



Pemanfaatan Variasi Spektrum Cahaya Light Emitting Diode (LED) terhadap Pertumbuhan Tanaman

Sal Sabila Wardahtuz Tarita Putri*, Sudarti

Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP Universitas Jember
Jember 68121, Indonesia.

*email : salsabilawardahtuz@gmail.com

Received: 07 06 2022. Accepted: 28 06 2024. Published: 06 2024

ABSTRAK

Spektrum dan intensitas cahaya sangat berpengaruh dalam proses pertumbuhan tanaman karena keduanya membantu proses fotosintesis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh spektrum serta intensitas lampu LED terhadap pertumbuhan tanaman. Jenis penelitian yang digunakan adalah tinjauan artikel, dengan jumlah 20 artikel hasil penelitian yang relevan dari tahun 2014 hingga 2022. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 90% penelitian mendukung bahwa spektrum dan intensitas cahaya LED berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, sedangkan 10% sisanya tidak mendukung. Kesimpulan dari artikel ini adalah bahwa variasi spektrum cahaya LED dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: Spektrum cahaya, *Light Emitting Diode* (LED), Intensitas Cahaya, Tanaman, Pertumbuhan

UTILIZATION OF LED LIGHT SPECTRUM VARIATIONS ON PLANT GROWTH

ABSTRACT

The spectrum and intensity of light have a significant impact on plant growth as both assist in the process of photosynthesis. This study aims to examine the effects of LED light spectrum and intensity on plant growth. The type of research conducted is a review of articles, including 20 relevant research articles from 2014 to 2022. The results indicate that 90% of the studies support that LED light spectrum and intensity influence plant growth, while 10% do not. The conclusion of this article is that variations in LED light spectrum can affect plant growth..

Keywords: light spectrum, Light Emitting Diode (LED), Light intensity, Plant, Growth

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan wilayah yang beriklim tropis dan memiliki curah hujan yang tinggi sehingga seringkali menjadi kendala umum bagi petani Indonesia. Curah hujan yang tinggi mengakibatkan kurangnya penyinaran matahari sehingga proses

fotosintesis tidak sempurna. Seiring perkembangan teknologi pemanfaatan media penerangan merupakan salah satu alternatif yang baik agar pertumbuhan tanaman dapat berlangsung lebih cepat, bermutu tinggi dan meningkatkan jumlahnya. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memanipulasi



cahaya matahari adalah dengan menggunakan lampu LED atau Growing Light.

Lampu LED sangat tepat untuk meningkatkan produksi tanaman sayur-sayuran dan buah-buahan. Pada pagi hingga sore hari, tanaman mendapatkan cahaya dari sinar matahari, sementara pada malam hari, tanaman menerima cahaya dari lampu LED. Dengan memperpanjang durasi fotosintesis, tanaman akan menjadi lebih produktif secara ekonomi (Soo, R. M., et al., 2017). Akan tetapi agar tumbuhan sehat, sebaiknya disinari lampu LED tidak melampaui 14 – 16 jam setiap harinya (Namdar, D., et al., 2019). Sumber cahaya harus memiliki kualitas cahaya yang tepat untuk memulai dan mempertahankan fotosintesis. Klorofil dapat menyerap panjang gelombang merah (600-700 nm) sampai biru (400-500 nm), sehingga lampu yang dirancang untuk pertumbuhan tanaman harus memancarkan panjang gelombang ini. Lampu LED dapat memancarkan warna cahaya yang dapat mempercepat proses fotosintesis.

Untuk memenuhi kebutuhan intensitas cahaya, dapat dilakukan dengan pemberian intensitas cahaya yang bersumber dari lampu LED. Keuntungan penggunaan lampu LED diantaranya memiliki spektrum cahaya yang kecil, konsumsi daya listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan lampu neon dan lampu pijar, serta panas yang dihasilkan dari lampu LED lebih rendah dibandingkan dengan jenis lampu yang lain (Restiani et al, 2015). Tidak semua spektrum dapat diserap oleh tanaman. Warna cahaya yang diserap oleh tanaman yaitu cahaya merah dan biru, dimana cahaya merah dan biru baik untuk pertumbuhan tanaman, karena klorofil menyerap cahaya merah dan biru sehingga fotosintesis dapat berjalan

secara optimal. Berdasarkan penelitian Sugara (2012) di Amazing Farm Lembang, penerapan teknologi dengan penambahan penyinaran lampu LED dengan sistem budidaya aeroponik pada tanaman selada dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Tanaman dapat tumbuh optimal dengan tercukupinya intensitas dan kualitas cahaya yang dibutuhkan. Untuk memenuhi kebutuhan intensitas dan kualitas cahaya tersebut, lampu LED dapat digunakan karena konsumsi listriknya yang cukup rendah. Namun, warna cahaya lampu LED yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman belum diketahui. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemanfaatan warna cahaya lampu LED yang terbaik untuk pertumbuhan tanaman.

TEORI

1. Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan adalah proses bertambahnya jumlah protoplasma sel pada suatu organisme yang disertai dengan penambahan ukuran, berat, dan jumlah sel, yang bersifat tidak dapat kembali pada keadaan sebelumnya. Sedangkan perkembangan pada prinsipnya adalah tahapan-tahapan perubahan progresif yang terjadi dalam rentang kehidupan organisme, tanpa membedakan aspek-aspek yang terdapat dalam diri organisme tersebut. Pertumbuhan pada tumbuhan terjadi di daerah meristematis (titik tumbuh), yaitu bagian yang mengandung jaringan meristem. Jaringan ini terletak di ujung batang, ujung akar, dan kambium. Aktivitas jaringan meristem yang bila dibandingkan dengan jaringan meristem di kambium. Oleh karena itu

pertumbuhan pada tumbuhan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu pertumbuhan primer dan pertumbuhan sekunder.

Pertumbuhan pada makhluk hidup bersel banyak (multiseluler) ditandai dengan penambahan ukuran sel (sel bertambah besar dan panjang) dan penambahan jumlah sel. Sedangkan pertumbuhan pada makhluk bersel satu (uniselular) ditandai dengan penambahan ukuran sel. Adanya proses pertumbuhan ini dapat diukur dan dinyatakan secara kuantitatif. Tanaman yang bertambah panjang di tempat gelap belum dikatakan tumbuh walaupun volumenya bertambah, karena bobot kering sebenarnya menurun akibat respirasi yang terus berlangsung, sedangkan fotosintesa tidak terjadi. Dalam keadaan normal pertumbuhan bukan saja penambahan volume tetapi juga diikuti oleh penambahan bobot kering. Proses pertumbuhan tanaman terdiri dari pembelahan sel, lalu diikuti oleh pembesaran sel dan terakhir adalah difrensiasi sel. Pertumbuhan hanya terjadi pada lokasi tertentu saja, yaitu pada jaringan meristem. Jaringan meristem adalah jaringan yang sel-selnya aktif membelah.

2. *Light Emiting Diodes*(LED)

Light Emiting Diodes (LED) adalah suatu semikonduktor yang memancarkan cahaya monokromatik atau bisa diartikan sebagai diode yang memancarkan cahaya bila dialirkan arus listrik. Semikonduktor adalah material yang dapat bertindak sebagai konduktor (pengantar arus listrik) dan isolator (penahan arus listrik). Lampu LED memancarkan cahaya semesta-mata oleh pergerakan elektron pada material. Lampu

LED terdiri dari bahan /material semikonduktor yang memancarkan gelombang cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia dan memancarkannya dalam jumlah besar. Bahan semikonduktor dibungkus dalam plastik sehingga mengkonsentrasikan cahaya yang dihasilkan pada arah tertentu. Bahan plastik penutup dapat juga diberi warna, namun hal ini hanya untuk estetika dan memperkuat tampilan warna yang dihasilkan. Pewarnaan plastik ini tidak berpengaruh pada gelombang warna yang dihasilkan bergantung pada bahan semikonduktor yang dipakai.

A. Lampu LED hijau

LED hijau terdiri dari beberapa material seperti Indium Gallium Nitride (InGaN), Gallium (III) Nitride (GaN), Gallium (III) Phosphide (GaP), Aluminium Gallium Indium Phosphide (AlGaInP), dan Aluminium Gallium Phosphide (AlGaP). LED hijau memiliki panjang gelombang 500–570 nm. Dibandingkan dengan warna biru dan merah, lampu LED hijau kurang baik untuk tanaman karena tanaman hijau tidak dapat menyerap warna hijau dengan efektif (Mochizuki, Y., et al., 2019)

B. Lampu LED merah

Terdiri dari beberapa material yaitu Aluminium gallium arsenide (AlGaAs) Gallium arsenide phosphide (GaAsP) Aluminium gallium indium phosphide (AlGaInP) Gallium (III) phosphide (GaP) dengan panjang gelombang 610 – 760 nm. Warna merah bagus untuk pertumbuhan tanaman karena klorofil menyerap cahaya ini sehingga fotosintesis berjalan optimal, fitokrom-pigmen merah menyerap cahaya merah sehingga ukuran tanaman lebih besar (tangkai daun panjang dan bentuk

daun mencapai ukuran ideal) (Mochizuki, Y., et al., 2019).

C. Lampu LED kuning

Terdiri dari beberapa material seperti Gallium Arsenide Phosphide (GaAsP), Aluminium Gallium Indium Phosphide (AlGaInP), dan Gallium (III) Phosphide (GaP) dengan panjang gelombang 570 – 590 nm, warna lampu kuning diperlukan dalam fotosintesis dalam jumlah sedikit sehingga tidak berpengaruh terhadap pembentukan tanaman (Lin, K. H., et al., 2020)

D. Lampu LED biru

Terdiri dari beberapa material seperti Zinc Selenide (ZnSe) dan Indium Gallium Nitride (InGaN) dengan panjang gelombang 450 – 500 nm, lampu berwarna biru sangat baik untuk pertumbuhan tanaman karena klorofil menyerap cahaya biru dengan baik, sehingga fotosintesis dapat berlangsung secara optimal. (Mochizuki, Y., et al., 2019)

E. Lampu LED putih

Terdiri dari beberapa material seperti Biru / UV dioda dengan fosfor kuning dan memiliki spectrum (panjang gelombang) yang luas (Bois, C., et al., 2012)

BAHAN DAN METODE

Metode penelitian yang digunakan adalah *article review*, dengan jumlah 25 artikel hasil penelitian dari tahun 2017 sampai 2022. Penelitian dilakukan dengan *article review*, yaitu mengumpulkan data dan membandingkan data dari 20 artikel tentang pemanfaatan spektrum warna serta intensitas lampu LED terhadap pertumbuhan tanaman.

Teknik pengumpulan datanya ialah dengan cara mengumpulkan data

dari berbagai sumber yang relevan, yaitu skripsi, buku, artikel nasional maupun internasional. Data yang didapat yaitu pemanfaatan warna cahaya lampu LED yang baik untuk pertumbuhan tanaman. Teknik analisis data digunakan menganalisis data yang diperoleh. Data yang diperoleh digunakan sebagai bahan untuk mengkaji pemanfaatan warna cahaya lampu LED yang baik untuk pertumbuhan tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Menurut Kartika, *et al* (2017) menyatakan bahwa interaksi yang terjadi pada pertumbuhan tanaman selain disebabkan oleh adanya perbedaan panjang gelombang cahaya, disebabkan pula oleh pigmen warna pada masing-masing mahkota bunga. Ketika cahaya dengan berbagai panjang gelombang mengenai sebuah tumbuhan, maka molekul klorofil akan menyerap foton (partikel-partikel cahaya) yang kemudian menyebabkan transisi molekul klorofil dari kondisi dasar (*ground state*) ke kondisi tereksitasi (*excited state*). Kemudian foton mendorong elektron ke suatu orbital tempat elektron tersebut memiliki lebih banyak energi potensial. Kemudian apabila molekul yang disinari berada dalam kondisi terisolasi, maka elektron yang tereksitasi akan segera jatuh kembali ke orbital kondisi dasar (*ground state*), dan adapun kelebihan energinya akan dilepaskan sebagai panas dan fluoresensi (cahaya).

Menurut Glowacka (2014) dalam penelitiannya pada komoditas tomat, menjelaskan bahwa pemberian cahaya biru dengan panjang gelombang kisaran (490-435 nm) pada komoditas tomat akan menyebabkan terjadinya akumulasi protein, dimana cahaya biru menghasilkan bahan untuk

mempromosikan akumulasi protein dan non-karbohidrat, sehingga tanaman yang dipapari cahaya biru dengan lama waktu pemaparan selama 3 jam menghasilkan tanaman tumbuh lebih tinggi, dibandingkan dengan tanaman yang tanpa dipapari cahaya biru.

Dari proses fotosintesis akan menghasilkan ukuran tanaman yang lebih besar (panjang daun dan bentuk daun mencapai ukuran ideal) dibandingkan dengan tanaman yang tanpa dipapari lampu. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (Darmodjo dan Kaligis, 2014) warna cahaya merupakan faktor esensial pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Cahaya memegang peranan penting dalam proses fisiologis tanaman, terutama fotosintesis, respirasi, dan transpirasi. Penelitian ini membuktikan bahwa lampu LED (Light Emitte Dioda) warna merah dengan panjang gelombang kisaran (750-626 nm) dan biru dengan panjang gelombang kisaran (490-435 nm) berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman krisan. Adapun tanaman krisan yang dipapari lampu warna merah dan biru dengan daya 3 watt dan waktu pemaparan selama 3 jam mampu meningkatkan proses fotosintesis, sehingga menghasilkan ukuran tanaman yang lebih besar. Penelitian Haryadi (2017) menunjukkan bahwa penambahan cahaya kuning pada tanaman pandan dengan daya 3 watt dan waktu pemaparan 3 jam (21.00-23.00) secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dan kapasitas fotosintesis bibit tanaman pandan.

1. Tinggi Tanaman

Berdasarkan penelitian Wiguna, *et all*(2017) nilai rata-rata tinggi tanaman krisan pada minggu ke-8 nilai tertinggi diperoleh pada tanaman dengan perlakuan

penambahan warna cahaya lampu LED warna merah yaitu 71,50 cm dan nilai rata-rata tinggi tanaman krisan pada minggu ke-8 nilai terendah diperoleh pada tanaman krisan dengan perlakuan penambahan warna cahaya lampu LED warna hijau yaitu 62,50 cm. Menurut Zainal (2012) cahaya spektrum warna yang paling berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman adalah cahaya tampak yang memiliki gelombang terpanjang dan terpendek. Tanaman krisan memiliki standar untuk tinggi tanaman yang dapat diterima dipasaran sesuai Standar Nasional yang sudah ditetapkan dengan masing-masing kelas mutu dengan tinggi minimal 50 cm serta kelas mutu terbaik dengan tinggi ≥ 80 cm (SNI 01-4478-1998). Dari hasil penelitian untuk tinggi tanaman setiap perlakuan sudah dapat mencapai tinggi standar tanaman krisan yang dapat diterima dipasaran. Penambahan cahaya warna lampu LED dapat meningkatkan tinggi tanaman krisan. Hal ini sama dengan hasil penelitian yang dihasilkan oleh Ermawati (2011) menggunakan warna cahaya tambahan lampu yang dibungkus dengan kertas warna putih, merah dan biru yaitu pemberian cahaya tambahan dengan berbagai warna dapat meningkatkan tinggi tanaman krisan.

2. Diameter Batang

Hasil penelitian Syafriyudin dan Ledhe (2015) menyatakan diameter batang tanaman krisan mengalami peningkatan yang sangat signifikan pada minggu kedua setelah pindah tanam, setelah itu peningkatan terus terjadi dalam jangka waktu yang lama dan kenaikan yang sedikit. Pemberian cahaya tambahan dengan berbagai

warna tidak berpengaruh terhadap tujuh varietas tanaman krisan yang diteliti.

3. Lebar Daun

Dari hasil pengamatan Putri, *et al*(2021) rata-rata jumlah banyak daun pada tanaman *microreens pakcoy* (*Brassica Rapa Subsp.chinensis*) selama 9 hari saat tanaman berumur 2 hari setelah tanam, diperoleh sampel pada kelompok kontrol rata-rata banyak banyak daun sebanyak 1,55 cm, sedangkan untuk kelompok eksperimen yang diberi perlakuan warna merah rata-rata banyak daun yang dihasilkan pada intensitas lampu dengan daya 3 watt sebanyak 2,20 cm, kemudian untuk rata-rata banyak daun yang dihasilkan pada intensitas lampu dengan daya 9 watt sebanyak 2,39 cm, dan rata-rata banyak daun yang dihasilkan pada intensitas lampu dengan daya 15 watt sebanyak 2,45 cm. Untuk kelompok eksperimen yang diberi perlakuan warna biru rata-rata banyak daun yang dihasilkan pada intensitas lampu dengan daya 3 watt sebanyak 2,23 cm, kemudian untuk rata-rata banyak daun yang dihasilkan pada intensitas lampu dengan daya 9 watt 3,44 cm.

4. Kadar Klorofil

Berdasarkan penelitian As'adiya(2020) terjadi interaksi antara jenis lampu dan lama penyinaran terhadap pertumbuhan dan kualitas nutrisi microgreen kangkung kecuali pada kandungan klorofil dan kandungan vitamin C. Kombinasi perlakuan C3T1 (LED Kuning + 6 jam) menghasilkan panjang tanaman tertinggi yaitu 6,47 cm pada 7 HST, jumlah daun sebesar 2,00 helai untuk semua perlakuan dan kombinasi C2T1 (LED Biru dan 6 jam) menghasilkan kandungan karoten tertinggi yaitu

5,59 $\mu\text{mol/L}$, kandungan TPT (Total Padatan Terlarut) C2T2 (LED Biru + 12 jam) dan C3T2 (LED Kuning +12 jam) tertinggi yaitu 3,00 °Brix.

Berdasarkan hasil penelitian Novinanto dan Setiawan (2019) menyatakan bahwa kadar klorofil a, klorofil b dan total klorofil pada tanaman selada antar semua perlakuan tidak berbeda nyata. Menurut Sayekti *et al.*, (2017) kandungan klorofil dipengaruhi oleh intensitas cahaya, dimana intensitas cahaya memiliki peranan penting dalam proses fotosintesis klorofil berhubungan dengan jumlah energi yang diterima untuk melakukan proses fotosintesis. Kandungan klorofil pada perlakuan spektrum cahaya merah dan biru tidak berbeda nyata dengan spektrum cahaya warna putih, meskipun kandungan klorofil tertinggi pada didapat pada perlakuan pemberian cahaya warna merah (Wicaksono, 2014). Nilai tertinggi yaitu pada perlakuan 100 watt putih dengan dengan parameter klorofil a dan total klorofil. Dimana pada perlakuan klorofil b nilai tertinggi pada perlakuan 200 watt grow light dimana daya lampu dan warna cahaya tidak mempengaruhi terhadap pertumbuhan tanaman selada meskipun pada perlakuan 100 watt putih memperoleh hasil tertinggi.

5. Jumlah Daun

Hasil penelitian Novinanto dan Setiawan (2019) menyatakan pada perlakuan 300 watt grow light dan 300 watt putih tidak berbeda nyata, akan tetapi berbedanya dengan perlakuan yang lain, dimana pada perlakuan 300 watt grow light memiliki jumlah daun terbanyak dengan rata-rata daun sejumlah 18,25 helai, dimana pada perlakuan ini menggunakan lampu

LED 300 watt. Pada perlakuan 300 watt grow light tanaman memperoleh cahaya yang cukup dan warna cahaya perpaduan antara cahaya ungu dan merah, berdasarkan penelitian Mikrajuddin (2017) dimana pada tanaman yang ditanam pada cahaya merah dan ungu membuat tanaman mengalami pertumbuhan tanaman yang lebih cepat dan jumlah daun semakin banyak, sehingga pertumbuhan tanaman dapat tumbuh maksimal dan tanaman tidak mengalami etiolasi, dengan ditunjukkan batang daun yang pendek dan jarak antar ruas daun sangatlah rapat serta daun yang lebih lebar dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Menurut Pertamawati (2010), Proses fotosintesis akan optimal apabila daun yang menjadi tempat berlangsungnya proses fotosintesis memiliki jumlah daun yang banyak, dimana semakin banyak jumlah daun serta memiliki luas daun yang besar, dapat menangkap cahaya lebih tinggi sehingga pertumbuhan tanaman dapat tumbuh maksimal. Jumlah daun akan mempengaruhi perkembangan tanaman, dimana semakin banyak jumlah daun maka semakin banyak cahaya yang ditangkap pula sehingga proses fotosintesis meningkat.

6. Korelasi Sumber Cahaya dan Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan Tanaman

Hasil penelitian Lindawati, *et al* (2015) menyatakan bahwa rata-rata tinggi tanaman yang tertinggi yakni pada P4 (penyinaran selama 20 Jam) sebesar 24,8 cm. Hal ini diduga tanaman mengalami etiolasi yaitu pertumbuhan tanaman akan lebih cepat tetapi menjadi kurus dan tidak mengalami perkembangan daun, hal ini sesuai

dengan pengamatan luas daun dan berat brangkasan total. Tanaman mengalami etiolasi bisa disebabkan karena tanaman kurang mendapatkan cahaya. Sedangkan pada perlakuan P0 (penyinaran cahaya matahari langsung) tanaman pakcoy tumbuh secara normal karena cahaya matahari akan menghambat kerja hormon auksin yang berperan dalam proses pemanjangan sel. Hal ini sependapat dengan pernyataan Lukitasari (2012), bahwa tanaman kedelai dengan cahaya 25% mengalami etiolasi, sehingga batang tanaman tumbuh lebih cepat di dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sebaliknya, pada perlakuan dengan cahaya 100% menunjukkan tinggi tanaman terlihat pendek tetapi pertumbuhan tanaman terlihat lebih baik dengan batang tanaman lebih kokoh dan berwarna hijau tua.

7. Parameter Hasil Panen

Hasil penelitian Novinanto dan Setiawan (2019) menyatakan tanaman selada dapat dipanen pada umur 30 hari setelah pindah tanaman. Berdasarkan hasil uji lanjut BNJ menggunakan taraf nyata 5%, pada parameter berat berangkasan basah tajuk, berat berangkasan basah akar perlakuan 300 watt grow light menunjukkan hasil terbaik, dibandingkan dengan parameter yang lain.

KESIMPULAN

Pemanfaatan spektrum cahaya lampu LED yang baik untuk pertumbuhan tanaman sebelumnya telah dilakukan banyak penelitian. Pemanfaatan lampu LED dengan variasi spektrum cahaya yang bermacam-macam hingga daya lampu yang dapat meningkatkan intensitas cahaya dari

lampu tersebut. Paparan lampu LED (*Light Emitte Dioda*) dapat mempengaruhi laju fotosintesis dan pertumbuhan tanaman. Adapun warna cahaya yang paling efektif untuk menggerakkan fotosintesis adalah merah dan biru, karena warna cahaya tersebut dapat diserap oleh tumbuhan. Sedangkan cahaya warna kuning merupakan pigmen aksesori yang mencakup karotenoid, yang mana pigmen tersebut dapat meneruskan energi ke klorofil sehingga dapat menggerakkan fotosintesis. Pemanfaatan lampu LED (*Light Emitte Dioda*) dapat dikembangkan oleh petani sebagai penambahan penerangan alternatif ketika cuaca mendung.

DAFTAR PUSTAKA

- As' adiya, L. (2020). Pengaruh Lama Penyinaran Lampu LED Merah, Biru, Kuning terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Nutrisi Microgreen Kangkung (*Ipomoea reptant*) (Doctoral dissertation, Universitas Islam Malang). *Skripsi*. UNIVERSITAS ISLAM MALANG. Malang
- Azis, S. (2018). Pengaruh Daya Lampu Led Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus Sp.*). Skripsi S1, Prodi Fisika, UIN Alauddin Makassar.
- Bois, C., Bodrogi, P., Khanh, T. Q., & Winkler, H. (2012). White LED light characteristics as a function of phosphor particle size. *ECS Journal of Solid State Science and Technology*, 1(5), R131.
- Ermawati, D., Indradewa, D., & Trisnowati, S. (2011). Pengaruh warna cahaya tambahan terhadap pertumbuhan dan pembungaan tiga varietas tanaman krisan (*Chrysanthemum morifolium*) potong. *Vegetalika*, 1(3), 31-42.
- Haerani T. 2018. Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis Lampu Terhadap Pertumbuhan Bayam (*Amaranthus sp.*). *Skripsi*: UIN Alauddin Makassar
- Haryadi Rudi, Denis Saputra. (2017). Pengaruh Cahaya Lampu 15 Watt Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pandan (*Pandanus Amaryllifolius*). *Jurnal untirta* vol 3 no 2 (100-109)
- Hasanah, F., Sari, M. S., Legowo, S., Saefullah, A., Fatimah, S. (2018). Pengaruh Intensitas Spektrum Cahaya Warna Merah Dan Hijau Terhadap Perkecambahan Dan Fotosintesis Kacang Hijau (*Vigna Radiata L.*). *GRAVITY*. 4 (2)
- Komala Dyah Fajar (2017). Otomatisasi Pengendalian Pencahayaan Untuk Tanaman Selada (*Lactuca Sativa L.*) Dengan Sistem Tanam Hidroponik Di Dalam Greenhouse. *Skripsi*. Program Studi Fisika Jurusan Pendidikan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Yogyakarta.
- Lestari, D. I., Azizah, L. N., Nisa, K. A., Nurbaiti, U., Fianti. (2021). Pengaruh Spektrum Cahaya Terhadap Perkecambahan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (Jupiter)*, 3 (1)
- Lin, K. H., Shih, F. C., Huang, M. Y., & Weng, J. H. (2020). Physiological characteristics of photosynthesis in yellow-green, green and dark-green Chinese Kale (*Brassica oleracea L. var. alboglabra musil.*) under varying light intensities. *Plants*, 9(8), 960.

- Lukitasari, M. (2012). Pengaruh Intensitas Cahaya Matahari Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine Max*). PKM-AI IKIP PGRI.
- Abdulah, M. (2017). Keefektifan Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kacang Hijau. *Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 4(2), 93-102.
- Mochizuki, Y., Sekiguchi, S., Horiuchi, N., Aung, T., & Ogiwara, I. (2019). Photosynthetic characteristics of individual strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) leaves under short-distance lightning with blue, green, and red led lights. *HortScience*, 54(3), 452-458.
- Namdar, D., Charuvi, D., Ajjampura, V., Mazuz, M., Ion, A., Kamara, I., & Koltai, H. (2019). LED lighting affects the composition and biological activity of *Cannabis sativa* secondary metabolites. *Industrial Crops and Products*, 132, 177-185.
- Novinanto, Antonius., Setiawan, A. W. (2019). Pengaruh Variasi Sumber Cahaya Led Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Selada (*Lactuca Sativa* Var. *Crispa* L) Dengan Sistembudidaya Hidroponik Rakit Apung. *AGRIC*. 31(2): 193-206
- Nuraini, U. H. (2018). Pengaruh Warna Cahaya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sayur Bayam (*Amaranthus gangeticus*). *Skripsi: UIN Alauddin Makassar*
- Nurdianna, D., Retno, B. A. P., Dwi H., (2018). Penggunaan Beberapa Komposisi Spektrum Led Pada Potensi dan Hasil Hidroponik Indoor Selada Keriting Hijau. *Jurnal Agrosains*. Vol 20(1): 1-6
- Pertamawati. (2010). Pengaruh Fotosintesis Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (*Solanium Tuberosum* L.) dalam Lingkungan Fotoautotrof Secara Invitro. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*. 12(1): 31-37.
- Putri, A. S., Yushardi, S. (2020). 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)
- Restiani AR, Triyono S, Tusi A, Zahab R. (2015). Pengaruh jenis lampu terhadap pertumbuhan dan hasil produksi tanaman selada (*Lactuca sativa* L.) dalam sistem hidroponik indoor. *Jurnal teknik pertanian Lampung*. 4 (3): 219 – 226.
- Sayekti, S. E. H., dan Muhaemin, M., (2015). Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Kandungan klorofilA dan -C *Zooxanthellae* Dari Isolat Karang Lunak *Zoanthus* sp. *Jurnal maspari* 9(1):61-68
- Soo, R. M., Hemp, J., Parks, D. H., Fischer, W. W., & Hugenholtz, P. (2017). On the origins of oxygenic photosynthesis and aerobic respiration in Cyanobacteria. *Science*, 355(6332), 1436-1440.
- Sudartini, Tini., Maulidah, Rifa'atul. (2019). Pengaruh Warna Sungkup Sebagai Penyaring Cahaya Tampak Terhadap Pertumbuhan

Bibit Anggrek Dendrobium Pada Teknik Semi Hidroponik. *Media Pertanian*. 4(2): 69-80

Sulistyaningsih, E., Kurniasih, B., & Kurniasih, E. (2005). Pertumbuhan dan hasil caisin pada berbagai warna sungkup plastik growth and yield of mustard greens in many convex plastic covers. *Ilmu Pertanian*, 12(1), 65-76.

Wicaksono, G. (2014). Pengaruh Pemberian Spektrum Cahaya Berbeda Terhadap Kandungan Klorofil *Spirulina* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.

Wiguna, I. K. W., Wijaya, I. M. A. S., & Nada, I. M. (2017). Pertumbuhan tanaman krisan (*Crhysantemum*) dengan berbagai penambahan warna cahaya lampu LED selama 30 hari pada fase vegetatif. *BETA (Biosistem dan Tek. Pertanian)*, 3(2), 1-11.

Zulviana, V., Kirom, M. R., Rosdiana, E. (2020). Analisis Pengaruh Intensitas Cahaya Led (*Light Emitting Diode*) Dengan Warna Merah, Biru, Dan Putih Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica Rapa Var Parachinensis*) Di Dalam Ruang. *e-Proceeding of Engineering* 7(1).