

Respons Fisiologi dan Profil Metabolit Sekunder Lima Kultivar Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) terhadap Penambahan Cahaya Buatan LED (*Light Emitting Diode*)

Physiology and Secondary Metabolite Profiles Responses of Five Rambutan Varieties (*Nephelium lappaceum* L.) through Addition of Artificial Light LED (*Light Emitting Diode*)

Irsyad Maulana¹, Deden Derajat Matra^{1*}, Roedhy Poerwanto¹

Diterima 17 September 2022/ Disetujui 27 Desember 2022

ABSTRACT

*Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) is a fruit that is suitable for growing in the tropics area. However, information on physiological responses and secondary metabolite profiles on artificial light treatment has not been reported. This study aims to study the response of rambutan plants to the application of artificial light from LED (*Light Emitting Diode*). The study was conducted in the screenhouse nursery using a two-factor nested plot design, namely LED as light source and cultivar. The LED light sources used red, blue, and white with application duration for 21 hours while the cultivars used Sikoneng, Parakan, Cilebak, Gravel, and Garuda cultivars. The results showed that rambutan plants that were given additional blue LEDs contained higher chlorophyll and leaf as glucose and fructose compared to another treatments. The results of the secondary metabolite profiles showed the largest Neophytadiene compound found in the Parakan cultivar under LED red treatment. Meanwhile, the compound that has the greatest abundance in white LEDs is 1-Propene, 3-[(4-nitrobutyl)thio].*

Keywords: chlorophyll, photosynthesis, glucose, light spectrum, secondary metabolite

ABSTRAK

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) merupakan salah satu buah yang cocok ditanam di daerah tropis. Namun, informasi respons fisiologi dan profil metabolit sekunder pada perlakuan cahaya buatan belum dilaporkan. Penelitian ini bertujuan mempelajari respons tanaman rambutan dengan aplikasi cahaya buatan yang berasal dari LED (*Light Emitting Diode*). Penelitian dilakukan pada masa pembibitan di *screenhouse* menggunakan rancangan petak tersarang (*nested*) dua faktor yaitu cahaya LED dan kultivar. Sumber cahaya LED yang digunakan yaitu merah, biru, dan putih selama 21 jam sedangkan kultivar yang digunakan yaitu kultivar Sikoneng, Parakan, Cilebak, Kerikil, dan Garuda. Hasil yang diperoleh dari pengamatan menunjukkan bahwa tanaman rambutan yang diberi tambahan LED biru memiliki kandungan klorofil dan gula daun berupa glukosa dan fruktosa yang lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil profil metabolit sekunder menunjukkan senyawa neophytadiene terbesar pada perlakuan LED Merah kultivar Parakan, sedangkan senyawa yang memiliki kelimpahan terbesar pada LED putih yaitu 1-Propene, 3-[(4-nitrobutyl)thio].

Kata kunci: fotosintesis, glukosa, klorofil, metabolit sekunder, spektrum cahaya

PENDAHULUAN

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) merupakan tanaman buah yang cocok ditanam dan tumbuh subur di daerah tropis. Buah ini masuk dalam suku Sapindaceae yang banyak ditemukan di kawasan Asia dan Afrika (Liu *et al.*,

2018). Buah rambutan sering dijadikan buah meja dan banyak digemari karena memiliki rasa manis serta kaya akan nutrisi (Julianti *et al.*, 2013). Rambutan tidak hanya dimanfaatkan daging buahnya saja, melainkan daun dan bijinya juga memiliki banyak manfaat. Daun rambutan mengandung fitokimia berupa tanin yang dapat dimanfaatkan untuk

¹Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jalan Meranti, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Indonesia.
Email: dedenmatra@apps.ipb.ac.id (*penulis korespondensi)

penyembuhan diare, menghentikan pendarahan, dan dapat mengobati ambeien. Biji rambutan mengandung flavonoid dengan dua tipe penghambatan bakteri yaitu bakterisidal dan bakteriostatik (Ibrahim *et al.*, 2013).

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti hara, suhu, kelembapan, air, dan cahaya. Dari beberapa faktor pertumbuhan tanaman, cahaya merupakan faktor penting karena menjadi sumber bahan energi dalam proses fotosintesis. Tanaman memiliki fotoreseptor yang menstimulasi dan menyerap energi sebagai respons penerimaan cahaya. Cahaya yang diterima dirubah menjadi energi yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung perkembangan dan pertumbuhan tanaman (Darko *et al.*, 2014). Cahaya buatan yang dihasilkan LED (*Light Emitting Diode*) mampu untuk menghasilkan energi radiasi yang optimal sehingga dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Nelson dan Bughee 2014). Pengaturan intensitas rendah dan panjang hari dapat meningkatkan kadar antosianin dan membuahakan bluberi di luar musim (Aung *et al.*, 2014). Penyinaran cahaya buatan juga pernah dilakukan pada tanaman Chesnut (*Castanea sativa*), dengan PAR (*Photosynthetically Active Radiation*) yang digunakan yaitu pada panjang gelombang 700 nm selama 16 jam setiap hari dapat mempercepat masa berbunga yang umumnya 7 tahun menjadi 2 tahun (Baier *et al.*, 2012). Selain itu, pada mangga kasturi (*Mangifera casturi*) telah dilakukan penelitian terhadap penggunaan LED sebagai cahaya buatan (Herwitarahman *et al.*, 2021)

Pembibitan tanaman buah dengan biji memerlukan waktu yang cukup lama dengan rata-rata lebih dari 3 tahun untuk berbuah. Namun, tanaman buah menjadi salah satu komoditas penting karena hasil buahnya yang dapat dipanen dengan cepat sangat diperhatikan, sehingga proses pembibitan harus menunjukkan sifat-sifat unggul. Cahaya buatan dari LED dapat digunakan sebagai pengganti cahaya matahari pada kondisi penyinaran matahari yang tidak menentu karena penutupan awan atau bulan hujan lebih banyak. Penambahan cahaya ini dapat meningkatkan laju fotosintesis dengan pengaturan gelombang cahaya yang tepat (Morrow 2008). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari respons fisiologi, dan metabolit sekunder pada berbagai kultivar rambutan yang diberi tambahan cahaya buatan LED merah, biru, dan putih.

BAHAN DAN METODE

Kultivar rambutan yang digunakan yaitu kultivar Sikoneng, Parakan, Cilebak, dan Kerikil (Taman Buah Mekarsari) dan kultivar Garuda (Kalimantan Selatan). Bahan tanaman berupa benih yang telah disemai pada media tanam dengan komposisi bahan tanam 2:1:1 yaitu tanah, sekam, dan pupuk kandang. Pemupukan rutin tanaman menggunakan N-P-K 16-16-16 setiap dua minggu sekali. Bibit berumur 11 bulan digunakan dalam penelitian yaitu memiliki tinggi tanaman rata-rata 50 cm. Penelitian dilakukan di *Screenhouse* (menggunakan paranet dengan intensitas

>90%) di Kebun Percobaan Leuwikopo (6°33'45.15"LS dan 106°43'11.91"BT) dengan ketinggian 178.6 mdpl. Suhu dan kelembapan diukur dengan Elitech RC-4HC (ELITech Group). Sumber cahaya yang digunakan hanya berasal dari lampu LED merah, LED biru, dan LED putih sebagai pembandingan dengan tipe SMD 5050 dan lama penyinaran 21 jam. Pengukuran nilai sesaat untuk PPF (*Photosynthetic Photon Flux Density*), radiasi cahaya, dan kecerahan lampu LED yang diukur dengan Li-cor 250A (LI-COR, Inc). Pengukuran dilakukan sebanyak dua kali yaitu pada 1 minggu dan 8 minggu setelah pemasangan LED. Percobaan dilakukan menggunakan rancangan petak tersarang (*nested*) dengan perlakuan sumber cahaya yaitu menggunakan cahaya LED merah, biru, dan putih serta perlakuan faktor kultivar yaitu menggunakan 5 kultivar rambutan dengan 3 ulangan/bibit per perlakuan.

Pengujian parameter fisiologi tanaman

Kandungan klorofil daun diukur menggunakan dua metode yaitu menggunakan pengukuran cepat dengan SPAD-502-Plus (Konica Minolta) dan pengukuran kandungan klorofil mengikuti metode Warren (2008). Daun yang digunakan adalah daun dengan ukuran $\pm 0.56 \text{ cm}^2$ dan berumur 8 MSA (Minggu Setelah Aplikasi) yang diambil dari 2-3 daun yang membuka sempurna dari atas. Nilai absorban diukur dengan Multiskan Sky *Microplate Spectrophotometer* pada panjang gelombang 652 nm dan 665 nm.

Pengamatan parameter fotosintesis dilakukan dengan menggunakan Li-cor 6800 *Portable Photosynthesis System* (LI-COR, Inc) untuk mengukur laju fotosintesis dari satu tanaman per perlakuan. Pengamatan yang dilakukan yaitu konduktansi stomata, transpirasi H_2O , dan asimilasi CO_2 pada daun teratas di 10 MSA.

Pengujian kandungan gula jenis glukosa dan fruktosa pada daun 12 MSA berdasarkan Lanoue *et al.* (2019) menggunakan K-FRGLQR (*D-Fructose/D-Glucose Assay Kit*) yang diukur oleh alat Multiskan Sky *Microplate Spectrophotometer* dengan panjang gelombang 340 nm.

Karakterisasi Senyawa Metabolit Sekunder

Pengujian karakterisasi senyawa metabolit sekunder dilakukan pada daun rambutan kultivar Garuda dan Parakan. Pengujian metabolit sekunder dengan *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GCMS) dilakukan pada 6 MSA penambahan cahaya buatan LED. Sampel daun dipetik dan langsung dimasukkan ke dalam *cool box* untuk dianalisis dengan metode GCMS di Laboratorium Kesehatan DKI Jakarta (Halim *et al.*, 2019).

Analisis Data

Analisis data percobaan dilakukan menggunakan *analysis of variance* (ANOVA). Jika ANOVA menunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan analisa uji lanjut

Duncan Multiple Range Test (DMRT) pada taraf 5%. Analisa statistika tersebut dianalisa menggunakan aplikasi Statistical Analysis System (SAS).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran suhu dan kelembapan di dalam *screenhouse* menggunakan termometer digital yang diukur setiap 3 jam selama pengamatan (Gambar 1). Suhu maksimum yang terukur mencapai 42 °C dan suhu minimum 20 °C sedangkan kelembapan tertinggi sampai 90%. PPFd maksimal dari lampu LED biru dan LED merah berturut-turut yaitu 4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ dan 3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Cahaya LED putih memiliki nilai PPFd sebesar 2-3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Pengamatan fotosintesis pada tanaman rambutan kultivar Parakan, Cilebak, Kerikil, dan Garuda menunjukkan asimilasi CO_2 yang lebih besar pada LED merah dibandingkan dengan LED biru dan putih (Gambar 2). Hasil pengamatan pada kultivar Sikoneng, menunjukkan asimilasi fotosintesis terjadi pada LED merah lebih besar nilainya dibandingkan dengan LED biru. Asimilasi CO_2 merupakan proses perubahan karbon menjadi karbohidrat atau glukosa. Asimilasi karbon terjadi pada jaringan yang memiliki kloroplas, semakin banyak kandungan klorofil yang berada di dalam kloroplas maka proses asimilasi CO_2 semakin besar (Brouwer *et al.*, 2012).

Kandungan Klorofil

Berdasarkan pengamatan klorofil menunjukkan bahwa tanaman dengan perlakuan LED biru memiliki kandungan klorofil a dan b yang lebih tinggi daripada perlakuan LED merah dan putih (Tabel 1).

Kandungan klorofil yang tertinggi yaitu pada kultivar Parakan dengan perlakuan LED biru. Pemberian LED biru pada tanaman dapat memberikan pengaruh dalam proses induksi kandungan klorofil sehingga kandungan klorofil daun yang dihasilkan meningkat (Wang *et al.*, 2015).

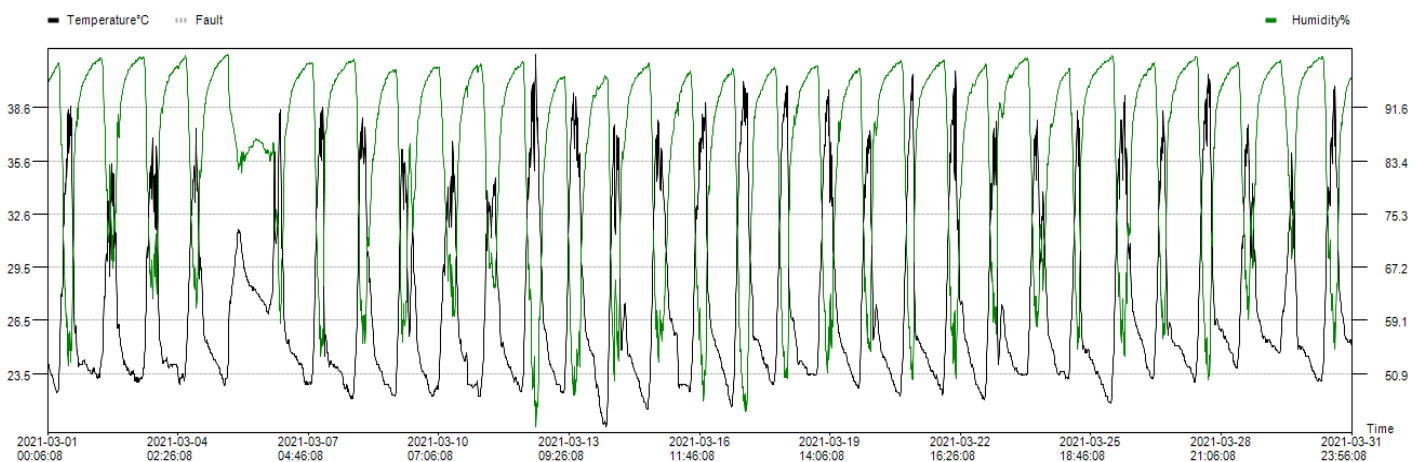
Kandungan Glukosa dan Fruktosa

Kandungan glukosa dan fruktosa diamati untuk mengamati hasil fotosintesis yang dapat terakumulasi menjadi gula. Kandungan glukosa dan fruktosa daun yang disinari pencahayaan buatan LED biru lebih tinggi dibandingkan LED merah dan putih (Tabel 2). Kandungan tertinggi ada kultivar Parakan perlakuan LED biru tapi tidak berbeda nyata dengan kultivar Cilebak dan Garuda. Penggunaan cahaya biru dapat mengaktifkan fototropin dan kriptokrom yang penting dalam menjaga laju fotosintesis yang optimum, menurut Herwitarahman *et al.* (2021) menjelaskan penyinaran LED biru menunjukkan nilai absorpsi cahaya, konduktansi stomata, transpirasi, dan laju fotosintesis yang lebih tinggi pada aksesori Kasturi.

Karakterisasi Senyawa Metabolit Sekunder

Neophytadiene merupakan jenis senyawa umum dalam daun rambutan. Senyawa ini dapat ditemukan pada keseluruhan sampel daun kecuali di kultivar Garuda perlakuan LED biru. Senyawa *Neophytadiene* terbesar ada di perlakuan LED Merah kultivar Parakan. Senyawa *Neophytadiene* merupakan golongan diterpenoid yang bermanfaat sebagai agen anti inflamasi, anti peradangan, dan anti mikroba (Bhowmick *et al.*, 2020). Pada kultivar Parakan, nilai kelimpahan senyawa *Neophytadiene* lebih besar perlakuan LED biru. Penggunaan cahaya LED biru untuk tanaman dapat mempengaruhi senyawa metabolit dan kandungan fitokimia di dalam jaringan karena cahaya biru mengaktifkan *cryptochromes* dan *phototropins* yang terlibat aktif dalam jumlah besar proses fisiologis (Demotes-Mainard *et al.*, 2016).

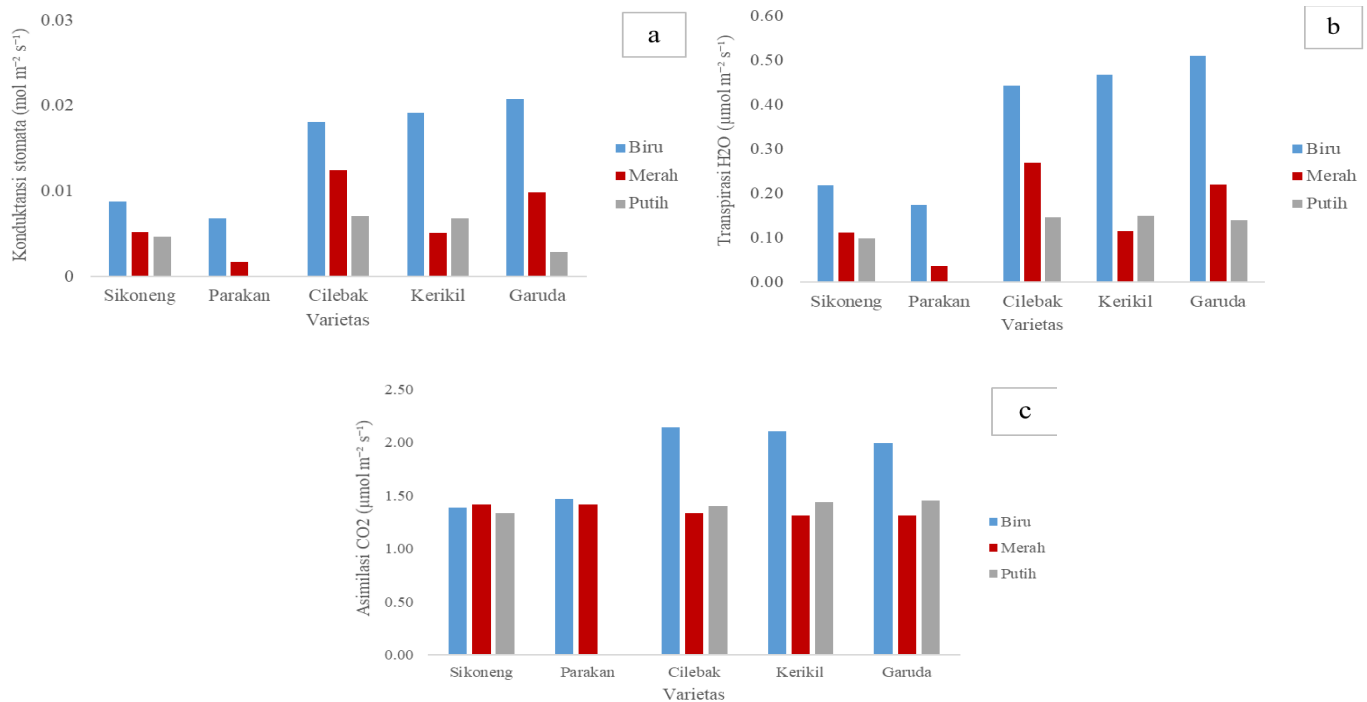
Uji GCMS yang dilakukan pada kultivar Parakan ditemukan satu senyawa spesifik yang terdapat di semua perlakuan yaitu jenis senyawa *2-ethylthiolane*. Kelimpahan terbesar pada senyawa *2-ethylthiolane* yaitu perlakuan LED biru, sedangkan pada LED merah dan LED putih nilai



Gambar 1. Pengamatan suhu dan kelembapan selama pengamatan pada pembibitan rambutan di *Screenhouse*

kelimpahannya tidak berbeda. Senyawa 2-ethylthiolane biasa ditemukan pada bawang hitam yang dimanfaatkan sebagai anti bakteri dan pelarut dalam larutan antioksidan (Liu *et al.*, 2018).

Pada perlakuan LED putih dan LED biru kultivar parakan ditemukan dua senyawa jenis (-)-*Trans pinnae* dan 2-Methyl-Z,Z-3,13-octadecadienol. Senyawa (-)-*Trans pinnae* merupakan golongan terpenoid yang juga ditemukan pada alga



Gambar 2. Pengamatan parameter fotosintesis pada daun rambutan yang diukur dengan Li-cor 6800 Portable Photosynthesis System (a) Konduktansi stomata; (b) Laju transpirasi; (c) asimilasi CO₂

Tabel 1. Kandungan klorofil a dan b daun rambutan pada perlakuan cahaya LED dan kultivar yang berbeda

LED	Kultivar	Klorofil a (μg ml ⁻¹)	Klorofil b (μg ml ⁻¹)
Merah	Sikoneng	175.48 ab	85.97 ab
	Parakan	197.70 ab	94.91 ab
	Cilebak	207.27 ab	101.36 ab
	Kerikil	169.02 bc	79.04 ab
	Garuda	155.78 cd	82.71 ab
Biru	Sikoneng	124.94 e	64.53 ab
	Parakan	248.50 a	93.03 ab
	Cilebak	245.56 a	149.22 a
	Kerikil	245.74 a	90.75 ab
	Garuda	160.72 cd	48.87 b
Putih	Sikoneng	206.09 cd	82.01 ab
	Parakan	-	-
	Cilebak	166.92 bc	86.35 ab
	Kerikil	187.82 ab	85.54 ab
	Garuda	149.80 de	69.52 ab

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

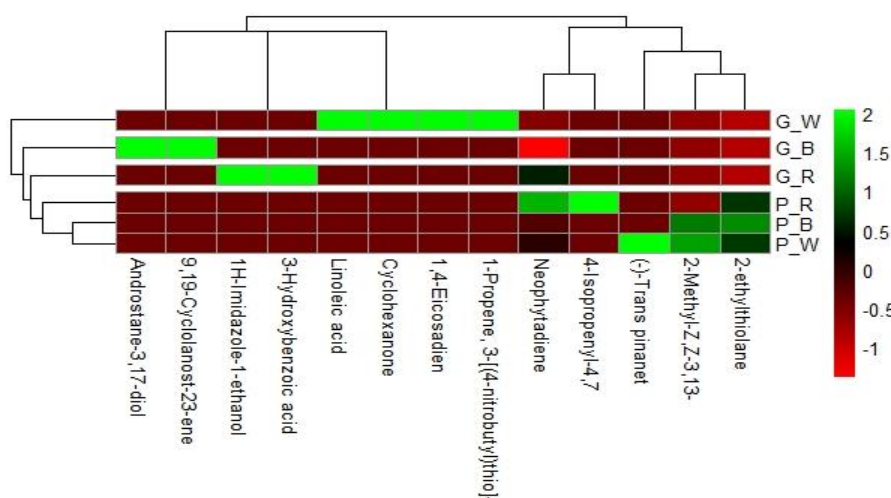
dan berperan sebagai anti peradangan (Bhowmick *et al.*, 2020), sedangkan *2-Methyl-Z,Z-3,13-octadecadienol* merupakan senyawa yang berfungsi sebagai bioaktif untuk melawan penyakit (Alamu *et al.*, 2020). Pada perlakuan LED merah kultivar parakan terdapat senyawa spesifik dengan kelimpahan 36.29% yaitu jenis *4-Isopropenyl-4,7-dimethyl-1-oxaspiro[2.5]octane* yang juga ditemukan pada jambu biji sebagai anti mikroba yang kuat dalam sistem pertahanan (Rahman *et al.*, 2014).

Perlakuan LED putih pada kultivar garuda ditemukan lebih banyak senyawa daripada perlakuan LED merah dan biru. Senyawa yang memiliki kelimpahan terbesar pada LED putih yaitu *1-Propene, 3-[(4-nitrobutyl)thio]-* sebesar 53.81%. Senyawa ini berguna untuk mencegah infeksi bakteri dan mempercepat proses penyembuhan luka (Roy *et al.*, 2018). Senyawa jenis asam lemak esensial yaitu juga ditemukan *Linoleic acid* memiliki kelimpahan besar dengan nilai 35.96%. Senyawa ini biasa ditemukan pada buah sirsak

Tabel 2. Kandungan glukosa dan fruktosa dalam daun rambutan pada perlakuan cahaya LED dan kultivar yang berbeda

LED	Kultivar	Glukosa ($\mu\text{g ml}^{-1}$)	Fruktosa ($\mu\text{g ml}^{-1}$)
Merah	Sikoneng	0.0590 ± 0.0018 c	0.0125 ± 0.0010 c
	Parakan	0.0585 ± 0.0003 c	0.0113 ± 0.0006 c
	Cilebak	0.0591 ± 0.0005 c	0.0124 ± 0.0011 c
	Kerikil	0.0604 ± 0.0011 c	0.0141 ± 0.0013 c
	Garuda	0.0585 ± 0.0012 c	0.0122 ± 0.0011 c
Biru	Sikoneng	0.1476 ± 0.0282 b	0.0638 ± 0.0264 bc
	Parakan	0.2288 ± 0.1233 a	0.1301 ± 0.0979 a
	Cilebak	0.1693 ± 0.0483 ab	0.0875 ± 0.0363 ab
	Kerikil	0.1050 ± 0.0077 bc	0.0316 ± 0.0092 bc
	Garuda	0.1571 ± 0.0613 ab	0.0853 ± 0.0624 ab
Putih	Sikoneng	0.0995 ± 0.0349 bc	0.0320 ± 0.0252 bc
	Parakan	-	-
	Cilebak	0.0611 ± 0.0011 c	0.0121 ± 0.0014 c
	Kerikil	0.0596 ± 0.0011 c	0.0106 ± 0.0015 c
	Garuda	0.0932 ± 0.0583 bc	0.0168 ± 0.0084 bc

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



Gambar 3. Hasil sebaran profil metabolit sekunder pada perbedaan cahaya dan kultivar rambutan dengan *heatmap* menggunakan GC-MS

Keterangan : G_W = Garuda Putih ; G_B = Garuda Biru ; G_R = Garuda Merah ; P_W = Parakan Putih ; P_B = Parakan Biru ; P_R = Parakan Merah

yang berperan membantu pengukuran kumarin yang dapat mempertahankan diri dari serangan lalat buah (Alamu *et al.*, 2020). Senyawa ini merupakan golongan monohidroksi asam benzoat yang digunakan bahan obat-obatan untuk mencegah berkembangbiakan bakteri (Bhowmick *et al.*, 2020). Perlakuan LED merah kultivar Garuda ditemukan anti inflamasi yaitu *1H-Imidazole-1-ethanol* dengan kelimpahan 1.62%. Perlakuan LED biru kultivar Garuda ditemukan 2 senyawa spesifik yaitu jenis *Androstane-3,17-diol* dan *9.19-Cyclolanost-23-ene-3,25-diol, 3-acetate, (3.beta.,23E)*- dengan kelimpahan berturut-turut 70.78% dan 29.21%. Menurut *Chemical Entities of Biological Interest* (ChEBI) senyawa *Androstane-3,17-diol* merupakan golongan steroid yang menjadi metabolit utama pada jaringan testosteron sedangkan *9.19-Cyclolanost-23-ene-3,25-diol, 3-acetate, (3.beta.,23E)*- merupakan senyawa yang dapat berperan sebagai anti kanker dan agen analgesik.

KESIMPULAN

Penambahan cahaya LED merah, biru, dan putih mempengaruhi pertumbuhan morfologi dan fisiologi bibit rambutan. Penambahan cahaya LED biru meningkatkan kandungan klorofil, gula dalam glukosa fruktosa, dan laju fotosintesis Kultivar Garuda merupakan kultivar yang paling mudah beradaptasi dibanding dengan kultivar lain dan penambahan cahaya buatan. Neophytadiene dapat ditemukan pada keseluruhan sampel kecuali di kultivar Garuda perlakuan LED biru. Senyawa Neophytadiene terbesar ada di perlakuan LED Merah kultivar Parakan. Perlakuan LED putih pada kultivar Garuda ditemukan lebih banyak senyawa daripada perlakuan LED merah dan biru. Senyawa yang memiliki kelimpahan terbesar pada LED putih yaitu *1-Propene, 3-[(4-nitrobutyl)thio]*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai oleh hibah penelitian dasar unggulan perguruan tinggi (PDUPT), KEMENRISTEK-BRIN Tahun 2019-2021.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamu, O., T.I. Ofuya, M.O. Oni, J.E. Idoko. 2020. Gas chromatography-mass spectrometry analysis of ethanol and ethyl acetate fractions of *Annona muricata* (L) seed oil. *Am. J. Res. Commun.* 8(11): 9-20.
- Aung, T., Y. Muramatsu, N. Horiuchi, J. Che, Y. Mochizuki, I. Ogiwara. 2014. Plant growth and fruit quality of blueberry in a controlled room under artificial light. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 83(4): 273-281. Doi: <https://doi.org/10.2503/jjshs1.CH-110>
- Baier, K.M., C. Maynard, W. Powell. 2012. Early flowering in chestnut species induced under high dose light in growth chambers. *J. Am. Chestnut Found.* 26: 8–10.
- Bhowmick, S., A. Mazumdar, A. Moulick, V. Adam. 2020. Algal metabolites: An inevitable substitute for antibiotics. *Biotechnol Adv.* 107-571. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2020.107571>
- Brouwer, B., A. Ziolkowska, M. Bagard, O. Keech. 2012. The impact of light intensity on shade-induced leaf senescence. *Plant Cell. Environ.* 35: 1084–1098. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2011.02474.x>
- Darko, E., P. Heydarizadeh, B. Schoefs, M.R. Sabzalian. 2014. Photosynthesis under artificial light: the shift in primary and secondary metabolism. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 369:1-7. Doi: <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0243>
- Demotes-Mainard, S., T. Peron, A. Corot, J. Bertheloot, J. Le Gourrierec, S. Pelleschi-Travier, L. Crespel, P. Morel, L. Huché-Thélier, R. Boumaza, A. Vian, V. Guerin, N. Leduc, S. Sakr. 2016. Plant responses to red and far-red lights applications in horticulture. *Environ Exp. Bot.* 121:4–21. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.05.010>
- Ibrahim, A., Y.T. Adiputra, A. Setyawan, S. Hudaibah. 2013. Potensi ekstrak kulit buah dan biji rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) sebagai senyawa antibakteri patogen pada ikan. *Jur. Rek. dan Tek. Budidaya Perairan.* 1(2):135-144.
- Halim, H.R., D.P. Hapsari, A. Junaedi, A.W. Ritonga, A. Natawijaya, R. Poerwanto, Sobir, W.D. Widodo, D.D. Matra. 2019. Metabolomics dataset of underutilized Indonesian fruits; rambai (*Baccaurea motleyana*), nangkadak (*Artocarpus nangkadak*), rambutan (*Nephelium lappaceum*) and Sidempuan salak (*Salacca sumatrana*) using GCMS and LCMS. *Data Brief.* 23:103706. Doi: <https://doi.org/10.24831/jai.v49i3.38250>
- Herwitarahman, A., R. Poerwanto, D. Sopandie, dan DD. Matra. (2021). Respon Fisiologi pada Pembibitan Mangga Kasturi (*Mangifera casturi* Kosterm) terhadap Aplikasi Cahaya LED (*Light Emitting Diode*). *J. Agron. Indonesia.* 49(3): 302-307. Doi: <https://doi.org/10.24831/jai.v49i3.38250>
- Julianti, E., Ridwansyah, E. Yusraini, I. Suhaidi. 2013. Pengaruh penyimpanan dengan atmosfer terkendali terhadap mutu buah rambutan ‘Binjai’. *J. Hort. Indonesia.* 4(2): 63-69. Doi: <https://doi.org/10.29244/jhi.4.2.63-69>

- Lanoue, J., J. Zheng, C. Little, Thibodeau, B. Grodzinski, X. Hao. 2019. Alternating red and blue light emitting diodes allows injury free tomato with continuous lighting. *Front Plant Sci.* 10:1-14. Doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01114>
- Liu, J., Z. Guangwei, C. Xiaoqiang, W. Chengfei. 2018. Black garlic improves heart function in patients with coronary heart disease by improving circulating antioxidant levels. *Front Physiol.* 9: 1-11. Doi: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01435>
- Morrow, R.C. 2008. LED lighting in horticulture. *HortScience.* 43(7):1947-1950. Doi: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.43.7.1947>
- Nelson, J.A., B. Bugbee. 2014. Economic analysis of greenhouse lighting: light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures. *PloS One.* 9(90): 1–10. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099010>
- Rahman, S.H., M.T. Ahmad, M. Mohamed, M.Z. Rahman. 2014. Antimicrobial Compounds from Leaf Extracts of *Jatropha curcas*, *Psidium guajava*, and *Andrographis paniculata*. *Sci. World J.* 14: 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1155/2014/635240>
- Roy, C.L., S. Naresh, K.S. Sunil, S. Akki, B.D. Ashika, S. Balasubramanian. 2018. GCMS and ftr analysis on the methanolic extract of red *Vitis vinifera* peel. *World J. Pharm Pharm Sci.* 7(8): 1110-1123. Doi: <https://doi.org/10.20959/wjpps20188-12148>
- Warren, C.R. 2008. Rapid measurement of chlorophylls with a microplate reader. *J Plan Nutr Soil Sci.* 31(7):1321-1332. Doi: <https://doi.org/10.1080/01904160802135092>
- Wang, X.Y., X.M. Xu, J. Cui. 2015. The importance of blue light for leaf area expansion, development of photosynthetic apparatus, and chloroplast ultrastructure of *Cucumis sativus* grown under weak light. *Photosynthetica.* 53(2): 213–222. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11099-015-0083-8>
- Wowor, A.E., A. Thomas, J.A. Rombang. 2019. Kandungan unsur hara pada serasah daun segar pohon (mahoni, nantu dan matoa). *Eugenia.* 25(1):1-7. Doi: <https://doi.org/10.35791/eug.25.1.2019.31395>