

**EFEK SIKLUS FOTOPERIODE TERHADAP PERTUMBUHAN DAN BERAT BASAH
SELADA ROMAINE (*Lactuca Sativa* Var. *Longifolia*)
PADA SISTEM PFAL (*PLANT FACTORY WITH ARTIFICIAL LIGHTS*)**

*The Effect of Photoperiod Cycle on The Growth and Fresh Weight of Romaine Lettuce
(Lactuca Sativa Var. Longifolia) in the PFAL System (Plant Factory With Artificial Lights)*

Naufal Ilhamdi Rozaaq¹, Renny Eka Putri², Delvi Yanti²

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Pertanian dan Biosistem Universitas Andalas Padang

²Dosen Program Studi Magister Teknik Pertanian dan Biosistem Universitas Andalas Padang

Email: naufalilham575@gmail.com

ABSTRAK

Plant factory with Artificial Lights (PFAL) merupakan tipe *plant factory* yang menggunakan LED (*Light Emitting Diodes*) sebagai sumber utama cahaya untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh siklus fotoperiode terhadap pertumbuhan selada romaine yang ditanam pada sistem PFAL. Siklus fotoperiode yang diberikan pada penelitian ini perlakuan 1 (1 siklus, 14 jam terang/10 jam gelap), perlakuan 2 (2 siklus, 7 jam terang/5 jam gelap x 2) dan perlakuan 3 (4 siklus, 3,5 jam terang/2,5 jam gelap x 4). Siklus fotoperiode mempengaruhi pertumbuhan dan berat basah selada romaine, dimana perlakuan 1 dengan siklus fotoperiode yang lebih panjang memberikan hasil terbaik dengan rata-rata tinggi, panjang daun, lebar daun, jumlah daun dan berat basah masing-masing yaitu 21,46 cm, 17,69 cm, 9,72 cm, 12,73 helai dan 52,49 gram. Perlakuan 1 juga memberikan hasil rasio berat basah terhadap konsumsi energi listrik yang paling tinggi yaitu sebesar 28,05 gr/kWh sehingga perlakuan 1 lebih efisien dalam menghasilkan berat basah selada romaine per jumlah energi listrik yang digunakan dibandingkan dengan perlakuan 2 dan 3.

Kata kunci – selada romaine; siklus fotoperiode; sistem PFAL

ABSTRACT

The *Plant Factory with Artificial Lights* (PFAL) is a type of *plant factory* that utilizes LED (*Light Emitting Diodes*) as the primary light source to support plant growth. This study aims to analyze the influence of photoperiod cycles on the growth of Romaine lettuce grown in the PFAL system. The photoperiod cycles applied in this study were treatment 1 (1 cycle, 14 hours light/10 hours dark), treatment 2 (2 cycles, 7 hours light/5 hours dark x 2), and treatment 3 (4 cycles, 3.5 hours light/2.5 hours dark x 4). The photoperiod cycles influenced the growth and fresh weight of Romaine lettuce, where treatment 1 with a longer photoperiod cycle yielded the best results with average height, leaf length, leaf width, leaf count, and fresh weight of 21.46 cm, 17.69 cm, 9.72 cm, 12.73 leaves, and 52.49 grams, respectively. Treatment 1 also resulted in the highest ratio of fresh weight to electricity consumption, at 28.05 g/kWh, making it more efficient in producing fresh weight of Romaine lettuce per unit of electricity consumed compared to treatments 2 and 3.

Keywords –romaine lettuce; photoperiod cycles; PFAL system

PENDAHULUAN

Plant factory with Artificial Lights (PFAL) merupakan tipe *plant factory* yang memanfaatkan cahaya buatan sebagai sumber cahaya bagi pertumbuhan tanaman. Kondisi seperti kondisi air (nutrisi, pH air nutrisi, suhu air nutrisi dan ketersediaan air nutrisi) dan lingkungan tanam (suhu lingkungan tanam dan pencahayaan) dikontrol oleh teknologi buatan yang mampu mengontrol sesuai dengan syarat tumbuh tanaman yang ditanam (Yamori & Zhang, 2014). Cahaya buatan yang digunakan pada sistem PFAL berasal dari lampu. Salah satu jenis lampu yang sering digunakan adalah *Light Emitting Diodes* (LED). LED merupakan dioda yang terbuat dari bahan semikonduktor yang dapat memancarkan cahaya monokromatik ketika diberikan tegangan listrik. Warna-warna cahaya yang dipancarkan oleh LED tergantung pada jenis bahan semikonduktor yang digunakan (Natsir *et al.*, 2019). LED dinilai cocok

digunakan pada sistem PFAL karena konsumsi daya yang rendah dan produksi panas yang sedikit (Hakim *et al.*, 2015).





Selada romaine (*Lactuca sativa* var. *longifolia*) menjadi salah satu sayuran yang banyak dibudidayakan menggunakan sistem PFAL, karena dapat tumbuh secara optimal pada intensitas cahaya yang rendah (PPFD sekitar 150-200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$) (Yamori & Zhang, 2014). Beberapa penelitian sebelumnya yang membahas penggunaan LED sebagai sumber pencahayaan pada *plant factory* umumnya terfokus pada analisis pengaruh perbedaan spektrum (Alrajhi *et al.*, 2023), perbedaan *Photosynthetic Photon Flux Density* (PPFD) (Miao *et al.*, 2023) atau perbedaan fotoperiode (Yudina *et al.*, 2023) terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Selain ketiga hal tersebut, masih terdapat potensi untuk mengeksplorasi dan mengembangkan penelitian terkait penggunaan LED pada *plant factory* lebih lanjut lagi yaitu dengan menganalisis pengaruh siklus fotoperiode terhadap pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tiga siklus fotoperiode yang diberikan terhadap pertumbuhan selada romaine yang ditanam pada sistem PFAL.

METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat dan bahan	Gambar	Fungsi
1	Sistem PFAL (<i>Plant Factory with Artificial Lights</i>)		Fasilitas penanaman selada romaine
2	Mistar		Alat ukur pengamatan pertumbuhan selada romaine
3	Timbangan digital		Alat ukur pengamatan berat basah selada romaine
4	Bibit selada romaine		Bahan uji

B. Rancangan Percobaan

Menurut Yamori & Zhang (2014) dalam Qonit *et al* (2018), *Photosynthetic Photon Flux Density* (PPFD) yang dibutuhkan untuk budidaya selada pada sistem PFAL yaitu antara 150-200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. Untuk mencapai PPFD tersebut dilakukan percobaan menggunakan 7 batang LED dengan jarak 30 cm yang diukur pada 30 titik. Area percobaan memiliki luas 6.794 cm^2 (86 x 79 cm). Pengukuran dilakukan menggunakan lux meter yang mana nilai lux yang didapatkan nantinya akan dikonversi menjadi PPFD menggunakan *online calculator* yang diakses di www.waveformlighting.com. Hasil percobaan pengukuran PPFD dapat dilihat pada Gambar 1.

188	197	197	197	197	188
195	213	218	218	213	195
195	213	218	218	213	195
195	213	218	218	213	195
180	185	185	185	185	180

Gambar 1. Titik Area Percobaan Pengukuran Nilai PPFD

Rata-rata hasil percobaan pengukuran PPFD dapat dihitung menggunakan persamaan 1 sebagai berikut.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{X} = \frac{6020 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}}{30}$$

$$\bar{X} = 200,67 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$$

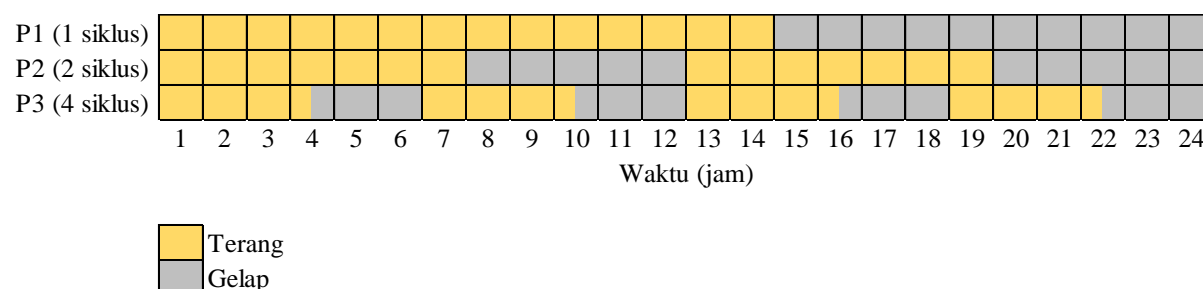
Berdasarkan hasil percobaan pengukuran PPFD tersebut maka penggunaan 7 batang LED dengan jarak 30 cm dari lubang tanam telah dapat memenuhi syarat PPFD untuk pertumbuhan selada romaine. Menurut Lu *et al* (2019), DLI yang optimal untuk budidaya selada adalah 10 $\text{mol}/\text{m}^2/\text{d}$. Untuk mencapai DLI tersebut maka fotoperiode yang diatur dapat dihitung menggunakan persamaan 2 sebagai berikut.

$$fp = \frac{DLI}{PPFD \cdot 0,0036} \dots \dots \dots (2)$$

$$fp = \frac{10 \text{ mol}/\text{m}^2/\text{d}}{200,67 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s} \cdot 0,0036}$$

$$fp = 13,842 \text{ jam} \approx 14 \text{ jam}$$

Fotoperiode akan diatur selama 14 jam (14 jam terang dan 10 jam gelap) dan akan dibagi menjadi 3 perlakuan yang terdiri dari perlakuan 1 (P1) yaitu 1 siklus dalam sehari (14 jam terang/10 jam gelap), perlakuan 2 (P2) yaitu 2 siklus dalam sehari (7 jam terang/5 jam gelap x 2) dan perlakuan 3 (P3) yaitu 4 siklus dalam sehari (3,5 jam terang/2,5 jam gelap x 4). Masing-masing perlakuan berlangsung selama 30 hari. Model siklus fotoperiode per perlakuan selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Model Siklus Fotoperiode

C. Pengamatan

1. Pertumbuhan dan Berat Basah Selada Romaine

Parameter pertumbuhan selada romaine yang diamati diantaranya tinggi, jumlah daun, panjang daun dan lebar daun selada romaine. Data pertumbuhan selada romaine diambil pada hari ke 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 setelah pindah tanam. Pengambilan data dilakukan menggunakan mistar yang dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm). Selanjutnya berat basah selada romaine merupakan berat selada romaine (setelah dipisahkan dari akarnya) yang ditimbang langsung setelah panen yaitu hari ke 30. Pengambilan data dilakukan menggunakan timbangan digital yang dinyatakan dalam satuan gram (g).

2. Rasio Berat Basah terhadap Konsumsi Energi Listrik

Rasio dari berat basah selada romaine terhadap konsumsi energi listrik pada masing-masing perlakuan dapat dihitung menggunakan persamaan 3 dan 4 sebagai berikut.

$$TKE = \frac{P \cdot JK \cdot TWH}{1000} \dots \dots \dots (3)$$

Keterangan:

TKE = total konsumsi energi listrik (kWh)

P = daya listrik (watt)

JK = jumlah komponen (unit)

TWH = total waktu hidup (jam)

1000 = konversi satuan, 1 kW = 1000 watt

$$R = \frac{BB}{TKE} \dots \dots \dots (4)$$

Keterangan:

R = rasio berat basah terhadap konsumsi energi listrik (gram/kWh)

BB = total berat basah selada romaine (gram)

TKE = total konsumsi energi listrik (kWh)

D. Analisis Data

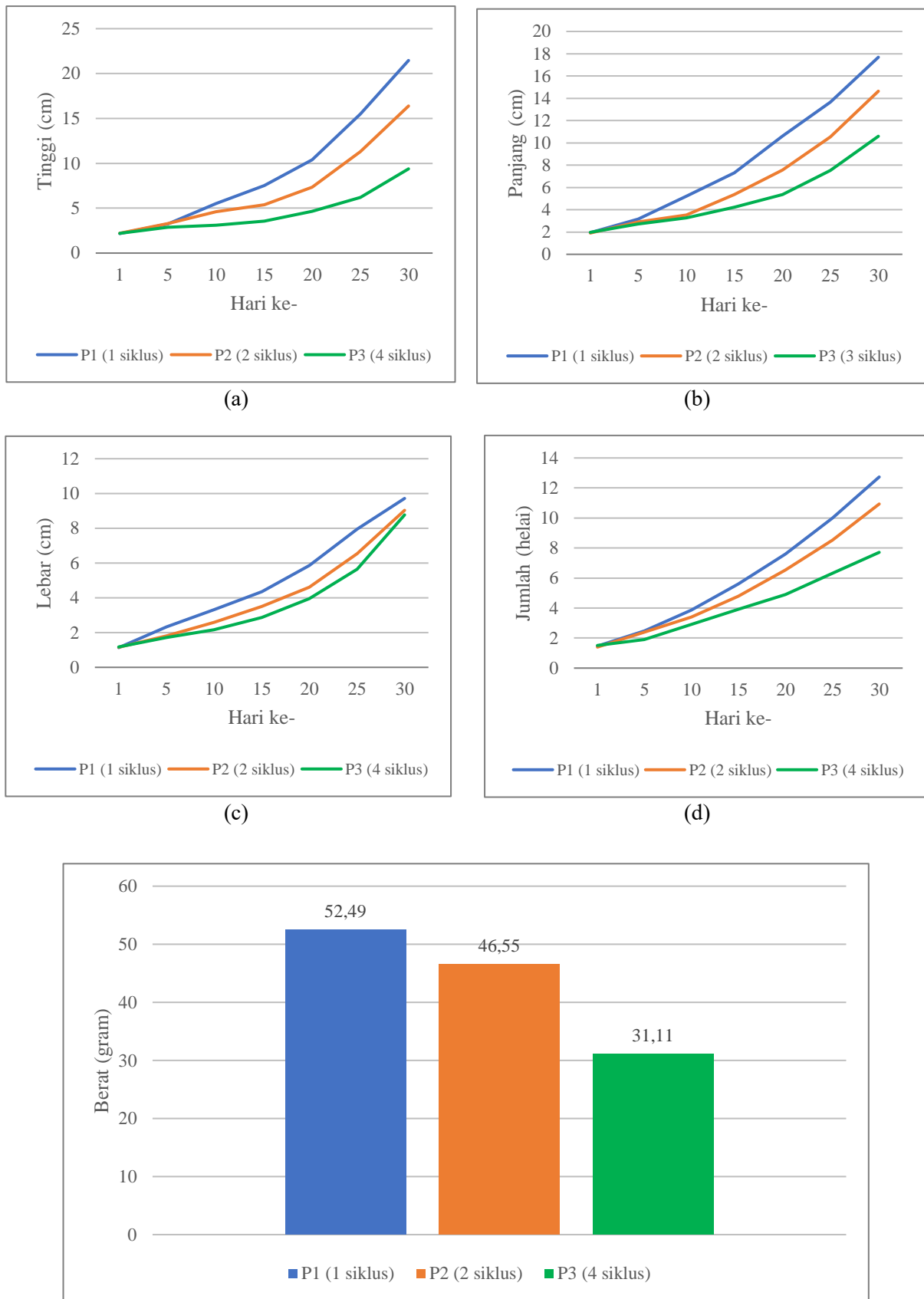
Uji ANOVA satu arah dilakukan pada data pengamatan selada romaine dengan tujuan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan berat basah selada romaine. Uji ANOVA satu arah dilakukan pada SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*) dengan taraf signifikansi 5 % ($\alpha = 0,05$). Penarikan kesimpulan didasari pada nilai signifikansi yang didapatkan pada tabel hasil uji ANOVA dengan aturan sebagai berikut.

- Jika nilai sig. > 0,05, maka hipotesis nol (H_0) diterima, yang berarti pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan berat basah selada romaine memiliki hasil yang tidak berbeda nyata.
- Jika nilai sig. < 0,05, maka hipotesis alternatif (H_1) diterima, yang berarti pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan berat basah selada romaine memiliki hasil yang berbeda nyata dan dilanjutkan dengan uji Duncan untuk melihat lebih detail perbedaan dari perlakuan yang diberikan.

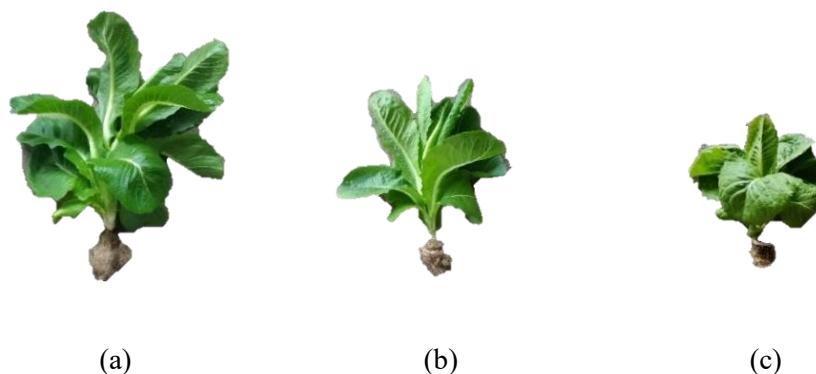
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertumbuhan dan Berat Basah Selada Romaine

Sistem PFAL (*Plant Factory with Artificial Lights*) pada penelitian ini merupakan sebuah fasilitas pertanian modern yang menggunakan *artificial light* atau cahaya buatan yaitu LED sebagai sumber cahaya untuk menggantikan sinar matahari dalam memfasilitasi pertumbuhan selada romaine, dimana LED yang digunakan berjenis *full spectrum* atau spektrum penuh. Sistem PFAL yang digunakan juga dilengkapi dengan sistem pengontrolan nutrisi, pH air nutrisi, suhu air nutrisi, ketersediaan air nutrisi, suhu lingkungan tanam dan fotoperiode secara presisi sehingga selada romaine pada masing-masing perlakuan ditanam di bawah kondisi yang sama dan terkontrol sesuai dengan syarat pertumbuhan dari selada romaine, kecuali pencahayaan yang memang menjadi perlakuan pada penelitian ini. Dengan demikian analisis dapat lebih terfokus pada pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan berat basah selada romaine. Selama 1 bulan pada masing-masing perlakuan, selada romaine telah menjadi subjek penelitian pada penelitian ini. Grafik pertumbuhan dan berat basah dan hasil panen selada romaine dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4.



(e)
 Gambar 3. Grafik Pertumbuhan dan Berat Basah Selama Romaine
 Keterangan: (a) tinggi, (b) panjang daun, (c) lebar daun, (d) jumlah daun, (e) berat basah



Gambar 4. Hasil Panen Selada Romaine
 Keterangan: (a) perlakuan 1, (b) perlakuan 2, (c) perlakuan 3

Uji ANOVA pada data pertumbuhan (tinggi, panjang daun, lebar daun dan jumlah daun) selada romaine hanya menggunakan data pada hari ke-30, karena pada hari tersebut merupakan puncak pertumbuhan tanaman, yang dapat memberikan kesimpulan mengenai pengaruh dari perlakuan yang diberikan. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Pertumbuhan dan Berat Basah Selada Romaine

Perlakuan (P)	Tinggi (cm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)	Jumlah Daun (helai)	Berat Basah (gram)
1 (1 siklus)	21,462 ± 0,832 ^a	17,688 ± 0,757 ^a	9,716 ± 0,816 ^a	12,73 ± 1,74 ^a	52,493 ± 7,166 ^a
2 (2 siklus)	16,388 ± 0,676 ^b	14,641 ± 0,819 ^b	9,032 ± 1,175 ^a	10,93 ± 1,37 ^b	46,546 ± 7,067 ^b
3 (4 siklus)	9,383 ± 0,702 ^c	10,596 ± 0,656 ^c	8,769 ± 1,526 ^b	7,71 ± 1,51 ^c	31,111 ± 6,795 ^c

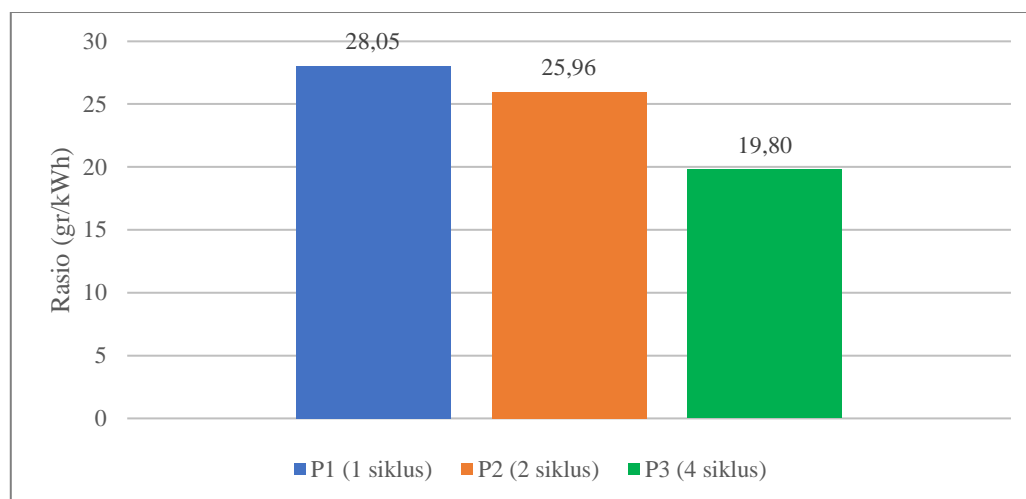
Hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan (siklus fotoperiode) memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan (tinggi, panjang daun, lebar daun dan jumlah daun) dan berat basah selada romaine dimana perlakuan 1 menjadi perlakuan terbaik yang didapatkan pada penelitian ini. Hal tersebut dapat terjadi karena penerapan siklus fotoperiode yang lebih panjang pada perlakuan 1 menyebabkan adanya peningkatan pada reaksi terang (membutuhkan cahaya) dan gelap (tidak membutuhkan cahaya) proses fotosintesis yang pada akhirnya dapat meningkatkan laju fotosintesis. Pada reaksi terang, terjadi peningkatan ETR (*Electron Transport Rate*) atau laju transportasi elektron. Transportasi elektron merupakan proses fotosintesis yang terjadi di membran tilakoid, dimana terjadi transfer elektron pada perangkat fotosistem (Stirbet *et al.*, 2020). Siklus fotoperiode yang lebih panjang memberikan selada romaine lebih banyak waktu untuk menyerap cahaya dan meningkatkan aktivitas fotosistem, yang pada akhirnya akan meningkatkan ETR dan produksi adenosin trifosfat (ATP) dan nikotinamida adenin dinukleotida fosfat (NADPH) yang berperan mendukung reaksi gelap fotosintesis. Pada reaksi gelap, siklus fotoperiode yang lebih panjang dapat meningkatkan penyerapan CO₂ akibat peningkatan konduktansi stomata (Kang *et al.*, 2013). CO₂ merupakan bahan baku dalam reaksi gelap atau siklus Calvin-Benson pada proses fotosintesis sehingga dengan meningkatnya penyerapan CO₂ memberikan tanaman lebih banyak bahan baku untuk menghasilkan senyawa organik yang dibutuhkan untuk pertumbuhan selada romaine. Dengan penerapan siklus fotoperiode yang lebih panjang pada perlakuan 1 maka akan meningkatkan reaksi terang dan gelap proses fotosintesis yang pada akhirnya dapat meningkatkan laju fotosintesis itu sendiri dan berdampak positif pada pertumbuhan selada romaine.

Peningkatan konduktansi stomata tidak hanya meningkatkan penyerapan CO₂ saja, namun juga meningkatkan laju transpirasi (Kang *et al.*, 2013). Laju transpirasi yang tinggi dapat meningkatkan penyerapan air dan nutrisi oleh akar tanaman. Pada saat proses transpirasi berlangsung, uap air yang keluar melalui stomata akan menciptakan tekanan negatif atau gaya hisap, dimana gaya tersebut membantu jaringan akar (xilem) menarik air bersama nutrisi yang terdapat pada media tanam ke bagian atas tanaman. Tingginya laju transpirasi tentunya membuat penyerapan nutrisi menjadi lebih optimal yang berdampak positif pada pertumbuhan tanaman (Thomas *et al.*, 2021). Alasan kenapa siklus fotoperiode yang lebih pendek pada perlakuan 3 menghasilkan pertumbuhan selada romaine yang tidak

sebagus perlakuan 1 dan 2 adalah karena terjadi *lag photosynthesis* atau periode tunda proses fotosintesis akibat perubahan kondisi cahaya (Hang *et al.*, 2019). *Lag photosynthesis* terdiri dari 3 tahapan yaitu tahap 1 terjadi pada reaksi terang dimana transport elektron diaktifkan dan memakan waktu selama 2 menit, langkah 2 terjadi pada reaksi gelap dimana enzim rubisco diaktifkan yang memakan waktu 5-10 menit dan barulah pembukaan stomata terjadi (Kimura *et al.*, 2020). Karena siklus fotoperiode yang lebih pendek memiliki jumlah siklus terang/gelap yang lebih banyak, maka akan meningkatkan total waktu *lag photosynthesis* dan pada akhirnya menurunkan laju fotosintesis selama proses pertumbuhan.

B. Rasio Berat Basah terhadap Konsumsi Energi Listrik

Rasio berat basah terhadap konsumsi energi listrik mengindikasikan seberapa efisien masing-masing perlakuan dapat menghasilkan berat basah selada romaine dibandingkan dengan jumlah energi listrik yang digunakan. Grafik rasio berat basah selada romaine terhadap konsumsi energi listrik pada masing-masing perlakuan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik Rasio Berat Basah terhadap Konsumsi Energi Listrik

Pada perlakuan 1 didapatkan rasio sebesar 28,05 gr/kWh, perlakuan 2 sebesar 25,96 gr/kWh dan perlakuan 3 sebesar 19,80 gr/kWh. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan 1 memberikan hasil rasio yang paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan 2 dan 3 sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan 1 lebih efisien dalam menghasilkan berat basah selada romaine per jumlah energi listrik yang digunakan dibandingkan dengan perlakuan 2 dan 3. Hal tersebut juga menunjukkan bahwa siklus fotoperiode yang lebih panjang dapat memberikan hasil yang lebih baik dalam penggunaan energi listrik untuk pertumbuhan selada romaine pada sistem PFAL. Hasil rasio yang tinggi ini tentunya akan memiliki dampak positif pada profitabilitas bisnis pertanian yang menggunakan teknologi PFAL.

KESIMPULAN

Siklus fotoperiode mempengaruhi pertumbuhan dan berat basah selada romaine, dimana siklus fotoperiode yang lebih panjang yaitu perlakuan 1 siklus dengan 14 jam terang/10 jam gelap, memberikan hasil terbaik dari segi pertumbuhan dan berat basah selada romaine yang ditanam menggunakan sistem PFAL. Selain itu, juga lebih efisien dalam menghasilkan berat basah selada romaine per jumlah energi listrik yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Alrajhi, A. A., Alsahli, A. S., Alhelal, I. M., Rihan, H. Z., Fuller, M. P., Alsadon, A. A., & Ibrahim, A. A. (2023). The Effect of LED Light Spectra on the Growth, Yield and Nutritional Value of Red and Green Lettuce (*Lactuca sativa*). *Plants*, 12(3), 1–14. <https://doi.org/10.3390/plants12030463>

- Hakim, R. M. A., Hendrawan, Y., & Lutfi, M. (2015). Rancang bangun plant factory untuk pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica Rapa* var. *Parachinensis*) dengan menggunakan light emitting diode merah dan biru. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 3(3), 382–390. <https://jkptb.ub.ac.id/index.php/jkptb/article/view/337/276>
- Hang, T., Lu, N., Takagaki, M., & Mao, H. (2019). Leaf area model based on thermal effectiveness and photosynthetically active radiation in lettuce grown in mini-plant factories under different light cycles. *Scientia Horticulturae*, 252(January), 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.03.057>
- Kang, J. H., KrishnaKumar, S., Atulba, S. L. S., Jeong, B. R., & Hwang, S. J. (2013). Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. *Horticulture Environment and Biotechnology*, 54(6), 501–509. <https://doi.org/10.1007/s13580-013-0109-8>
- Kimura, H., Hashimoto-Sugimoto, M., Iba, K., Terashima, I., & Yamori, W. (2020). Improved stomatal opening enhances photosynthetic rate and biomass production in fluctuating light. *Journal of Experimental Botany*, 71(7), 2339–2350. <https://doi.org/10.1093/jxb/eraa090>
- Lu, N., Saengtharatip, S., Takagaki, M., Maruyama, A., & Kikuchi, M. (2019). How Do White LEDs' Spectra Affect the Fresh Weight of Lettuce Grown under Artificial Lighting in a Plant Factory?—A Statistical Approach. *Agricultural Sciences*, 10(07), 957–974. <https://doi.org/10.4236/as.2019.107073>
- Miao, C., Yang, S., Xu, J., Wang, H., Zhang, Y., Cui, J., Zhang, H., Jin, H., Lu, P., He, L., Yu, J., Zhou, Q., & Ding, X. (2023). Effects of Light Intensity on Growth and Quality of Lettuce and Spinach Cultivars in a Plant Factory. *Plants*, 12(18), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants12183337>
- Natsir, M., Rendra, D. B., & Anggara, A. D. Y. (2019). Implementasi IOT Untuk Sistem Kendali AC Otomatis Pada Ruang Kelas di Universitas Serang Raya. *Jurnal PROSISKO*, 6(1), 69–72. <https://e-jurnal.lppmunsera.org/index.php/PROSISKO/article/view/1128>
- Qonit, Fauzi, A. ., & Mubarak, S. (2018). Review: Pemanfaatan Teknologi Plant Factory untuk Budidaya Tanaman Sayuran di Indonesia. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 3(1), 44–50. <https://doi.org/10.33661/jai.v3i1.1168>
- Stirbet, A., Lazár, D., Guo, Y., & Govindjee, G. (2020). Photosynthesis: Basics, history and modelling. *Annals of Botany*, 126(4), 511–537. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz171>
- Thomas, T., Biradar, M. S., Chimmad, V. P., & Janagoudar, B. S. (2021). Growth and physiology of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars under different growing systems. *Plant Physiology Reports*, 26(3), 526–534. <https://doi.org/10.1007/s40502-021-00591-3>
- Yamori, W., & Zhang, G. (2014). Feasibility Study of Rice Growth in Plant Factories. *Rice Research: Open Access*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.4172/jrr.1000119>
- Yudina, L., Sukhova, E., Gromova, E., Mudrilov, M., Zolin, Y., Popova, A., Nerush, V., Pecherina, A., Grishin, A. A., Dorokhov, A. A., & Sukhov, V. (2023). Effect of Duration of LED Lighting on Growth, Photosynthesis and Respiration in Lettuce. *Plants*, 12(3). <https://doi.org/10.3390/plants12030442>