



Pengaruh Beberapa Jenis Lampu terhadap Hasil Tanaman Selada Keriting Hijau (*Lactuca sativa* L.) pada *Plant Factory*

Gst Ayu Putu Ika Yulia Rusmita, I Ketut Suada*, I Gede Putu Wirawan

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,
Jl. PB. Sudirman, Denpasar, 80232, Indonesia

*Corresponding author: ketutsuada@unud.ac.id

ABSTRACT

Effect of Several Types of Lights on Yield of Green Curly Lettuce (*Lactuca sativa* L.) at Plant Factory. Light intensity is the most important factor in the process of plant growth, light sources that can be received by plants other than the sun can also use light. This research took place from March to April 2022. This research was conducted at the Plant Factory, Faculty of Agriculture, Jl. Moyo Island No. 16X, Pedungan, South Denpasar. In this research experiment the design used was a completely randomized design (CRD) with 6 types of lamp treatments, namely: LED grow light, white LED lamp, yellow fluorescent lamp, white fluorescent lamp, combination of white, yellow, far-red HPL lamps and white fluorescent lamps. HPL combination of red, blue, yellow and repeated 4 times. The results of statistical analysis showed that the type of lamp treatment had a very significant effect on all observed variables, except number of leaves, and root dry weight. The type of lamp treatment had an effect on the yield of lettuce grown at the plant factory and was indicated by the total fresh weight with a value of (171.50 g) and total dry weight with value of (5.09 g) which were significantly different from other treatments. The best type of lamp for lettuce growth and yield is the best yellow fluorescent lamp.

Keywords: lamp light, growth, yield

PENDAHULUAN

Selada merupakan sayuran yang cukup digemari oleh masyarakat karena memiliki banyak manfaat untuk kesehatan tubuh. Masyarakat umumnya mengonsumsi selada secara mentah sebagai lalapan atau sayur tambahan dalam olahan salad dan burger, oleh karena itu maka produksi tanaman selada harus bersih terbebas dari tanah serta pestisida agar aman dikonsumsi secara mentah. Potensi untuk mengembangkan komoditas sayuran yang bersih, sehat dan bisa diterapkan pada lahan sempit serta mampu diproduksi secara kontinu dapat

dilakukan dengan cara pengelolaan teknik budidaya yang modern. Teknik budidaya yang dapat menghasilkan produk yang berkualitas adalah dengan menggunakan *plant factory*.

Plant factory merupakan teknologi yang mampu memfasilitasi terbentuknya lingkungan yang tepat dan bagus bagi pertumbuhan tanaman, mudah dikontrol, tidak membutuhkan lahan yang luas dan dapat diterapkan di dalam ruangan. Sehingga mampu menghasilkan tanaman selada yang bersih, bebas pestisida, sehat serta bebas dari hama dan penyakit. Untuk mendapatkan hasil produksi tanaman yang optimal dalam *plant*

factory diperlukan beragam input meliputi larutan nutrisi, suhu, kelembapan, dan energi cahaya.

Usaha budidaya tanaman dalam *plant factory* mengalami keterbatasan dalam sumber pencahayaan karena berada didalam ruangan, oleh karena itu maka dalam proses fotosintesis tanaman pada *plant factory* diperlukan cahaya alternatif untuk menggantikan cahaya matahari yaitu dengan memanfaatkan bola lampu yang membantu proses fotosintesis tanaman untuk menghasilkan biomassa. Berdasarkan penelitian Yorio *et al.* (2001), menyatakan bahwa lampu *fluorescent* merupakan cahaya terbaik dalam memacu pertumbuhan selada jika dibandingkan dengan sinar merah, biru, hijau, dan kombinasi dari mereka. Aulia *et al.* (2019), menyatakan bahwa lampu *fluorescent* memiliki kuantitas pencahayaan yang mampu diserap secara optimal oleh tanaman selada. Jumlah intensitas cahaya yang diperlukan tanaman selada sebesar 2.152-4.305 lux. Lampu *fluorescent* memiliki kualitas cahaya tinggi pada *range* biru yang mampu meningkatkan pertumbuhan batang, ketebalan daun, dan lebar daun. Dengan adanya kombinasi *range* biru tinggi serta kuantitas cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman selada maka akan lebih efisien dalam meningkatkan produksi biomassa tanaman dibandingkan dengan jenis lampu lainnya. Sehingga tanaman yang dihasilkan menjadi lebih baik pertumbuhannya yaitu pada jumlah daun, akar. Hal tersebut berat segar total tanaman, dan berat kering sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Hakim *et al.* (2015), yang menyatakan bahwa lampu *fluorescent* memberikan hasil yang lebih baik pada variabel berat kering akar dan berat kering batang pada tanaman sawi hijau apabila dibandingkan dengan penggunaan lampu LED merah dan LED biru.

Berdasarkan penjelasan diatas maka peneliti tertarik untuk meneliti pengaruh

berbagai jenis lampu di *plant factory* untuk mengetahui jenis lampu yang mampu memberikan hasil terbaik pada tanaman selada keriting hijau (*Lactuca sativa* L.).

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung dari bulan Maret sampai April 2022. Penelitian ini dilakukan di *Plant Factory* Fakultas Pertanian Jl. Pulau Moyo No.16X, Pedungan, Denpasar Selatan, Laboratorium Agronomi lt.2, Gedung Agrokomples, Kampus Sudirman.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan meliputi satu set hidroponik sistem DFT (*Deep Flow Tecnique*) dalam *plant factory*, TDS meter, oven, gelas ukur, *chlorophyll meter* (SPAD 502), timbangan digital, penggaris, netpot, timer, air cooler, air conditioner (Ac), Lux meter, *Hygrometer*, kertas manila hitam, lem kertas, triplek, *rockwool*, kertas milimeter, alat tulis, lampu LED *grow light*, lampu LED, lampu *fluorescent* kuning, lampu *fluorescent* putih, lampu HPL kombinasi putih, kuning, *far red*, lampu HPL kombinasi merah, biru, kuning.

Bahan yang digunakan meliputi benih selada kriting varietas *Kriebo*, nutrisi AB mix, alkohol 70%, larutan Asam (asam fosfat 10%), larutan basa (kalium hidroksida 10%), dan air.

Rancangan Percobaan

Dalam percobaan penelitian ini rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan jenis lampu yaitu:

- P₁. Lampu LED *grow light* (GL) sebagai kontrol
- P₂. Lampu LED putih (LP)
- P₃. Lampu *fluorescent* kuning (FK)
- P₄. Lamu *fluorescent* putih (FP)

P₅. Lampu HPL kombinasi putih, kuning, *far red* (PKF)

P₆. Lampu HPL kombinasi merah, biru, putih (MBP)

Semua lampu di atur dengan intensitas 5.700 lux kemudian lampu dipasang pada jarak 20 cm diatas tanaman. Masing-masing perlakuan tersebut diulang sebanyak 4 kali, sehingga terdapat 24 unit percobaan.

Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan diantaranya adalah penyiapan instalasi hidroponik, penyiapan lampu, penyemaian benih selada, sterilisasi ruangan, penyiapan nutrisi, penanaman bibit selada, pengaturan jam hidup lampu, pemeliharaan, dan panen.

Pengamatan

Variabel penelitian yang diamati adalah Jumlah daun (helai), Luas daun (cm²), Kandungan klorofil daun (SPAD), Berat segar tajuk (g), Berat segar total (g), Berat kering oven total (g), Berat kering akar (g), Berat kering tajuk (g).

Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis secara statistika menggunakan analisis sidik ragam ANOVA. Jika perlakuan berpengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji *DUNCAN* taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah daun, Luas daun, Klorofil

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan jumlah daun tanaman terbanyak diperoleh pada perlakuan P₃ (*fluorescent* kuning) dengan nilai 17,50 helai, namun berbeda tidak nyata pada semua perlakuan. Luas daun tertinggi diperoleh pada perlakuan P₃ (*fluorescent* kuning) dengan luas 3524,57 cm² yang berbeda nyata dengan semua

perlakuan lainnya. Perlakuan dengan luas daun terkecil pada P₂ (1285,16 cm²). Klorofil daun tertinggi diperoleh pada perlakuan P₆ (Lampu HPL merah, biru, putih) dengan nilai sebesar 26,03 SPAD yang berbeda nyata dengan perlakuan P₁ (13,68 SPAD), P₂ (11,20 SPAD), dan P₃ (12,63 SPAD). Namun P₆ berbeda tidak nyata dengan perlakuan P₅ (19,48 SPAD) dan P₄ (20,73 SPAD).

Berat segar tajuk, Berat kering tajuk

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan berat segar tajuk tertinggi adalah pada perlakuan P₃ (*fluorescent* kuning) dengan berat sebesar 152,25 g berbeda nyata dengan perlakuan P₁ (48,18 g), P₂ (46,38 g), P₄ (94,82 g), dan P₅ (111,49 g). Namun P₃ berbeda tidak nyata dengan perlakuan P₆ (140,37 g). Berat kering tajuk tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan P₃ (lampu *fluorescent* kuning) dengan berat 4,09 g berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan P₁ (0,87 g), P₂ (1,17 g), P₄ (3,17 g), P₅ (2,91 g). Namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan P₆ (HPL merah, biru, putih) dengan berat 4,02 g.

Berat segar total, Berat kering total, Berat kering akar

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa berat segar total tertinggi diperoleh pada perlakuan P₃ (lampu *fluorecent* kuning) dengan berat 171,50 g berbeda nyata dengan perlakuan P₁ (59,92 g), P₂ (60,88 g), P₄ (109,63 g), P₅ (129,23 g). Namun berpengaruh tidak nyata pada perlakuan P₆ (165,73 g). Berat kering total tertinggi diperoleh pada perlakuan P₃ (lampu *fluorescent* kuning) dengan berat 5,09 g yang berbeda nyata dengan perlakuan P₁ (1,52 g), P₂ (2,08 g), dan P₅ (3,81 g). Namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan P₆ (4,60 g) dan perlakuan P₄ (4,11 g). Berat kering akar terberat didapatkan pada perlakuan P₃ (Lampu *fluorescent* kuning) seberat 1,00 g, namun berbeda tidak nyata pada semua perlakuan.

Tabel 1. Pengaruh jenis lampu terhadap jumlah daun, luas daun, dan klorofil.

Perlakuan	Jumlah daun (helai)	Luas daun (cm ²)	Klorofil (SPAD)
P1 (GL)	12,50 a	1508,04 c	13,68 bcd
P2 (LP)	12,75 a	1285,16 c	11,20 d
P3 (FK)	17,50 a	3524,57 a	12,63 cd
P4 (FP)	14,25 a	2577,98 b	20,73 ab
P5 (PKF)	13,75 a	1860,86 bc	19,48 abc
P6 (MBP)	14,25 a	2441,14 b	26,03 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji *Duncan* taraf 5%.

Tabel 2. Pengaruh jenis lampu terhadap berat segar tajuk, dan berat kering tajuk.

Perlakuan	Berat segar tajuk (g)	Berat kering tajuk (g)
P1 (GL)	48,18 c	0,87 c
P2 (LP)	46,38 c	1,17 c
P3 (FK)	152,25 a	4,09 c
P4 (FP)	94,82 b	3,17 b
P5 (PKF)	111,49 b	2,91 b
P6 (MBP)	140,37 a	4,02 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji *Duncan* taraf 5%.

Tabel 3. Pengaruh jenis lampu terhadap berat segar total, berat kering total, dan berat kering akar

Perlakuan	Berat segar total (g)	Berat kering total (g)	Berat kering akar (g)
P1 (GL)	59,92 c	1,52 c	0,65 a
P2 (LP)	60,88 c	2,08 c	0,92 a
P3 (FK)	171,50 a	5,09 a	1,00 a
P4 (FP)	109,63 b	4,11 ab	0,95 a
P5 (PKF)	129,23 b	3,81 b	0,90 a
P6 (MBP)	165,73 a	4,60 ab	0,58 a

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata pada uji *Duncan* taraf 5%.

Pembahasan

Cahaya merupakan faktor terpenting dalam proses pertumbuhan tanaman. Cahaya berperan penting dalam berlangsungnya proses fotosintesis pada tanaman. Manipulasi

sinar matahari dalam *plant factory* dapat dilakukan dengan menggunakan bola lampu. Lampu pertumbuhan tanaman yang umum digunakan adalah lampu LED *grow light*. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa

pada lampu perlakuan P3 (*fluorescent* kuning) memberikan hasil biomassa tanaman selada yang lebih tinggi dibandingkan dengan lampu LED *grow light*. Hal tersebut ditunjukkan dari berat segar total lebih unggul sebesar 186,2% dan berat kering total lebih unggul sebesar 234,8% dari kontrol lampu *grow light*.

Selain membutuhkan nutrisi dan media air, tanaman juga membutuhkan cahaya untuk mendukung proses metabolisme dalam tubuh tanaman. Faktor cahaya menjadi hal yang sangat penting pada tanaman hal ini dikarenakan semakin besar atau meningkat cahaya yang diterima oleh tanaman maka semakin cepat pula proses pembentukan organ vegetatif dan generatif tanaman. Menurut Aulia *et al.*, (2019), lampu *fluorescent* memiliki kuantitas pencahayaan yang mampu diserap secara optimal oleh tanaman selada. Jumlah intensitas cahaya yang diperlukan tanaman selada sebesar 2.152-4.305 lux. Lampu *fluorescent* memiliki kualitas cahaya yang tinggi pada *range* biru yang mampu meningkatkan pertumbuhan batang, ketebalan daun, dan lebar daun. Dengan adanya kombinasi *range* biru tinggi serta kuantitas cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman selada maka akan lebih efisien dalam meningkatkan produksi biomassa tanaman jika dibandingkan dengan jenis lampu lainnya. Sehingga pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik yang dapat dilihat dari jumlah daun, berat segar total tanaman, dan berat kering akar.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa setiap perlakuan jenis lampu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil tanaman selada pada *plant factory*, selain dilihat dari perbedaan biomassa juga dapat dilihat dari tampilan morfologi tanaman selada dengan varietas yang sama namun menghasilkan ukuran serta bentuk daun berbeda pada setiap perlakuan lampu yang dapat dilihat pada Gambar 1. Jumlah daun dan luas daun setiap perlakuan lampu

berbeda dikarenakan adanya perbedaan kandungan cahaya warna biru yang ada pada masing-masing perlakuan lampu, hal ini dikarenakan cahaya warna biru dapat meregulasi jumlah tunas aksiler melalui reseptor kriptokrom yang mampu meningkatkan jumlah daun dan luas daun selada sehingga jumlah daun serta lebar daun pada masing-masing perlakuan berbeda. Adanya cahaya biru dapat menginduksi percepatan pembelahan sel di daerah SAM (*shoot apical meristem*) sehingga menginisiasi munculnya primordia daun (daun muda). Hunter dan Burritt (2004) menyatakan bahwa eksplan daun tanaman selada yang terpapar sinar merah dan sebelumnya terpapar sinar biru menghasilkan tunas yang lebih sedikit, dibandingkan dengan eksplan daun selada yang sebelumnya terpapar sinar merah kemudian ditransfer pada kultur dengan cahaya biru. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa cahaya biru menginisiasi pembelahan sel pada daerah meristem, yang selanjutnya menginisiasi pembentukan primordia daun baru.

Daun merupakan komponen utama suatu tumbuhan dalam proses fotosintesis. Proses fotosintesis akan optimal apabila daun memiliki jumlah yang banyak dan luasan daun yang lebar. Jumlah daun terbanyak 17,50 helai dan daun terluas sebesar 3524,57 cm² terbaik pada perlakuan lampu *fluorescent* kuning. Hal ini dikarenakan tanaman selada mendapatkan pencahayaan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman selada dari bola lampu sehingga dapat mendukung fotosintesis untuk pertumbuhan tanaman secara optimal. Dalam lampu *fluorecent* kuning terdapat warna cahaya merah dan biru yang sesuai dengan serapan klorofil tanaman. Panjang gelombang yang dihasilkan antara 400-700 nm yang sekaligus mampu mempengaruhi faktor vegetatif dan generatif pada tanaman, hal ini disebabkan oleh cahaya merah yang dapat meregulasi

dominansi apical melalui reseptor fitokrom sedangkan cahaya biru dapat meregulasi jumlah tunas aksiler melalui reseptor kriptokrom sehingga dapat meningkatkan jumlah daun dan luas daun tanaman selada. Semakin banyak jumlah daun dan luas daun maka semakin besar juga biomassa yang akan dihasilkan untuk variabel berat segar dan berat kering tajuk. Hal ini sejalan dengan pernyataan dari Lukitasari (2012), menyatakan bahwa daun merupakan komponen utama suatu tumbuhan dalam berfotosintesis.

Proses fotosintesis akan optimal apabila daun yang menjadi tempat utama proses fotosintesis semakin banyak jumlahnya dan semakin besar ukuran luas daunnya akan lebih meningkatkan fotosintesis karena semakin lebar daun tanaman maka akan semakin luas pula area penyerapan cahaya pada daun tanaman sehingga fotosintesis menjadi lebih optimal. Adanya sinar yang mampu memberikan intensitas sesuai dengan kebutuhan tanaman akan lebih bagus untuk mendukung proses fotosintesis. Hasil fotosintesis akan ditranslokasikan ke seluruh jaringan tanaman melalui floem yang selanjutnya energi hasil fotosintesis akan dipergunakan tanaman untuk mengaktifkan pertumbuhan tunas, daun, dan batang sehingga tanaman dapat tumbuh optimal (Lindawati, 2015). Sepanjang pengamatan terdapat daun rontok yang disebabkan oleh daun yang menguning kemudian lama kelamaan menjadi layu dan rontok. Daun rontok tersebut merupakan daun yang sudah tua yang terletak dibagian pangkal batang. Daun yang lebih muda terletak pada bagian atas sehingga dapat menutupi daun lama yang berada pada bagian paling bawah yang menyebabkan daun tersebut kurang mendapatkan paparan cahaya, sehingga tidak terjadi fotosintesis yang lama kelamaan mengakibatkan daun menjadi mati. Hal ini juga menunjukkan bahwa adanya paparan cahaya pada daun

penting agar tanaman tetap mampu menjalankan metabolismenya dan tumbuh dengan maksimal (Syafriyudin *et al.*, 2015).

Klorofil merupakan pigmen pemberi warna hijau pada tumbuhan. Pigmen ini berperan dalam proses fotosintesis tanaman dengan menyerap dan mengubah energi cahaya menjadi energi kimia (Nio dan Banyo, 2011). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kandungan klorofil tertinggi diperoleh pada perlakuan P6 (lampu merah, biru, putih) dengan nilai 26,03 SPAD. Hal ini dikarenakan lampu perlakuan P6 terdapat cahaya merah dan biru memiliki panjang gelombang antara 400-700 nm yang banyak diserap oleh klorofil sehingga kandungan klorofil pada perlakuan P6 paling tinggi.

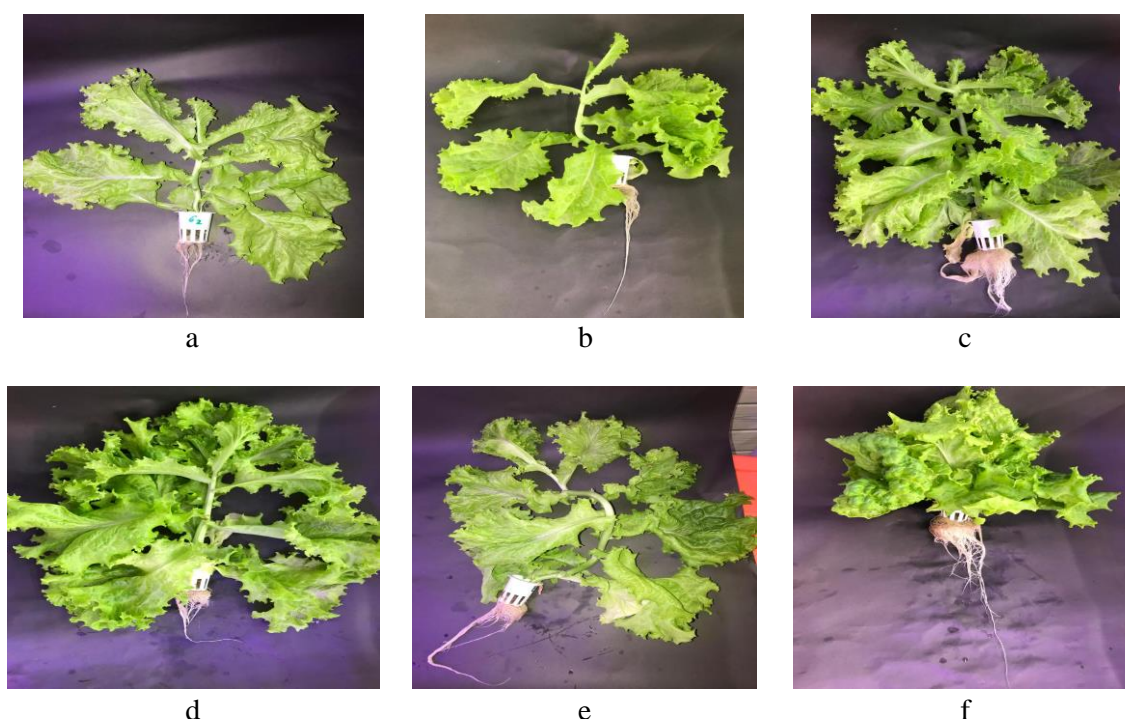
Berat segar total dan berat segar tajuk tertinggi diperoleh pada perlakuan P3 (lampu *fluorescent* kuning) dengan berat segar total tanaman 171,50 g dan berat segar tajuk sebesar 152,25 g. Hal ini dikarenakan lampu *fluorescent* mempunyai cahaya merah, biru yang sesuai dengan serapan klorofil serta dengan adanya cahaya *far red* yang dapat menstimulasi proses fotosintesis tanaman sehingga dapat menghasilkan biomassa yang maksimal (Zhein *et al.*, 2018). Proses fotosintesis dapat terjadi dengan maksimal ketika mendapatkan energi dari cahaya yang diterima oleh klorofil daun. Menurut Yogiswara (2018) pertumbuhan vegetatif yang optimal akan berpengaruh terhadap berat segar dari suatu tanaman. Berat segar merupakan total berat tanaman yang dapat menunjukkan proses metabolisme dan nilai dari berat segar tanaman yang dipengaruhi oleh kandungan air jaringan, unsur hara, dan hasil metabolisme.

Berat kering pada tanaman merupakan suatu parameter yang digunakan dalam menilai proses pertumbuhan tanaman. Menurut Kobayashi *et al.*, (2013), berat kering total tanaman selada lebih besar pada pencahayaan lampu *fluorescent* dibandingkan dengan lampu LED merah dan

biru. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lampu perlakuan P3 (*fluorescent* kuning) memberikan hasil tertinggi pada berat kering total sebesar 5,09 g, berat kering akar sebesar 1,00 g, dan berat kering tajuk sebesar 4,09 g. Hal ini dikarenakan lampu perlakuan P3 (lampu *fluorescent* kuning) memberikan pengaruh yang lebih tinggi pada proses asimilasi dan penyerapan CO₂ selama pertumbuhan tanaman dalam proses fotosintesis dibandingkan dengan perlakuan lampu lainnya. Berat kering yang maksimal dapat diperoleh jika tanaman mendapatkan cahaya penuh serta panjang gelombang yang sesuai dengan serapan klorofil.

Lampu *fluorescent* mengandung cahaya merah dan biru yang paling sesuai dengan serapan klorofil tanaman selada. Selain adanya cahaya merah dan biru dalam lampu *fluorescent* kuning juga memiliki cahaya *far red* yang dapat mendukung cahaya merah

dan biru dalam meningkatkan laju fotosintesis tanaman. Cahaya *far red* dapat mempengaruhi proses fotoperiodisme untuk mengoptimalkan fase regenerasi tanaman pada malam hari dan menghasilkan panen yang lebih baik dengan mengoptimalkan kapasitas fotosintesis. Menurut Mancinelli *et al.*, (1975) cahaya *far red* mampu meningkatkan biomassa tanaman melalui peningkatan buka tutupnya stomata. Hal ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan bahwa Perlakuan P3 (lampu *fluorescent* kuning) menghasilkan biomassa tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sehingga lampu *fluorescent* kuning dapat menjadi alternatif yang tepat dalam upaya memacu pertumbuhan dan perkembangan tanaman selada pada *plant factory*.



Gambar 1. Hasil tanaman selada: a. lampu LED *grow light*, b. lampu LED putih, c. lampu *fluorescent* kuning, d. lampu *fluorescent* putih, e. lampu putih, kuning, *farred*, dan f. Lampu merah, biru, putih

SIMPULAN

Jenis lampu memberikan pengaruh yang berbeda terhadap hasil tanaman selada pada *plant factory* hal ini dapat dilihat dari hasil biomassa dan tampilan bentuk morfologi tanaman selada dari masing-masing perlakuan jenis lampu pada *plant factory*. Jenis lampu terbaik yang memberikan hasil biomassa selada tertinggi adalah lampu *fluorescent* kuning yang memberikan hasil berat total segar 186,2% serta berat kering total 234,8 % lebih tinggi dari kontrol lampu *grow light*. Perlu dilakukan penelitian yang menggunakan jenis-jenis lampu lainnya yang berbeda serta dengan kombinasi yang berbeda, sehingga didapatkan kombinasi sinar yang paling tepat untuk tanaman selada maupun tanaman lainnya pada *plant factory*.

DAFTAR PUSTAKA

- Aulia, S. Ansar, dan G.M.D, Putra. 2019. Pengaruh intensitas cahaya lampu dan lama penyinaran terhadap pertumbuhan tanaman kangkung (*Ipomea reptans Poir*) pada sistem hidroponik *indoor*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem 7(1):44.
- Hakim, R.M.A., Y. Hendrawan, M. Lutfi. 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.
- Kobayashi, K., T. Amore, and M. Lazaro. 2013. Light-Emitting diodes (LEDs) for miniature hydroponic lettuce. Optics and Photonics Journal. Tropical Plant & Soil Sciences Department, University of Hawaii at Manoa. Honolulu, USA 3:74-77.
- Lindawati, Y. 2015. Pengaruh lama penyinaran lampu LED dan lampu neon terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman pakcoy (*Brassica carapa L.*) dengan hidroponik sistem sumbu (Wick System). Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung 4(3):191-200.
- Lukitasari, M. 2012. Pengaruh intensitas cahaya matahari terhadap pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine Max*). IKIP PGRI Madiun. Madiun. Hal 1-8.
- Mancinelli, A. L., Yang, C. H., Lindquist, P., Anderson, O. R. I, Rabino. 1975. Photocontrol of antosianin synthesis. International Journal of Environment, Department of Biological Sciences. Columbia University. New York 59(4):569-573.
- Nio, S dan Y, Banyo. 2011. Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. Jurnal Ilmiah Sains 11(2):166-173.
- Syafriyudin, S. Priyambodo, dan S. N. T, Saudah. 2015. Pengaruh variabel warna lampu LED terhadap pertumbuhan tanaman krisan. Fakultas Teknologi Industri. Yogyakarta 8(1):83-87.
- Yogiswara, I.G.K.K. 2018. Kajian media tanam dan pemupukan pertumbuhan bibit sambungan jambu kristak (*Psidium guajava L.*). Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Udayana. Denpasar 7(2):157-166.
- Yorio, N. C., G. D. Goins, H. R. Kagie, R. M. Wheeler, J. C. Sager. 2001. Improving spinach, radish, and lettuce growth under red light-emitting diodes (LEDs) with blue light supplementation. Horticulture Science 36(2):380-383.
- Zhen, S., Haidekker, M., van Iersel. 2018. Far-red light enhances photochemical efficiency in a wavelength-dependent manner. Physiol. Plant 167(1):21-33.