dkk., 2012, 2018; Rehman dkk., 2017). Spektrum cahaya merah diterima oleh fitokrom dan berperan utama dalam morfogenesis daun, pembentukan kompartemen fotosintesis dan akumulasi karbohidrat (Rehman dkk., 2017). Namun, pertumbuhan tanaman di bawah cahaya monokromatik merah berkepanjangan berakibat pada penurunan beberapa komponen fisiologis, diantaranya adalah kapasitas fotosintesis, efisiensi penggunaan nitrogen untuk fotosintesis, massa daun per area, konduktansi stomata tidak responsif dan gangguan pertumbuhan secara keseluruhan (Trouwborst dkk., 2016). Di satu sisi, spektrum cahaya biru berperan dalam pengaturan fotosintesis, pembentukan klorofil dan pembukaan stomata terutama melalui kriptokrom dan fototropin (Hogewoning dkk., 2010; Savvides dkk., 2012). Kombinasi cahaya merah dan biru berakibat pada peningkatan klorofil daun, laju fotosintesis bersih dan akumulasi bahan kering (Chang dkk., 2016; Wang dkk., 2016). Oleh karena itu komposisi dan rasio spektrum cahaya LEDs terbaik untuk memacu pertumbuhan, hasil, kualitas dan fisiologi tanaman masih terus dikaji.

Pakcoy (*Brassica chinensis* L.) adalah tanaman sayuran yang bernilai ekonomi tinggi namun rentan terhadap perubahan kualitas cahaya lingkungan. Budidaya Pakcoy pada sistem budidaya dalam ruang dilakukan dengan menggunakan instalasi *Grow Box*. *Grow Box* adalah ruang tertutup dengan pengaturan suhu, cahaya dan kelembaban udara yang terkontrol. Penggunaan *Grow Box* menjadi salah satu alternatif instalasi yang dapat digunakan pada sistem budidaya di ruang tertutup atau *indoor farming system*. Oleh karena itu, penerapan LEDs pada budidaya Pakcoy dalam *Growbox* telah dilakukan dan bertujuan untuk menyelidiki respon pertumbuhan, hasil dan fisiologis tanaman Pakchoy terhadap kualitas cahaya LEDs merah dan biru.

METODE

Rancangan percobaan dan bahan tanaman

Penelitian telah dilakukan pada bulan Juli – Oktober 2021 menggunakan instalasi *Grow Box* (AGT UNDIP 1.0) (Gambar 1) Laboratorium Fisiologi dan Pemuliaan Tanaman, Departemen Pertanian, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Tembalang, Kota Semarang. *Grow Box* terdiri dari 15 unit box yang tersusun sebagai 3 x 5. *Grow box* berbahan aluminium dengan dimensi 50x50x63 cm, dilengkapi dengan akses ventilasi yang tersambung dengan fan serta lampu LEDs yang dikontrol otomatis dengan *timer*.



Gambar 1. Instalasi *Grow Box* dengan cahaya buatan dari LEDs

Percobaan menggunakan bahan tanam pakcoy varietas Oprah (PT. Known You Seed Ind.). Benih disemai dalam tray semai hingga 10 hari setelah semai (HSS) dibawah penyinaran alami, kemudian dipindah tanam ke dalam pot (diameter 10 cm). Tanaman pakcoy dalam pot diletakkan dalam *growbox* selama 4 minggu. Pemeliharaan tanaman pakcoy meliputi penyiraman berdasarkan kapasitas lapang media tanam dan pemupukan NPK dengan dosis 2 g/tanaman. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) Monofaktor. Perlakuan terdiri dari 5 jenis kualitas cahaya dari lampu LEDs, dengan rasio jumlah lampu LED cahaya Merah (R) dan Biru (B), yaitu: (R10), (B10), (R5:B5), (R3:B7), dan (R7:B3). Tiap perlakuan diulang 3 kali, sehingga terdapat 15 unit percobaan. Tiap unit percobaan terdiri dari 5 tanaman, sehingga total populasi adalah 45 tanaman.

Instalasi LEDs pada *growbox*

LEDs (High Power LED/HPL) dengan total 20 watt sesuai perlakuan dipasang pada 15 unit grow box dan dioperasikan secara otomatis dengan timer digital (Digital Timer Heles, Type TS-ED1, 230-240 Volt, 50 Hz). LED merah (red) memiliki karakter panjang gelombang atau wavelength (WL) 620-625 nm, VF 1,9 – 2,1 volt, IV 120 – 130 lumen, IF 350 mA. Sedangkan LED biru (blue) memiliki karakter panjang gelombang atau wavelength (WL) 450 - 455 nm, VF 3,2 – 3,4 volt, IV 40-50 lumen, IF 350 mA. LED driver dengan model 8 – 18 watt, Input AC 175-265 volt, 50-60 Hz dan Output DC 24-72 volt. 300 mA. Grow box dilengkapi ventilasi yang terhubung dengan fan berukuran diameter 12 cm, 12 volt DC; 0,16 A. LEDs otomatis dinyalakan dengan lama penyinaran (jam) 12/12 terang/gelap.

Parameter pengamatan

Parameter yang diamati meliputi komponen pertumbuhan, hasil dan fisiologis yang berhubungan dengan fotosintesis, yaitu: tinggi tanaman (cm), panjang tanaman (cm), jumlah daun (helai tanaman⁻¹), luas daun (cm²), bobot segar tanaman (g tanaman⁻¹), kandungan klorofil a, b dan total (mg g⁻¹), kadar karoten daun (mg g⁻¹), kadar klorofil SPAD (*Soil Plant Analysis Development*), dan DCGI (*Dark Colour Green Index*) menggunakan aplikasi *Petiole pro* (Petiole, version 2.0.1, Petiole Ltd. 2019). Parameter tinggi tanaman, panjang tanaman, dan jumlah daun diamati secara non destruktif pada 3 dan 6 Minggu Setelah Semai (MSS), luas daun diamati menggunakan *Leaf Area Meter* pada 3 MSS sedangkan bobot segar tanaman, kandungan klorofil a, b dan total (Wellburn, 1994; Kasim and Kasim, 2012), kadar klorofil SPAD (Ling dkk, 2011), kandungan karoten (Wellburn, 1994) dan DCGI (Petrovska dkk, 2021) diamati pada waktu panen yaitu 50 Hari Setelah Semai (HSS).

Analisa data

Seluruh data dianalisis dengan analisis sidik ragam atau analysis of variance (ANOVA), menggunakan software SPSS 25.0 (IBM SPSS Statistic). Perbandingan rata-rata dilakukan uji lanjut menggunakan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada $p < 0,05$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon morfologi dan pertumbuhan tanaman pakcoy akibat perbedaan kualitas cahaya LEDs

Faktor cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman. Faktor cahaya terdiri atas intensitas, periodesitas dan kualitas cahaya. Kualitas cahaya memiliki efek signifikan pada tanaman, khususnya pada proses fotosintesis, pertumbuhan, perkembangan, dan metabolisme sekunder (Ahn dkk., 2015). Kualitas cahaya yang berbeda berdampak pada perbedaan pertumbuhan vegetatif tanaman pakcoy. Cope dkk (2014) melaporkan bahwa spektrum cahaya dengan panjang gelombang Merah (R) (600–700 nm) dan biru (B) (400–500 nm) memicu tingkat asimilasi CO₂ tertinggi dan produksi O₂ pada tumbuhan tingkat tinggi.

Kombinasi cahaya Merah dan Biru dengan rasio tertentu mempengaruhi tingkat asimilasi CO₂, menghasilkan pertumbuhan dan pembentukan biomassa tanaman lebih maksimal. Hasil analisis ragam atau ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan beberapa kualitas cahaya LEDs berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap parameter tinggi tanaman, panjang tanaman, jumlah daun dan luas daun (Tabel 1). Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh, sedangkan panjang tanaman diukur dari pangkal batang hingga ujung daun. Kualitas cahaya LEDs berpengaruh nyata ($p < 0,05$) pada komponen tinggi tanaman dan panjang tanaman 3 MSS dan 6 MSS. Cahaya Biru monokromatik pada LEDs B10 menghasilkan tinggi tanaman dan panjang tanaman tertinggi pada 3 dan 6 MSS berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan perlakuan R10, R5:B5, R3:B7, dan R7:B3. LEDs R10 nyata menampilkan tinggi tanaman dan panjang tanaman lebih rendah. Hal ini didukung oleh Yin-jian dkk (2018) yang melaporkan bahwa pemberian cahaya Biru terlibat dalam peningkatan kandungan klorofil pada daun tanaman mentimun dan pakcoy hijau. Aktivitas klorofil selanjutnya berdampak pada pembentukan biomassa tanaman.

Cahaya Biru dan Merah berperan dalam fotosintesis. Namun pemberian cahaya biru dan merah secara monokromatik menampilkan perbedaan respon pada pertumbuhan dan morfologi tanaman pakcoy. Aplikasi LEDs menampilkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada komponen jumlah daun dan luas daun. Pemberian LED monokromatik merah (R10) menampilkan penghambatan pertumbuhan daun yang teramati pada komponen jumlah dan luas daun.

Tabel 1. Pengaruh LEDs pada tinggi tanaman, panjang tanaman, jumlah daun dan luas daun tanaman Pakchoy

Kualitas Cahaya LED	Tinggi Tanaman (cm)		Panjang Tanaman (cm)		Jumlah Daun (helai tanaman ⁻¹)		Luas Daun (cm ²)
	3 MSS	6 MSS	3 MSS	6 MSS	3 MSS	6 MSS	6 MSS
R10	2,640 ^c	4,250 ^b	5,250 ^c	7,833 ^c	4,390 ^c	5,443 ^b	5,021 ^b
B10	7,696 ^a	9,710 ^a	14,193 ^a	18,860 ^a	5,516 ^b	6,933 ^a	10,028 ^a
R5:B5	3,193 ^{bc}	4,793 ^b	10,306 ^b	10,933 ^{bc}	6,473 ^a	8,113 ^a	9,043 ^a
R3:B7	3,033 ^{bc}	4,503 ^b	9,610 ^b	12,903 ^b	5,933 ^{ab}	8,366 ^a	10,531 ^a
R7:B3	3,666 ^b	5,160 ^b	10,273 ^b	12,410 ^b	6,266 ^{ab}	7,316 ^a	9,318 ^a

*superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Kualitas cahaya LEDs berpengaruh secara signifikan pada morfologi dan pertumbuhan vegetatif tanaman Pakchoy. Pemberian cahaya LEDs monokromatik Merah (R10) berakibat pada penurunan tinggi tanaman, panjang tanaman, jumlah dan luas daun tanaman Pakchoy. Sedangkan cahaya LEDs monokromatik Biru (B10) dan kombinasi cahaya LEDs Merah dan Biru menampilkan perbaikan pertumbuhan tinggi, panjang tanaman, jumlah dan luas daun. Menurut Rehman dkk (2017) cahaya Merah memiliki peran pada morfogenesis daun, peningkatan pertumbuhan dan biomassa tanaman. Namun cahaya Merah yang diberikan secara monokromatik dengan waktu yang intensif berdampak pada penghambatan pertumbuhan vegetatif tanaman. Cahaya Merah monokromatik menurunkan efisiensi penggunaan nitrogen untuk fotosintesis, dan menyebabkan konduktansi stomata tidak responsif. Pertumbuhan dan hasil tanaman akibat penggunaan kualitas cahaya LEDs merah juga ditemukan pada tanaman hortikultura lainnya, yaitu mentimun (Miao dkk, 2019) dan krisan (Seif dkk, 2021). Sedangkan kualitas cahaya biru berperan dalam pertumbuhan dan pembungaan, pengaturan fotosintesis, pembentukan klorofil dan pembukaan stomata terutama melalui kriptokrom dan fototropin (Hogewoning dkk., 2010; Savvides dkk., 2012). Peningkatan rasio cahaya Biru tidak berdampak pada penurunan pertumbuhan vegetatif, namun berdampak pada akumulasi senyawa bioaktif tanaman, yaitu kandungan antosianin daun (Yin-jian dkk., 2018).

Hasil percobaan pada tanaman Pakchoy menunjukkan bahwa LEDs Biru yang diberikan secara monokromatik menghasilkan pertumbuhan tinggi dan panjang tanaman terbaik. Sedangkan LEDs Biru yang dikombinasikan dengan LEDs Merah secara signifikan memperbaiki gangguan pertumbuhan vegetatif tanaman Pakchoy akibat LEDs Merah, terutama pada komponen jumlah dan luas daun. Hal ini menunjukkan bahwa efek negatif kualitas cahaya Merah pada tanaman Pakchoy dapat dipulihkan dengan suplementasi cahaya Biru. Menurut Miao dkk. (2019) perbaikan pertumbuhan dan fisiologis tanaman akibat cahaya merah yang bergantung pada cahaya biru melibatkan peningkatan aktivitas kloroplas dan selanjutnya fotosintesis. Kombinasi cahaya Biru pada cahaya Merah juga menurunkan akumulasi nutrisi yang berlebihan pada tanaman.

Respon hasil tanaman pakchoy akibat perbedaan kualitas cahaya LEDs

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kualitas cahaya LEDs berpengaruh nyata ($p < 0.05$) pada parameter bobot segar tanaman (Tabel 2). LEDs R3:B7 menghasilkan bobot segar tertinggi namun tidak berbeda nyata ($p > 0.05$) dengan perlakuan B10, R5:B5, dan R7:B3. LEDs R10 nyata ($p < 0.05$) menurunkan bobot segar tanaman dibandingkan dengan 4 perlakuan LEDs yang lain.

Tabel 2. Pengaruh kualitas cahaya LED pada bobot segar tanaman Pakchoy

Kualitas Cahaya LED	Bobot Segar Tanaman (g tanaman ⁻¹)
R10	9,591 ^b
B10	16,694 ^a
R5:B5	15,325 ^a
R3:B7	18,712 ^a
R7:B3	15,154 ^a

*superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Bobot segar tanaman berkaitan dengan kandungan biomassa tanaman yang dihasilkan dari proses fotosintesis. Bobot segar tanaman Pakchoy juga mencerminkan hasil atau bagian ekonomis tanaman. Bobot segar tanaman dipengaruhi oleh laju pertumbuhan tanaman dan aktivitas fotosintesis. LEDs R10 nyata menurunkan bobot segar tanaman Pakchoy dibandingkan dengan perlakuan cahaya Biru monokromatik dan perlakuan kombinasi cahaya Merah dan Biru. Hal ini menunjukkan bahwa cahaya Merah monokromatik berkontribusi pada penurunan biomassa tanaman Pakchoy. Miao dkk. (2019) melaporkan bahwa cahaya monokromatik khususnya cahaya Merah, terlibat dalam akumulasi mikronutrien secara berlebihan. Akumulasi mikronutrien yang berlebihan memacu penurunan aktivitas

fotosintesis, gangguan pertumbuhan dan penurunan hasil. Hasil serupa juga telah dilaporkan Seif dkk. (2021) pada tanaman krisan dan oleh Miao dkk. (2019) pada tanaman mentimun.

Kandungan klorofil daun tanaman pakchoy akibat perbedaan kualitas cahaya LEDs

Kualitas cahaya berkaitan erat dengan fotosintesis pada tanaman. Beberapa indikator umum untuk menggambarkan pengaruh kualitas cahaya pada fotosintesis adalah dengan menginvestigasi kandungan klorofil (a, b dan total), kadar klorofil SPAD dan nilai DGCi. Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kualitas cahaya LEDs berpengaruh nyata ($p < 0.05$) pada kandungan klorofil a, b dan total (Tabel 3). LEDs R10 menghasilkan kandungan klorofil a, b dan total lebih rendah bila dibandingkan dengan perlakuan cahaya monokromatik biru dan kombinasi cahaya merah dan biru. LEDs R10 nyata menurunkan komponen kandungan klorofil daun tanaman pakchoy dibandingkan dengan 4 perlakuan LEDs yang lain.

Tabel 3. Pengaruh kualitas cahaya LEDs pada kadar klorofil a, b dan total

Kualitas Cahaya LED	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil total (mg/g)
R10	0,674 ^b	1,221 ^b	0,972 ^b
B10	0,836 ^a	1,514 ^a	1,195 ^a
R5:B5	0,838 ^a	1,517 ^a	1,217 ^a
R3:B7	0,853 ^a	1,544 ^a	1,219 ^a
R7:B3	0,803 ^{ab}	1,454 ^{ab}	1,166 ^{ab}

*superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 4. Pengaruh kualitas cahaya LED pada kadar klorofil daun SPAD dan DGCi

Kualitas Cahaya LED	Kadar Klorofil Daun SPAD (unit)	DGCi
R10	1,306	0,400
B10	1,376	0,426
R5:B5	1,450	0,463
R3:B7	1,374	0,440
R7:B3	1,424	0,446

*superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Kadar klorofil SPAD adalah unit nilai yang menggambarkan kandungan klorofil relative. Sedangkan DGCi adalah indeks warna hijau daun yang berhubungan dengan kadar klorofil relatif. Kualitas cahaya LEDs tidak berpengaruh nyata ($p > 0.05$) pada parameter kadar klorofil SPAD dan DGCi (Tabel 4). LEDs tidak berpengaruh nyata pada nilai kadar klorofil SPAD dan DGCi. Hal ini disebabkan nilai klorofil dan indeks warna daun yang diamati bersifat relatif. Parameter kadar klorofil SPAD dan DGCi belum menunjukkan sensitivitas terhadap perlakuan kualitas cahaya LEDs. Paradiso dkk. (2011) mengungkapkan bahwa lampu merah mempengaruhi aparatus fotosintesis, namun cahaya merah monokromatik yang diberikan secara intensif dalam waktu yang lama menampilkan kerusakan aparatus fotosintesis karena efek toksisitas cahaya (Miao dkk., 2019). Sedangkan cahaya biru secara signifikan mempengaruhi pembukaan stomata dan biosintesis klorofil. Paradiso dkk. (2011) menambahkan, kombinasi cahaya merah dan biru paling efisien digunakan untuk fotosintesis (Paradiso dkk. 2011a). Cahaya biru yang diberikan bersama cahaya merah dapat memperbaiki pertumbuhan dan respon fotosintesis. Cahaya merah diberikan secara bersama dengan cahaya biru karena cahaya merah berkontribusi dalam morfogenesis tanaman (Zheng dkk. 2019).

Kandungan karotenoid daun tanaman pakchoy akibat perbedaan kualitas cahaya LEDs

Karotenoid tidak hanya berkedudukan sebagai pigmen esensial untuk fotosintesis tetapi juga berperan sebagai antioksidan yang efisien melindungi tanaman terhadap stres oksidatif (Stahl dan Sies, 2003). Karotenoid berperan sebagai *photoprotector* yang melindungi sel dari kerusakan akibat toksisitas cahaya (Liu dkk., 2012).

Tabel 5. Pengaruh kualitas cahaya LED pada kadar karotenoid total

Kualitas Cahaya LED	Karotenoid ($\mu\text{g/g}$)
R10	327,37 ^b
B10	371,36 ^a
R5:B5	368,32 ^a
R3:B7	390,34 ^a
R7:B3	357,50 ^a

*superskrip berbeda pada baris yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Hasil ANOVA menunjukkan bahwa perlakuan kualitas cahaya LEDs berpengaruh nyata ($p < 0.05$) pada parameter kandungan karotenoid daun (Tabel 5). Cahaya merah pada LEDs R10 menghasilkan kandungan karotenoid daun terendah berbeda nyata ($p < 0.05$) dengan perlakuan cahaya biru monokromatik dan kombinasi cahaya merah dan biru pada LEDs B10, R5:B5, R3:B7 dan R7:B3. LEDs R10 nyata ($p < 0.05$) menurunkan kandungan karotenoid daun dibandingkan dengan 4 perlakuan LEDs yang lain. Hasil tersebut selaras dengan parameter kandungan klorofil daun, jumlah daun dan luas daun. Chang dkk. (2016) melaporkan bahwa kombinasi cahaya merah dan biru secara signifikan berpengaruh pada peningkatan karotenoid dan klorofil daun, serta laju fotosintesis bersih dan akumulasi bahan kering (Chang dkk., 2016; Wang dkk., 2016). Kadar karotenoid yang tinggi berhubungan dengan aktifitas *photoprotector* pada sel-sel fotosintetik, sehingga pada perlakuan yang menampilkan kandungan karotenoid yang tinggi, maka kadar klorofil nya juga tinggi. Kandungan klorofil yang tinggi berkontribusi pada aktivitas fotosintetik tanaman dan mengakibatkan pertambahan biomassa pada tanaman.

KESIMPULAN

Pemberian cahaya Biru monokromatik dan kombinasi cahaya Merah dan Biru mendukung pertumbuhan vegetatif, kandungan klorofil, karotenoid dan hasil tanaman pakcoy. Pemberian cahaya merah secara monokromatik menurunkan pertumbuhan, komponen klorofil, karotenoid dan hasil pada tanaman Pakchoy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Fakultas Peternakan dan Pertanian Universitas Diponegoro yang telah membiayai penelitian ini melalui dana DIPA FPP UNDIP.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahn, S. Y., Kim, S. A., & Yun, H. K. (2015). Inhibition of *Botrytis cinerea* and accumulation of stilbene compounds by light-emitting diodes of grapevine leaves and differential expression of defense-related genes. *European journal of plant pathology*, 143(4), 753-765.
- Chang, S., Chunxia, L., Xuyang, Y., Song, C., Xuelei, J., Xiaoying, L., ... & Rongzhan, G. (2016). Morphological, photosynthetic, and physiological responses of rapeseed leaf to different combinations of red and blue lights at the rosette stage. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1144. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01144>
- Chen, X. L., Yang, Q. C., Song, W. P., Wang, L. C., Guo, W. Z., & Xue, X. Z. (2017). Growth and nutritional properties of lettuce affected by different alternating intervals of red and blue LED irradiation. *Scientia Horticulturae*, 223, 44-52.
- Hogewoning, S. W., Trouwborst, G., Maljaars, H., Poorter, H., van Ieperen, W., & Harbinson, J. (2010). Blue light dose-responses of leaf photosynthesis, morphology, and chemical composition of *Cucumis sativus* grown under different combinations of red and blue light. *Journal of experimental botany*, 61(11), 3107-3117. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq132>
- Jing, X., Wang, H., Gong, B., Liu, S., Wei, M., Ai, X., ... & Shi, Q. (2018). Secondary and sucrose metabolism regulated by different light quality combinations involved in melon tolerance to powdery mildew. *Plant Physiology and Biochemistry*, 124, 77-87. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.12.039>
- Kami, C., Lorrain, S., Hornitschek, P., & Fankhauser, C. (2010). Light-regulated plant growth and development. *Current topics in developmental biology*, 91, 29-66.
- Kasim, M. U., & Kasim, R. (2012). Color changes of fresh-cut Swiss chard leaves stored at different light intensity. *American Journal of Food Technology*, 7(1), 13-21. <https://doi.org/10.3923/ajft.2012.13.21>
- Ling, Q., Huang, W., & Jarvis, P. (2011). Use of a SPAD-502 meter to measure leaf chlorophyll concentration in *Arabidopsis thaliana*. *Photosynthesis research*, 107(2), 209-214. <https://doi.org/10.1007/s11120-010-9606-0>
- Liu, X., Guo, S., Chang, T., Xu, Z., & Takafumi, T. (2012). Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). *African Journal of Biotechnology*, 11(22), 6169-6177. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1191>
- Mehdi, S., Sasan, A., Mostafa, A., Mahboobeh, Z. M., Aida, S., Dimitrios, F., Tao, L. & Ernst, W. (2021). Monochromatic red light during plant growth decreases the size and improves the functionality of stomata in chrysanthemums. *Functional Plant Biology*, 48(5), 515-528. <https://doi.org/10.1071/FP20280>
- Miao, Y., Chen, Q., Qu, M., Gao, L., & Hou, L. (2019). Blue light alleviates red light syndrome by regulating chloroplast ultrastructure, photosynthetic traits and nutrient accumulation in cucumber plants. *Scientia Horticulturae*, 257, 108680.
- Paradiso, R., Meinen, E., Snel, J. F., De Visser, P., Van Ieperen, W., Hogewoning, S. W., & Marcelis, L. F. (2011). Spectral dependence of photosynthesis and light absorptance in single leaves and canopy in rose. *Scientia Horticulturae*, 127(4), 548-554.

- Petrovska, R., Brang, P., Gessler, A., Bugmann, H., & Hobi, M. L. (2021). Grow slowly, persist, dominate—Explaining beech dominance in a primeval forest. *Ecology and Evolution*, *11*(15), 10077-10089.
- Rehman, M., Ullah, S., Bao, Y., Wang, B., Peng, D., & Liu, L. (2017). Light-emitting diodes: whether an efficient source of light for indoor plants?. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(32), 24743-24752.
- Savvides, A., Fanourakis, D., & van Ieperen, W. (2012). Coordination of hydraulic and stomatal conductances across light qualities in cucumber leaves. *Journal of Experimental Botany*, *63*(3), 1135-1143. <https://doi.org/10.1093/jxb/err348>
- Singh, D., Basu, C., Meinhardt-Wollweber, M., & Roth, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *49*, 139-147. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.117>.
- Stahl, W., & Sies, H. (2003). Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular aspects of medicine*, *24*(6), 345-351. [https://doi.org/10.1016/S0098-2997\(03\)00030-X](https://doi.org/10.1016/S0098-2997(03)00030-X)
- Trouwborst, G., Oosterkamp, J., Hogewoning, S. W., Harbinson, J., & Van Ieperen, W. (2010). The responses of light interception, photosynthesis and fruit yield of cucumber to LED-lighting within the canopy. *Physiologia Plantarum*, *138*(3), 289-300.
- Wang, J., Lu, W., Tong, Y., & Yang, Q. (2016). Leaf morphology, photosynthetic performance, chlorophyll fluorescence, stomatal development of lettuce (*Lactuca sativa* L.) exposed to different ratios of red light to blue light. *Frontiers in plant science*, *7*, 250. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00250>
- Wellburn, A. R. (1994). The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal of plant physiology*, *144*(3), 307-313.
- Yeh, N., Ding, T. J., & Yeh, P. (2015). Light-emitting diodes 'light qualities and their corresponding scientific applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *51*, 55-61. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.177>
- Zheng, Y. J., Zhang, Y. T., Liu, H. C., Li, Y. M., Liu, Y. L., Hao, Y. W., & Lei, B. F. (2018). Supplemental blue light increases growth and quality of greenhouse pak choi depending on cultivar and supplemental light intensity. *Journal of Integrative Agriculture*, *17*(10), 2245-2256.
- Zhao, X., Qiao, X. R., Yuan, J., Ma, X. F., & Zhang, X. (2012). Nitric oxide inhibits blue light-induced stomatal opening by regulating the K⁺ influx in guard cells. *Plant science*, *184*, 29-35.
- Zhao, X., Zhao, Q., Xu, C., Wang, J., Zhu, J., Shang, B., & Zhang, X. (2018). Phot2-regulated relocation of NPH3 mediates phototropic response to high-intensity blue light in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of integrative plant biology*, *60*(7), 562-577.
- Zheng, L., He, H., & Song, W. (2019). Application of light-emitting diodes and the effect of light quality on horticultural crops: A review. *HortScience*, *54*(10), 1656-1661.