

# PENGARUH DAYA LAMPU ULTRAVIOLET *LIGHT EMITTING DIODE* (LED) *GROWTH* TERHADAP PERTUMBUHAN FISIK TANAMAN SELADA SISTEM HIDROPONIK

<sup>1)</sup> Elisha Zakiyah, <sup>1)</sup> Trapsilo Prihandono, <sup>1)</sup> Yushardi

<sup>1)</sup> Program Studi Pendidikan Fisika FKIP Universitas Jember

Email: [trapsilo.fkip@unej.ac.id](mailto:trapsilo.fkip@unej.ac.id)

## **Abstract**

*Lettuce is a horticultural crop with many enthusiasts and is widely cultivated using hydroponic systems. One crucial factor for plant growth is the need for sufficient light to support the process of photosynthesis. To overcome the lack of light, use artificial light from LED lights. This study aims to determine the effect of ultraviolet LED growth lamp power on the growth of lettuce plants. This study was divided into two groups: the control group without irradiating LED growth lamps and the experimental group using irradiation of LED growth lamps with a duration of irradiation of 4 hours at night. Parameters observed included plant height, leaf length, leaf width, number of leaves, and leaf color in the third week. Research data analysis used a non-parametric statistical test, namely the Kruskal Wallis test, with the help of SPSS 23. The results showed that the power treatment of LED growth lamps significantly affected plant height, leaf length, leaf width, and number of leaves. However, the power treatment of LED growth lamps did not significantly affect leaf color. The results showed that the best treatment was obtained at 18 watts.*

**Keywords:** *Growth LEDs; Hydroponics; Lamp Power*

## **PENDAHULUAN**

Pertanian merupakan kegiatan memanfaatkan sumber daya hayati guna memperoleh hasil pangan dengan bantuan manusia (Purba, *et al.*, 2020). Pertanian secara konvensional biasanya terdapat kendala berupa kekurangan lahan pertanian seiring pesatnya angka kenaikan jumlah penduduk (Novinanto dan Setiawan, 2019). Hal tersebut dibuktikan dengan jumlah penduduk Indonesia yang berjumlah sekitar 270,20 juta jiwa pada tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2020). Masalah tersebut dapat diatasi dengan menciptakan sistem pertanian hidroponik. Hidroponik merupakan sistem pertanian tanpa memanfaatkan tanah sebagai media tanam sehingga sistem ini cocok untuk mengatasi keterbatasan lahan pertanian (Siregar dan Novita, 2021).

Berdasarkan laporan Badan Pusat Statistik (2022) nilai ekspor sayuran di Indonesia meningkat 10,36% dari tahun sebelumnya menjadi US\$ 340 juta. Kondisi

tersebut menuntut para petani untuk meningkatkan produktivitas tanaman. Tanaman yang paling banyak dibudidayakan dengan sistem hidroponik adalah selada, memiliki nilai ekonomi tinggi serta memiliki banyak peminat baik pasar domestik maupun pasar internasional (Meriaty *et al.*, 2021). Tanaman selada memiliki kandungan gizi, vitamin dan mineral yang banyak. Selain itu, selada termasuk tanaman yang mudah dibudidayakan karena dapat tumbuh pada daerah dataran tinggi maupun dataran rendah (Haryanto *et al.*, 2006).

Faktor pertumbuhan tanaman yang perlu diperhatikan adalah kebutuhan cahaya sebagai proses fotosintesis. Matahari di Indonesia bersinar selama 11 – 12 jam per hari, akan tetapi untuk tumbuh dengan baik, tanaman selada membutuhkan penyinaran sekitar 14 – 16 jam perhari (Indisari, 2019). Kekurangan sinar matahari dapat berpengaruh pada radiasi yang akan menghambat fotosintesis. Secara hidroponik, sistem *growth light* banyak

digunakan untuk mengatasi kekurangan cahaya, lampu ini dapat dipasang pada pipa dan dapat diatur lama waktu penyinaran menggunakan timer (Syed *et al.*, 2021). Sistem *Light Emitting Diode (LED) growth* dapat digunakan sebagai optimalisasi pertumbuhan tanaman hidroponik, selain itu *LED growth* memiliki konsumsi daya yang rendah dan spektrum cahaya yang dapat disesuaikan berdasarkan kebutuhan tanaman (Pietrzykowski dan Wymyslowski, 2021).

Spektrum cahaya pada sinar matahari terdiri dari warna ungu sampai merah dengan panjang gelombang tertentu dan tidak terlepas dari pertumbuhan tanaman (Giancoli, 2001). Sinar matahari memiliki panjang gelombang antara 200 – 1500 nm, akan tetapi tidak semua panjang gelombang tersebut dibutuhkan untuk fotosintesis (Syariefa *et al.*, 2014). Berdasarkan penelitian oleh Astried Naomi *et al* (2018) spektrum biru membuat tanaman dapat tumbuh akan tetapi laju pertumbuhannya tidak secepat spektrum merah dan ungu, spektrum merah paling efektif sedangkan spektrum ungu membuat tanaman tumbuh dengan cepat namun kualitasnya kurang bagus. Diantara banyaknya warna lampu, yang paling cocok adalah LED warna merah karena panjang gelombang cahaya merah sangat cocok untuk penyerapan klorofil (Schoefs B, 2002). Spektrum biru berfungsi untuk pertumbuhan vegetatif tanaman dan spektrum merah berfungsi untuk pertumbuhan generatif tanaman (Putri *et al.*, 2021).

Selain spektrum cahaya, daya lampu *LED growth* juga perlu diperhatikan karena daya lampu berhubungan dengan besarnya intensitas cahaya yang diterima tanaman. Pada penelitian sebelumnya oleh Novinanto dan Setiawan (2019), menunjukkan bahwa perlakuan lampu LED 300 watt memberikan hasil lebih optimal dibandingkan 100 watt dan 200 watt, pertumbuhan tanaman selada akan lebih baik apabila daya lampu semakin tinggi. Menurut Anindyarasmi *et al* (2021),

perlakuan lampu 15 watt memberikan hasil terbaik dibandingkan dengan lampu 5 watt dan 10 watt. Berdasarkan penelitian sebelumnya, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh daya lampu ultraviolet *LED growth* terhadap pertumbuhan tanaman selada pada sistem hidroponik.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini termasuk jenis penelitian eksperimen yang dilaksanakan di Lembaga P4S (Pusat Pelatihan Pertanian dan Perdesaan Swadaya) Hikmah Farm yang terletak di Kecamatan Pare Kabupaten Kediri pada periode Januari – Februari 2023. Sampel pada penelitian ini dibedakan menjadi 2 kelompok yang terdiri dari kelompok kontrol dan kelompok eksperimen. Kelompok eksperimen diberikan perlakuan penyinaran lampu ultraviolet *LED growth* dengan menggunakan daya lampu sebesar 5 watt, 10 watt dan 18 watt pada malam hari selama 4 jam (18:00 – 22:00). Jarak lampu terhadap tanaman yaitu 35 cm. Sedangkan kelompok kontrol tidak diberikan perlakuan penyinaran lampu ultraviolet *LED growth* sehingga penyinaran hanya diperoleh dari cahaya matahari di siang hari.

Penelitian ini menggunakan dua variabel yaitu variabel bebas dan variabel terikat, variabel bebas yaitu penggunaan daya lampu ultraviolet *LED growth*, sedangkan variabel terikat yaitu pertumbuhan fisik tanaman selada dengan parameter pengamatan diantaranya tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah daun dan warna daun.

Penelitian ini terdiri dari beberapa proses diantaranya penyemaian benih selada menggunakan media rockwool dan disimpan di tempat yang terkena sinar matahari selama 14 hari. Setelah penyemaian selesai, dilakukan pindah tanam ke instalasi sekaligus penyinaran bagi kelompok eksperimen. Perawatan tanaman dilakukan setiap hari meliputi pengecekan pH dan nutrisi tanaman. Pengamatan pertumbuhan fisik tanaman

selada dilakukan pada minggu ketiga sejak pindah tanam menggunakan alat ukur penggaris atau meteran dan panca indera.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh daya lampu ultraviolet LED *growth* dilaksanakan di Lembaga P4S Hikmah Farm Pare Kabupaten Kediri pada bulan Januari – Februari 2023. Proses penelitian ini dimulai dengan penyemaian benih selada jenis *indoseed*, penyinaran lampu ultraviolet LED *growth* dimulai sejak pindah tanam. Hasil penelitian yang diperoleh adalah hasil pengamatan pertumbuhan fisik tanaman selada pada minggu ketiga setelah pindah tanam yang kemudian dianalisis dengan bantuan SPSS 23.

Data hasil pengamatan yang diperoleh kelompok kontrol sebanyak 25 sampel tanaman selada dan kelompok

eksperimen masing – masing perlakuan sebanyak 25 sampel.

### Analisis Data

Penelitian ini menggunakan uji statistic *One Way Anova* apabila data pengamatan berdistribusi normal. Apabila data tidak berdistribusi normal maka dilakukan uji statistic non parametrik yaitu uji *Kruskal Wallis* dengan bantuan SPSS 23.

- a. Uji normalitas pertumbuhan fisik tanaman selada

Uji normalitas yang digunakan pada penelitian ini adalah uji *Kolmogorov-Smirnov* dengan dasar pengambilan keputusan, data dinyatakan berdistribusi normal apabila nilai signifikansi  $> 0,05$ . Sedangkan data dinyatakan tidak berdistribusi normal apabila nilai signifikansi  $< 0,05$ . Hasil uji normalitas pertumbuhan fisik tanaman selada dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

**Tabel 1.** Hasil uji normalitas data pertumbuhan fisik tanaman selada  
**Tests of Normality**

	Daya Lampu	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistic	Df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Tinggi Tanaman	Kontrol	.211	25	.006	.911	25	.032
	5 watt	.178	25	.040	.916	25	.042
	10 watt	.100	25	.200*	.971	25	.672
	18 watt	.098	25	.200*	.967	25	.569
Panjang Daun	Kontrol	.189	25	.022	.924	25	.062
	5 watt	.082	25	.200*	.972	25	.689
	10 watt	.180	25	.035	.901	25	.019
	18 watt	.086	25	.200*	.974	25	.736
Lebar Daun	Kontrol	.161	25	.095	.953	25	.297
	5 watt	.124	25	.200*	.941	25	.157
	10 watt	.140	25	.200*	.924	25	.063
	18 watt	.127	25	.200*	.966	25	.542
Jumlah Daun	kontrol	.168	25	.066	.939	25	.142
	5 watt	.169	25	.063	.937	25	.128
	10 watt	.269	25	.000	.824	25	.001
	18 watt	.204	25	.009	.895	25	.014
Warna Daun	kontrol	.521	25	.000	.384	25	.000
	5 watt	.539	25	.000	.203	25	.000
	10 watt	.521	25	.000	.384	25	.000
	18 watt	.521	25	.000	.384	25	.000

- \*. This is a lower bound of the true significance.  
a. Lilliefors Significance Correction

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa uji normalitas pertumbuhan fisik tanaman selada pada setiap parameter uji (tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, jumlah daun, warna daun) terdapat data yang memiliki nilai signifikansi  $< 0,05$  maka dapat disimpulkan bahwa data pertumbuhan tanaman selada tidak berdistribusi normal. Maka dapat dilakukan

uji statistic non parametrik yaitu uji *Kruskal Wallis*

b. Uji statistic pertumbuhan fisik tanaman selada

Uji statistik pertumbuhan fisik tanaman selada menggunakan uji *Kruskal Wallis* karena data tidak berdistribusi normal. Hasil uji *Kruskal Wallis* dapat dilihat pada Tabel 2 berikut

**Tabel 2.** Uji *Kruskal Wallis* pertumbuhan fisik tanaman selada  
Test Statistics<sup>a,b</sup>

	Tinggi Tanaman	Panjang Daun	Lebar Daun	Jumlah Daun	Warna Daun
Chi-Square	19.559	38.743	33.447	14.122	1.320
Df	3	3	3	3	3
Asymp. Sig.	.000	.000	.000	.003	.724

- a. Kruskal Wallis Test  
b. Grouping Variable: Daya Lampu

Hipotesis statistic penelitian ini yaitu  $H_0$  = tidak terdapat pengaruh signifikan perlakuan daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap pertumbuhan fisik tanaman selada dan  $H_a$  = terdapat pengaruh signifikan perlakuan daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap pertumbuhan fisik tanaman selada. Kriteria pengujian menyatakan  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima apabila nilai signifiakansi  $\leq 0,05$ , dan  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak apabila nilai signifikansi  $> 0,05$ . Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa nilai signifikansi (Asymp. Sig) tinggi tanaman sebesar ( $p = 0,000$ ), Panjang daun ( $p = 0,000$ ), lebar daun ( $p = 0,000$ ) dan jumlah daun ( $p = 0,003$ ), nilai signifikansi tersebut lebih kecil dari 0,05 artinya  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Sedangkan pada parameter warna daun, nilai Asymp. Sig sebesar 0,724. Nilai 0,724  $> 0,05$  artinya  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak. Sehingga dapat dikatakan terdapat pengaruh signifikan perlakuan daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap pertumbuhan fisik tanaman berkaitan dengan tinggi tanaman, Panjang daun, lebar

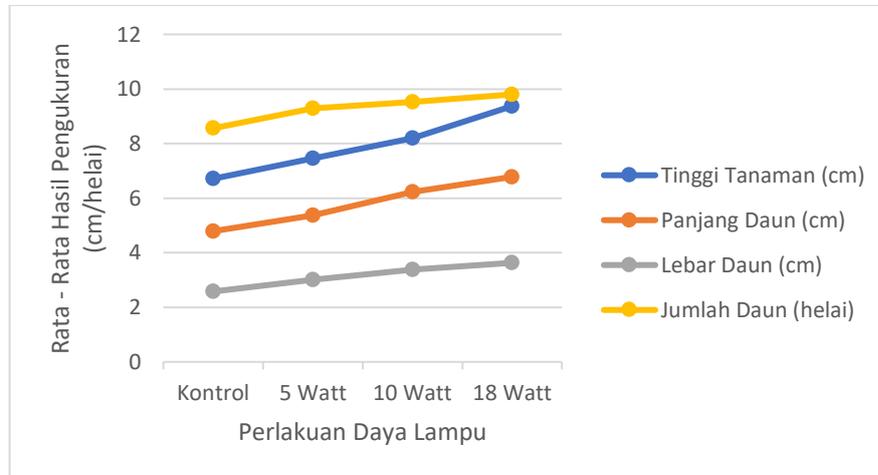
daun, jumlah daun. Namun tidak terdapat pengaruh signifikan perlakuan daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap warna daun.

## Pembahasan

Pertumbuhan tanaman dipengaruhi oleh lingkungan sekitar salah satunya kebutuhan cahaya yang berperan penting pada proses fotosintesis (Yustiningsih, 2019). Tanaman akan tumbuh dengan pesat apabila kebutuhan cahayanya terpenuhi dengan optimal dan intensitas cahaya yang cukup sehingga tidak terlalu tinggi dan merusak tanaman (Arumingtyas *et al.*, 2021). Intensitas cahaya berhubungan dengan daya lampu, daya lampu yang besar akan menghasilkan panas yang berlebih dan cahaya yang terlalu tinggi dapat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, selain itu kekurangan pencahayaan akan menyebabkan klorofil sedikit dan fotosintesis rendah (Aulia *et al.*, 2019). Intensitas cahaya yang lebih tinggi dapat meningkatkan konduktansi stomata

daun yang baru terbentuk sehingga meningkatkan laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman (Zheng *et al.*, 2019). Pengendalian cahaya agar optimum bagi

pertumbuhan tanaman khususnya tanaman hidroponik dapat dilakukan dengan rekayasa lingkungan agar diperoleh cahaya yang sesuai.



**Gambar 1.** Grafik hubungan daya lampu dengan pertumbuhan fisik tanaman selada.

Berdasarkan hasil analisis pertumbuhan tanaman dan grafik hubungan perlakuan daya lampu terhadap pertumbuhan tanaman (Gambar 1) dapat diketahui bahwa pada pengamatan tinggi tanaman, rata – rata tinggi tanaman pada perlakuan daya 18 watt yaitu sebesar 9,37 cm. Sementara itu, perlakuan daya lampu 10 watt memiliki rata – rata tinggi tanaman sebesar 8,2 cm, perlakuan daya 5 watt memiliki rata- rata tinggi tanaman sebesar 7,46 cm dan perlakuan kontrol atau tanaman yang tidak menggunakan lampu memiliki rata – rata tinggi tanaman sebesar 6,71 cm. Hasil analisis uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan 18 watt lebih baik daripada 10 watt, perlakuan 10 watt lebih baik daripada 5 watt dan perlakuan 5 watt lebih baik daripada kontrol. Pada pengamatan panjang daun, rata – rata panjang daun paling besar yaitu perlakuan 18 watt sebesar 6,78 cm, perlakuan daya 10 watt memiliki rata – rata panjang daun sebesar 6,22 cm, perlakuan daya lampu 5 watt memiliki rata – rata Panjang daun sebesar 5,37 cm dan perlakuan kontrol memiliki rata – rata Panjang daun sebesar 4,79 cm. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan daya

lampu 18 watt menunjukkan hasil lebih baik daripada 10 watt, perlakuan 10 watt memiliki hasil lebih baik daripada 5 watt dan perlakuan 5 watt memiliki hasil lebih baik daripada kontrol.

Pada pengamatan lebar daun, rata – rata lebar daun paling besar yaitu pada perlakuan daya lampu 18 watt sebesar 3,63 cm. Perlakuan daya 10 watt memiliki rata – rata lebar daun sebesar 3,38 cm, perlakuan daya 5 watt memiliki rata – rata lebar daun sebesar 3,01 cm dan perlakuan kontrol memiliki rata – rata lebar daun sebesar 2,58 cm. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa perlakuan daya lampu 18 watt memiliki hasil lebih baik daripada 10 watt pada parameter pengamatan lebar daun, perlakuan 10 watt memiliki hasil lebih baik daripada 5 watt dan perlakuan 5 watt memiliki hasil lebih baik daripada kontrol. Pada pengamatan jumlah daun, rata – rata jumlah daun paling besar yaitu pada perlakuan daya lampu 18 watt sebesar 9,8. Perlakuan daya 10 watt memiliki rata – rata jumlah daun sebesar 9,52. Perlakuan daya 5 watt memiliki rata – rata jumlah daun sebesar 9,28 dan perlakuan kontrol memiliki rata – rata jumlah daun sebesar 8,56. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa

perlakuan daya 18 watt memiliki hasil lebih baik daripada 10 watt, perlakuan 10 watt memiliki hasil yang lebih baik dari 5 watt dan perlakuan 5 watt memiliki hasil lebih baik daripada kontrol.

Pada pengamatan warna daun tidak terdapat pengaruh signifikan. Perlakuan daya 18 watt memiliki 22 tanaman berwarna hijau segar dan 3 tanaman berwarna hijau agak kuning, perlakuan daya 10 watt memiliki 24 tanaman berwarna hijau segar dan 1 tanaman hijau kuning, perlakuan daya 5 watt memiliki 22 tanaman berwarna hijau segar dan 3 tanaman berwarna hijau kuning, dan perlakuan kontrol memiliki 22 tanaman berwarna hijau segar dan 3 tanaman berwarna hijau kuning. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Anindyarasmi *et al* (2021), yang menyebutkan bahwa daya lampu LED *growth* yang semakin besar berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah dan luas daun selada, perlakuan daya 15 watt memberikan hasil terbaik dibandingkan dengan daya 5 watt dan 10 watt. Penggunaan cahaya buatan yang berasal dari lampu LED sangat mengoptimalkan proses fotosintesis pada sistem hidroponik sehingga tanaman lebih produktif (Aulia *et al*, 2019).

Penelitian ini fokus terhadap pertumbuhan fisik tanaman selada yang ada di Lembaga P4S Hikmah Farm Pare Kabupaten Kediri dengan objek penelitian yaitu tanaman selada keriting. Penelitian ini menggunakan sistem hidroponik DFT (*Deep Flow Technique*) menggunakan 3 daya lampu dengan durasi penyinaran 4 jam perhari. Kelembaban, suhu serta tekanan udara dianggap konstan sesuai dengan lokasi penelitian dan jarak lampu terhadap tanaman yang diterapkan yaitu 35 cm.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian pengaruh daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap pertumbuhan tanaman selada sistem hidroponik, kelompok eksperimen

memiliki rata – rata pertumbuhan fisik tanaman lebih tinggi daripada kelompok kontrol. Perlakuan daya lampu 18 watt menunjukkan hasil yang paling baik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan daya lampu ultraviolet LED *growth* berpengaruh positif terhadap pertumbuhan fisik tanaman selada yakni tinggi tanaman, panjang daun, lebar daun, dan jumlah daun. Namun, tidak terdapat pengaruh signifikan perlakuan daya lampu ultraviolet LED *growth* terhadap warna daun.

Penggunaan lampu ultraviolet LED *growth* dapat dijadikan inovasi guna meningkatkan produktivitas tanaman selada. Penelitian serupa dapat menggunakan media tanam yang berbeda atau dengan daya lampu yang lebih tinggi. Akan tetapi pemilihan daya lampu serta jarak lampu terhadap tanaman harus diperhatikan agar tidak berdampak buruk pada pertumbuhan tanaman.

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan, saran yang diberikan diantaranya bagi penelitian selanjutnya dapat dilakukan pada lokasi penelitian yang memiliki suhu lebih tinggi atau lebih rendah. Daya lampu yang digunakan dapat lebih besar serta dapat menggunakan media tanam yang berbeda.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anindyarasmi, D., S. Budiyanto, dan E. D. Purbajanti. 2021. Respon selada merah (*Lactuca sativa var. crispa*) akibat perlakuan daya LED (*light emitting diode*) dan posisi tanaman pada sistem hidroponik tower. *Jurnal Agro Complex*. 5(1): 52 - 55.
- Arumingtyas, Estri Laras., R. Mastuti, dan L. Hakim. 2021. *Biologi Tanaman Hortikultura*. Malang : UB Press.
- Aulia, S., Ansar, dan G. M. 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 - 49.
- Badan Pusat Statistik. 2020. Hasil Sensus Penduduk 2020. <https://www.bps.go.id/pressrelease/2021/01/21/1854/hasil-sensus-penduduk-2020.html#:~:text=Abstraksi,sebanyak%20141%20jiwa%20per%20km2>. Diakses pada 7 April 2023 jam 19.30 WIB.
- Badan Pusat Statistik. 2022. Produksi Tanaman Sayuran 2022. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diakses pada 7 April 2023 jam 19.45 WIB.
- Giancoli, D. 2001. *Fisika*. Edisi Kelima. Jakarta: Erlangga.
- Haryanto, E., T. Suhartini, H. Sunarjono, E. Rahayu. 2006. *Sawi dan Selada*. Edisi 9. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Indisari, S.S. 2019. *The Linkages of Laboratory Facilities and Motivation to the Learning Outcomes of Semarang Hight School*. *Student Journal of Innovative Science Education*: Semarang.
- Meriaty, A. Sihaloho, dan K. D. Pratiwi. 2021. Pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*lactuca sativa l.*) akibat jenis media tanam hidroponik dan konsentrasi nutrisi AB mix. *Agroprimatech*. 4(2): 75-76.
- Naomi, A., J. Pertiwi, P. A. Permatasari, S. N. Dini, dan A. Saefullah. 2018. Keefektifan spektrum cahaya terhadap pertumbuhan tanaman kacang hijau (*vigna radiata*). *Gravity : Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Fisika*. 4(2): 100.
- Novinanto, A., dan A. W. Setiawan. 2019. Pengaruh variasi sumber cahaya LED terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*lactuca sativa var. crispa l*) dengan sistem budidaya hidroponik rakit apung. *Jurnal Ilmu Pertanian*. 31(2): 192-194.
- Pietrzykowski, S. Wymyslowski, A. 2021. LED Growth Light for Optimization of Chlorophyll Excitation Ratio. In *Advances in Systems Engineering: Proceedings of the 28<sup>th</sup> International Conference on Systems Engineering (ICSEng)*. Desember 2021: 13.
- Purba, D. W., M. Thohiron, D. R. Surjaningsih, D. Sagala, R. N. Ramdhini, D. Gandasari, C. Wati, T. Purba, J. Herawati, I. A. Sa'ida, Amruddin, B. Purba, N. S. Wisnujati, dan S. O. Manullang. 2020. *Pengantar Ilmu Pertanian*. Edisi Pertama. Medan: Yayasan Kita Menulis.
- Putri, A. S., Yushadi, dan Supeno. 2021. Pengaruh spektrum dan intensitas cahaya LED terhadap pertumbuhan tanaman *microgreens* pakcoy (*brassica rapa l. subsp.chinensis (l)*). *Orbita Jurnal Hasil Kajian, Inovasi, Dan Aplikasi Pendidikan Fisika*. 7(2): 424.
- Schoefs B. (2002). Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Trends in food science & technology*, 13(11): 361-371.
- Siregar, H. F., dan A. Novita. 2021. Sosialisasi budidaya sistem tanam hidroponik dan veltikultur. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 3(1): 114.
- Syarief, E., S. Duryatmo, S. Angkasa, R. N. Apriyanti, A. A. Raharjo, K. Rizkika, D. S. Rahimah, A. Titisari,

- B. Setyawan, R. Vebriansyah, R. Fadhilah, H. Nugroho, dan M. Awaluddin. 2014. *Hidroponik Praktis*. Depok: PT. Trubus Swadaya.
- Syed, A. A., Khan, Z. A., Chattha, S. H., Shaikh, I. A., Ali, M. N. H. A., Bughio, Z. R., Dahri., S. H., Buriro, G. B. 2021. Comparative Assessment of Hydroponic and Geoponic Cultivation System for Sustainable Spinach Cultivation. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 34(4): 680-681.
- Yustiningsih, M. 2019. Intensitas cahaya dan efisiensi fotosintesis pada tanaman naungan dan tanaman terpapar cahaya langsung. *BIO-EDU: Jurnal Pendidikan Biologi*. 4(2): 45.
- Zheng, J., Ji, F., He, D., dan Niu, G. 2019. Effect of Light Intensity on Rooting and Growth of Hydroponic Strawberry Runner Plants in a LED. *Agronomy*. 9(875).