

Growth and Yield of Cowpea Microgreens (*Vigna unguiculata* L. Walp) under Different LED Light Intensities and Growing Media

Steven De Wiliem^{1*} & Darul Zumani¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Siliwangi, Tasikmalaya, Indonesia;

Article History

Received : June 19th, 2025

Revised : June 26th, 2025

Accepted : July 02th, 2025

*Corresponding Author: Steven

De Wiliem, Program Studi

Agroteknologi, Fakultas

Pertanian, Universitas

Siliwangi, Tasikmalaya,

Indonesia;

Email:

stevendewiliem@gmail.com

Abstract: Cowpea microgreens (*Vigna unguiculata* L. Walp) are nutrient-rich foods with high nutritional content. The objective of this research was to ascertain how growing medium and 6500K white LED light intensity affected the development and production of cowpea microgreens. This investigation was conducted in January and February of 2025 in Nagarawangi Village, Cihideung Subdistrict, Tasikmalaya City, at a height of 355 meters above sea level. Using a factorial randomised block design, the research used an experimental approach with two components: two kinds of growth medium (m1 (rockwool) and m2 (vermicompost)) and five degrees of light intensity (i0 (control), i1 (3000 lux), i2 (4000 lux), i3 (5000 lux), and i4 (6000 lux). Every therapy was carried out three times. The observational data were analyzed at a significance level of 5% using the Analysis of Variance (ANOVA) and Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The findings indicated that fresh weight and germination speed parameters were influenced by both growth material and light intensity. Microgreens' height and germination rate were influenced by light intensity and growth medium separately. Based on the results, the treatment of 5000 lux light intensity with rockwool growing media produced the best growth and yield of cowpea microgreens (*Vigna unguiculata* L. Walp).

Keywords: 6500K white LED, cowpea growing media, light intensity microgreen, rockwool, vermicompost.

Pendahuluan

Peningkatan kesadaran masyarakat akan gaya hidup sehat mendorong kenaikan konsumsi buah dan sayur dari 226,2 gram per kapita per hari pada 2021 menjadi 237,5 gram per kapita per hari pada 2022 (Badan Pangan Nasional, 2023). Diiringi dengan alih fungsi lahan pertanian akibat pertumbuhan jumlah penduduk menyebabkan berkurangnya lahan pertanian sehingga diperlukan inovasi bertani di lahan terbatas dengan konsep urban farming. Tren urban farming atau pertanian perkotaan saat ini yaitu budidaya tanaman secara indoor, salah satunya yaitu *microgreen*. *Microgreen* telah populer di kalangan konsumen yang sadar akan gaya hidup sehat (Harakotr *et al.* 2019). Dibandingkan dengan pertanian konvensional, budidaya *microgreen* lebih sehat dan ramah lingkungan karena pada umumnya tidak memerlukan atau hanya membutuhkan sedikit pestisida, pupuk sintetis, maupun bahan kimia lainnya, tergantung

pada skala produksinya (Maseva *et al.* 2023).

Berbagai spesies tanaman sayuran dan herba yang telah membentuk kotiledon secara lengkap, baik pasangan daun asli pertama telah muncul atau belum (Xiao *et al.* 2012). Tergantung pada spesiesnya, pemanenan *microgreens* biasanya dilakukan 7–21 hari setelah penanaman. Untuk memanen, potong *microgreen* tanpa akar, tepat di atas permukaan media tanam. Batang, kotiledon yang telah terbentuk sepenuhnya, dan daun asli pertama adalah komponen yang dimakan. Sedangkan akar, batang, dan biji kotiledon yang belum terbuka dipanen dari kecambah, antara tiga dan lima hari proses perkembangan. Sedangkan baby greens dipanen pada usia 21 sampai dengan 40 hari, dengan batang dan beberapa daun yang mulai mengeras, seperti putren (jagung muda). Adapun sayuran dewasa atau matured vegetables biasanya dipanen pada usia 40 sampai dengan 60 hari dan memiliki tekstur yang lebih keras dibandingkan baby greens (Salim, 2021).

Salah satu tanaman yang dapat dibudidayakan dan dikonsumsi sebagai sayuran hijau adalah kacang tunggak (Butkute *et al.* 2019). Sebagai tanaman dengan berbagai kegunaan, kacang tunggak dapat dimakan sebagai sayuran segar atau sebagai komponen dalam makanan lain (Sri *et al.* 2011). Sebagai bahan pangan, kacang tunggak mengandung protein (23,4%), karbohidrat (56,8%) dan kandungan lemak yang rendah pada biji (1,3%) (Kasno, & Moedjiono, 2001). Sayuran kacang tunggak mampu mengurangi malnutrisi protein, kalori dan defisiensi zat besi di negara-negara seperti Nigeria, Tanzania, Uganda, Ethiopia, dan Afrika Selatan (Enyikwu *et al.* 2018).

Budidaya tanaman secara indoor merupakan teknik budidaya yang dalam prosesnya membutuhkan cahaya buatan yang dapat mendukung proses fotosintesis tanaman. Sumber cahaya buatan yang digunakan untuk budidaya tanaman secara indoor memerlukan sinar yang memancarkan gelombang cahaya tampak, yaitu lampu LED (*light emitting diode*). Karena efisiensi energinya, LED menjadi sumber cahaya buatan umum digunakan sebagai pengganti sinar matahari dalam sistem pertumbuhan tanaman dalam ruangan (Sakhonwasee *et al.* 2017). LED banyak digunakan dalam budidaya berbagai jenis tanaman, khususnya tanaman hortikultura (Sumi *et al.* 2024). LED telah diterapkan untuk keperluan pertanian dan budidaya microgreen (Flores *et al.* 2024).

Warna lampu LED putih efektif digunakan untuk budidaya microgreen secara indoor. Studi oleh (Nozue *et al.* 2018) menyatakan bahwa penggunaan lampu LED putih spektrum luas bernilai ekonomis dan dapat memacu pertumbuhan tanaman selada secara indoor. Penggunaan LED putih efektif sebagai pencahayaan ruangan dan sumber cahaya fotosintesis tanaman, tanpa menyebabkan ketidaknyamanan visual yang ditimbulkan oleh LED monokromatik biru dan merah (Sharakhane, 2017). Menurut Zare *et al.* (2024), cahaya LED putih memiliki spektrum luas menyerupai sinar matahari alami, efektif pada fase vegetatif tanaman berdasarkan pengukuran luas daun, berat kering akar, dan tinggi tanaman. Cahaya LED putih dapat meningkatkan laju fotosintesis karena mampu menstimulasi pigmen dan fotoreseptor (Hammock, 2023).

Cahaya siang hari yang sejuk, atau 6500 Kelvin, adalah suhu warna lampu LED yang ideal untuk penanaman microgreen. Lampu LED

dengan suhu warna 6500 Kelvin sangat sesuai untuk pertumbuhan microgreen karena kemampuannya meniru sinar matahari alami (Ruppenthal, 2012). Spektrum cahaya dengan temperatur warna 6500K efektif untuk pertumbuhan tanaman karena kaya akan cahaya biru yang penting bagi fase vegetatif (Cavallaro, & Muleo, 2022). Selain itu, spektrum 6500K juga mengandung cahaya merah yang dapat mendukung fotosintesis pada berbagai tahap perkembangan tanaman, mulai dari pembenihan hingga pembungaan (Shiren *et al.* 2023).

Karena intensitas cahaya memengaruhi pertumbuhan, biomassa, dan pembentukan klorofil, hal ini menjadi pertimbangan penting saat menanam tanaman di dalam ruangan. Namun, cahaya yang berlebihan juga dapat menyebabkan stomata tertutup, meningkatkan suhu daun, dan membunuh klorofil, hal ini dapat menurunkan kadar klorofil dan menghentikan fotosintesis. Intensitas cahaya yang lebih tinggi memungkinkan klorofil menyerap lebih banyak energi. Sedangkan intensitas cahaya yang tidak mencukupi, dapat menurunkan produksi pigmen, yang menurunkan kadar klorofil, sehingga mengganggu proses fotosintesis (Mustofa, 2022). Intensitas cahaya sangat penting untuk menentukan efektivitas pencahayaan dalam mendukung proses fotosintesis pada tanaman, di mana tingkat intensitas yang tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Saidah, 2010). Intensitas cahaya yang ideal untuk mendukung pertumbuhan tanaman umumnya berada dalam kisaran 1000 sampai dengan 4000 lux (Ariany *et al.* 2013). Sedangkan menurut Schramm (2018), intensitas cahaya 1000 sampai dengan 6000 lux menghasilkan pertumbuhan microgreen yang optimal.

Media tanam merupakan elemen penting dalam pembentukan microgreen. Untuk meningkatkan potensi perkembangan tanaman secara maksimal, pemilihan media tanam yang tepat sangatlah penting. Media tanam ini berfungsi untuk mempertahankan kelembapan di sekitar akar selain memberi tanaman nutrisi dan oksigen yang dibutuhkannya (Gustia, & Rosdiana, 2019). Media tanam harus mampu memberikan dukungan yang stabil, memiliki drainase dan aerasi yang cukup, serta tidak menyebabkan penyakit pada tanaman (Mamonto *et al.* 2019). Selain itu, media tanam yang ideal sebaiknya mudah diperoleh, berasal dari sumber yang dapat diperbarui, dan memiliki harga yang terjangkau (Gofar *et al.* 2022). Untuk

perkembangan terbaik, media ini juga harus mampu mengikat nutrisi dan air secara efektif, menyediakan udara di sekitar akar (Pinto *et al.* 2015). Media tanam untuk budidaya microgreen dapat menggunakan berbagai media, seperti rockwool dan vermikompos.

Rockwool merupakan media tanam anorganik yang terdiri dari serat-serat berongga yang menyerupai spons. Rockwool berasal dari batuan basaltik (lava padat) yang dilelehkan pada suhu 1.500 °C. Setelah itu, bahan tersebut diberi tekanan tinggi hingga membentuk lembaran, yang kemudian dipotong menjadi lempengan, balok, atau kubus (Zade *et al.* 2023). Media tanam rockwool menghasilkan kadar air tertinggi pada microgreen dibandingkan dengan cocopeat dan tanah. Hal ini disebabkan oleh kandungan ruang pori rockwool yang mencapai 95%, sehingga kapasitasnya untuk menahan air sangat besar (Pamungkas *et al.* 2021).

Vermikompos adalah produk yang dihasilkan dari penguraian material organik oleh cacing tanah melalui proses vermikomposting. Selain mempromosikan metode pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan, mikroorganisme yang ditemukan dalam produk pemecahan dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, dan menyediakan nutrisi yang mudah diserap oleh tanaman (Şahin *et al.* 2018). Menurut penelitian Weber (2016), microgreen selada dan kubis yang dipanen pada usia 7 hari dan ditanam dalam media vermikompos memiliki kandungan nutrisi yang lebih besar daripada yang ditanam secara hidroponik, baik dalam hal makronutrien maupun mikronutrien.

Vermikompos, microgreen kubis mengandung besi (mikronutrien) sebesar 187,19 µg/gdw dan kalium (makronutrien) sebesar 42,99 mg/gdw, sedangkan pada hidroponik hanya mengandung 121,35 µg/gdw untuk besi dan 12,34 mg/gdw untuk kalium. Selain itu, microgreen selada yang ditanam pada vermikompos mengandung seng (mikronutrien) sebesar 200,97 µg/gdw, lebih tinggi dibandingkan dengan hidroponik yang hanya mengandung 143,49 µg/gdw untuk seng, sehingga dalam penelitian yang dilakukan oleh Weber (2016), menyatakan bahwa media tanam vermikompos lebih efektif dalam meningkatkan kandungan nutrisi, baik makro maupun mikro, dibandingkan dengan media pertumbuhan nir tanah menggunakan nutrisi hidroponik dengan kandungan N, P, dan K dengan rasio 2-1-6.

Hubungan antara intensitas cahaya dan media tanam dalam budidaya microgreen menunjukkan peran penting masing-masing faktor dalam mempengaruhi pertumbuhan dan hasil microgreen. Intensitas cahaya yang ideal, seperti 3000 sampai dengan 6000 lux, meningkatkan biomassa segar dan kandungan nutrisi, seperti klorofil, vitamin, dan β-karoten. Namun, terlalu banyak cahaya dapat merusak klorofil, dan terlalu sedikit cahaya dapat mengurangi sintesis pigmen, yang menghambat fotosintesis.

Media tanam berperan penting sebagai penopang, penyedia nutrisi, dan pengatur kelembaban yang mendukung proses pertumbuhan tanaman di bawah intensitas lampu LED. Media tanam, seperti vermikompos dan rockwool, memberikan dukungan optimal untuk pertumbuhan microgreen. Vermikompos mampu meningkatkan kandungan nutrisi microgreen, termasuk besi dan kalium, sementara rockwool dengan porositas tinggi meningkatkan retensi air yang diperlukan untuk proses fotosintesis yang optimal. Berdasarkan latar belakang di atas, dengan memadukan intensitas cahaya dan media tanam yang ideal, budidaya microgreen secara indoor dapat menjadi solusi berkelanjutan terutama di lahan terbatas serta mendukung pengembangan urban farming sebagai inovasi dalam memenuhi kebutuhan pangan sehat di perkotaan.

Bahan dan metode

Metode penelitian

Percobaan ini dilakukan dengan memanfaatkan rancangan acak kelompok (RAK) pola faktorial. Perlakuan percobaan terdiri dari 2 faktor yaitu faktor pertama intensitas cahaya LED (I) dan faktor kedua media tanam (M). Faktor pertama intensitas cahaya LED (I) memiliki lima taraf, yaitu i0 (tanpa cahaya), i1 (3000 lux), i2 (4000 lux), i3 (5000 lux), dan i4 (6000 lux). Dua taraf yang menyusun unsur kedua media tanam (M) adalah m1 (rockwool) dan m2 (vermikompas). Peralatan yang disiapkan adalah lampu LED putih 6500K 5 watt sebanyak 24 buah, thinwall food grade ukuran 16 cm x 16 cm x 5 cm sebanyak 30 buah, timbangan digital, hygrometer suhu, jangka sorong digital, lux meter, dan hand sprayer. Peralatan yang digunakan dalam persiapan adalah rockwool, vermikompos, air mineral, dan benih kacang tunggak jenis lokal dari Tentrem Lestari.

Pengamatan penunjang

Pengamatan penunjang bertujuan mengumpulkan data non-statistik untuk mengidentifikasi faktor eksternal yang berpotensi mempengaruhi percobaan. Faktor-faktor tersebut adalah suhu dan kelembaban udara tempat percobaan, kandungan fitokimia, dan kandungan protein.

Pengamatan utama

Pengamatan utama merupakan data yang dianalisis secara statistik. Pengamatan yang dilakukan yaitu kecepatan berkecambah, daya kecambah, tinggi microgreen, dan bobot segar microgreen.

Kecepatan berkecambah (%/etmal)

Menggunakan benih yang tumbuh dengan baik, laju pertumbuhan benih ditentukan setiap hari selama delapan hari. Rumus berikut digunakan untuk menentukan laju berkecambah.

$$KT = \sum_{i=1}^{t=8} d \cdot r \quad (1)$$

Keterangan:

i = selang perkecambahan berlangsung

d = benih berkecambah per etmal

Daya berkecambah

Persentase benih berkecambah diamati pada hari ke-8, dan dihitung menggunakan rumus persamaan 2.

$$DB = \frac{\sum \text{Benih berkecambah normal}}{\sum \text{Benih yang dikecambahkan}} \times 100\% \quad (1)$$

Tinggi microgreen

Tinggi tanaman microgreen pada masing-masing dari 15 sampel per plot diukur dari permukaan media tumbuh hingga ujung titik tumbuh. Dengan menggunakan jangka sorong digital, pengamatan ini dilakukan pada hari kedelapan setelah tanam, yaitu saat panen.

Bobot segar microgreen

Bobot segar microgreen (tanpa akar) ditimbang per plot, pada umur 8 hari setelah tanam menggunakan neraca digital dalam satuan gram (g).

Analisis data

Uji F dan uji rentang berganda Duncan digunakan untuk menganalisis data secara statistik dari uji viabilitas dan pertumbuhan pertama pada tingkat kesalahan 5%.

Pelaksanaan Percobaan Penanaman

Penanaman microgreen kacang tunggak dilakukan di baki thinwall berukuran 16 cm x 16 cm x 5 cm berjumlah 30 buah. Media tanam ditempatkan ke dalam thinwall, kemudian dilakukan penyiraman dengan cara spray dengan menggunakan air mineral. Setelah media tanam lembab kemudian sebar benih kacang tunggak yang telah direndam selama 6 jam secara merata. Kemudian disimpan ditempat gelap selama 2 hari hingga berkecambah. Kemudian pada hari ke 3 diberi intensitas cahaya LED sesuai perlakuan. Selama 12 jam, dari pukul 06.00 hingga 18.00, prosedur penyalinan selesai. Sebanyak 150 benih diperlukan untuk setiap Thinwall.

Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dua kali sehari, yaitu dengan menggunakan hand sprayer untuk menyiram sebanyak 25 ml pada pagi hari (06.00) dan sebanyak 25 ml pada sore hari (16.00), sejak masa tanam sampai panen. Volume penyiraman yang diberikan yaitu 50 ml/ hari untuk masing-masing plot. Penyiraman dilakukan untuk menjaga agar media tanam tetap lembab.

Panen

Panen microgreen kacang tunggak dilakukan pada umur 8 hari setelah tanam. Memotong microgreens tanpa akarnya, tepat di atas permukaan media tanam, merupakan cara memanennya.

Hasil dan pembahasan

Suhu dan kelembaban udara

Hasil pengamatan selama percobaan, suhu rata-rata harian tempat percobaan adalah 27,6°C. Suhu tersebut memenuhi syarat tumbuh tanaman kacang tunggak. Kacang tunggak tumbuh dan berkembang paling baik pada suhu antara 25 dan 30 derajat Celcius, menurut (Rohimin et al 2018). Kelembaban udara rata-rata harian selama percobaan adalah 49%. Kelembaban tersebut memenuhi syarat tumbuh tanaman kacang tunggak. Menurut Ibrahim dkk. (2012) kelembaban udara berpengaruh terhadap hasil produksi kacang tunggak. Kelembaban udara yang baik untuk pertumbuhan tanaman kacang tunggak berkisar antara 46,33% sampai 51,75%. Dengan demikian, suhu dan kelembaban udara tempat percobaan memenuhi syarat untuk

pertumbuhan microgreen kacang tunggak.

Kandungan fitokimia

Berdasarkan data hasil uji laboratorium kandungan fitokimia microgreen kacang tunggak. Diketahui bahwa microgreen kacang tunggak mengandung senyawa metabolit sekunder :

1. Terpenoid (monoterpenoid dan seskuiterpenoid)
2. Steroid
3. Quinone

Microgreen kacang tunggak yang dihasilkan dari percobaan ini mengandung senyawa fitokimia metabolit sekunder yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Karuwal et al., (2023) menyatakan bahwa kacang tunggak mengandung kelompok senyawa metabolit sekunder terpenoid, steroid, dan quinone. Microgreen memiliki kandungan komponen fungsional fitokimia serta memiliki kepadatan nutrisi lebih besar dibandingkan sayuran dewasa. Metabolit sekunder ini meningkatkan sistem kekebalan tubuh dan berfungsi sebagai antioksidan untuk memperlambat penuaan dan menurunkan risiko obesitas, diabetes melitus, kanker, dan penyakit kardiovaskular lainnya (Stefani, & Andayani, 2022).

Kandungan protein

Berdasarkan data hasil uji kandungan protein microgreen kacang tunggak. Diketahui bahwa microgreen kacang tunggak mengandung protein sebesar:

- Kontrol dengan media rockwool : 42,06 %
Kontrol dengan media vermikompos : 44,33%
Intensitas 6000 lux dengan media rockwool: 42,85 %
Intensitas 6000 lux dengan media vermikompos : 44,61 %

Menurut kriteria standar gizi Kementerian Kesehatan Indonesia (2022), kacang panjang mikro hijau telah memenuhi persyaratan sebagai suatu produk harus memiliki kadar protein minimal 12%. Proporsi protein dalam biji kacang panjang berkisar antara 20,42% hingga 34,60% (Filiz, 2024). Sedangkan kandungan protein microgreen kacang tunggak pada percobaan ini memiliki rentang 42,06% hingga 44,61%. Artinya pada fase microgreen terjadi peningkatan kandungan protein, yang sesuai dengan penelitian Butkute et al. (2019) bahwa terjadi proses sintesis protein pada microgreen kacang tunggak. Lebih lanjut, Arya (2021) menjelaskan

bahwa microgreen tumbuh pada fase pertumbuhan awal dimana energi dan nutrisi yang dihasilkan belum banyak ditranslokasikan untuk proses pertumbuhan lanjutan seperti pada tanaman dewasa, dimana proses metabolisme sangat aktif yang terfokus pada pembentukan biomolekul penting seperti protein, enzim, vitamin, dan pigmen. Dengan demikian microgreen kacang tunggak memiliki potensi untuk dijadikan bahan pangan dengan kandungan protein yang tinggi.

Data diatas diketahui bahwa media vermikompos menghasilkan microgreen dengan kadar protein yang lebih tinggi daripada media tanam rockwool pada setiap faktor intensitas cahaya. Hal ini diduga karena bahan tanam vermikompos mengandung lebih banyak nutrisi, termasuk kalsium, magnesium, fosfor, kalium, dan nitrogen (Şahin et al., 2018). Sementara itu, kalium dan unsur hara fosfor ditemukan dalam media tanam rockwool (Pamungkas et al., 2021).

Diketahui pula bahwa intensitas penyinaran dapat meningkatkan kadar protein *microgreen* kacang tunggak yang dibuktikan dengan perlakuan kontrol (tanpa intensitas cahaya) memiliki kandungan protein yang lebih rendah daripada yang diberikan intensitas cahaya 6000 lux pada setiap faktor media tanam. Sesuai dengan penelitian Zhang dkk. (2020), intensitas cahaya yang sesuai dapat meningkatkan kadar protein pada microgreen kacang tunggak. Peningkatan ini terjadi karena cahaya yang optimal menyediakan energi untuk fotosintesis, di mana sintesis protein berlangsung dalam reaksi terang di kloroplas.

Daya berkecambah

Temuan analisis statistik menunjukkan bahwa daya perkecambahan kacang tunggak mikro tidak terpengaruh oleh jumlah cahaya atau jenis media tanam. Namun secara mandiri perlakuan intensitas cahaya dan media tanam berpengaruh nyata terhadap daya berkecambah

Tabel 1 menunjukkan intensitas cahaya berpengaruh secara mandiri terhadap daya berkecambah *microgreen* kacang tunggak. Daya berkecambah tertinggi dihasilkan oleh perlakuan intensitas 6000 lux. Sedangkan daya berkecambah paling rendah dihasilkan oleh perlakuan intensitas 0 (kontrol). Hal ini terjadi karena intensitas cahaya berpengaruh terhadap persentase daya berkecambah pada *microgreen*, yang dibuktikan pada penelitian oleh Tria dkk. (2023) bahwa peningkatan intensitas cahaya menghasilkan daya berkecambah *microgreen*

bunga matahari yang semakin tinggi. *Microgreen* kacang tunggak termasuk Pada tipe perkecambahan epigeal, yang ditandai dengan memanjangnya hipokotil untuk menaikkan

kotiledon dan plumula di atas permukaan tanah. Benih akan berkecambah lebih cepat karena kotiledon dapat melakukan fotosintesis sebelum daun tumbuh (Campbell *et al.* 2000).

Tabel 1. Pengaruh intensitas cahaya dan media tanam terhadap daya berkecambah *microgreen* kacang tunggak (%)

Media tanam (M)	Intensitas cahaya (I)					Rata-rata
	i ₀ (kontrol)	i ₁ (3000 lux)	i ₂ (4000 lux)	i ₃ (5000 lux)	i ₄ (6000 lux)	
m ₁ (<i>rockwool</i>)	81,78	90,00	90,89	93,11	93,33	89,82 B
m ₂ (vermikompos)	77,55	83,56	84,67	84,89	85,78	83,29 A
Rata-rata	79,67	86,78	87,78	89,00	89,56	
	a	b	b	b	b	

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf besar arah vertikal dan huruf kecil arah horizontal yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak berganda Duncan pada taraf 0.05.

Media tanam berpengaruh secara mandiri terhadap daya berkecambah. Media tanam *rockwool* menghasilkan daya berkecambah yang lebih tinggi daripada media vermikompos. Hal ini diduga karena media *rockwool* memiliki porositas dan daya simpan air yang lebih tinggi daripada vermikompos, sehingga peluang berkecambah lebih tinggi pada media tanam *rockwool*. Udara yang masuk ke dalam benih dan menyebabkan terjadinya proses imbibisi yang merupakan langkah awal perkecambahan dan mempengaruhi lamanya perkecambahan benih merupakan salah satu unsur yang mempengaruhi proses perkecambahan menurut Dharma *et al.* (2015).

Menurut Komang *et al.* (2024), media tanam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan benih untuk berkecambah. Sterilisasi, kapasitas penyimpanan air, dan kualitas gembur sangat penting untuk bahan tanam yang baik. *Rockwool* merupakan media tanam anorganik yang terdiri dari serat-serat berongga yang menyerupai spons (Zade *et al.* 2023). Keunggulan media *rockwool* antara lain

penyerapan unsur hara dan air dapat optimal, serta sirkulasi udara dapat mempercepat pecahnya kotiledon. Kotiledon akan pecah lebih cepat jika benih dapat menghasilkan radikula dan plumula lebih cepat (Zade *et al.* 2023). Jika dibandingkan dengan media *rockwool*, vermikompos adalah produk yang dihasilkan dari penguraian material organik oleh cacing tanah melalui proses vermikomposting. Hasil penelitian ini antara lain mikroorganisme yang dapat meningkatkan aktivitas biologis tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, dan menyediakan nutrisi yang mudah diserap tanaman (Şahin dkk., 2018).

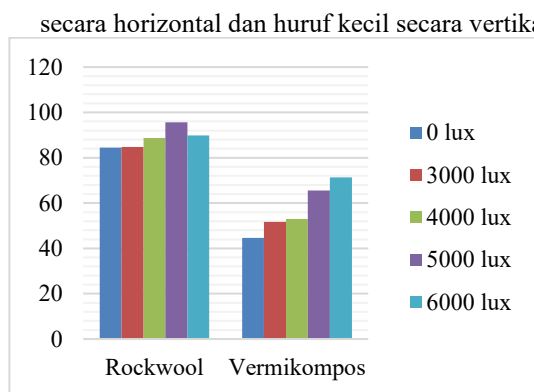
Bobot segar *microgreen*

Temuan analisis statistik menunjukkan bahwa berat segar kecambah kacang tunggak dipengaruhi oleh bahan tanam dan intensitas cahaya. Tabel berikut menunjukkan data tentang bagaimana intensitas cahaya dan media tanam berinteraksi untuk memengaruhi berat segar kecambah kacang tunggak.

Tabel 2. Pengaruh media tanam dan intensitas cahaya terhadap berat segar *microgreen* kacang tunggak

Media tanam (M)	Intensitas cahaya (I)					Rata-rata
	i ₀ (kontrol)	i ₁ (3000 lux)	i ₂ (4000 lux)	i ₃ (5000 lux)	i ₄ (6000 lux)	
m ₁ (<i>rockwool</i>)	84,43 B	84,77 B	88,73 B	95,67 B	89,80 B	88,68
m ₂ (vermikompos)	44,63 A	51,63 A	53,00 A	65,57 A	71,33 A	57,23
Rata-rata	64,53	68,20	70,87	80,62	80,57	
	a	a	b	c	b	
	a	b	b	c	d	

Keterangan: Tidak ada perbedaan nyata dalam rata-rata angka yang diikuti oleh huruf kapital yang sama



Gambar 1. Pengaruh intensitas cahaya dengan media tanam terhadap bobot segar *microgreen* kacang tunggak

Berat segar *microgreen* kacang tunggak dipengaruhi oleh bahan tanam dan intensitas cahaya, menurut temuan analisis statistik. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa terjadi kecenderungan peningkatan perlakuan intensitas cahaya menghasilkan bobot segar yang lebih tinggi pada setiap taraf media tanam. Laju fotosintesis meningkat seiring bertambahnya intensitas cahaya (Alhadi *et al.* 2016). Meningkatnya laju fotosintesis menyebabkan bertambahnya bobot segar *microgreen* (Balázs *et al.* 2023). Sedangkan pada media tanam *rockwool* perlakuan intensitas cahaya sampai 5000 lux dapat dapat meningkatkan bobot segar, namun pada taraf intensitas cahaya 6000 lux terjadi penurunan bobot segar.

Penurunan ini mungkin terjadi karena penguapan yang tinggi dari media tanam (evaporasi) dan transpirasi *microgreen* yang tinggi. Ketika evapotranspirasi berlangsung terus-menerus akibat pencahayaan yang tinggi, kandungan air dalam media tanam dapat berkurang (Ikrarwati *et al.* 2020). Kandungan air dalam sel jaringan tanaman memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan jaringan tanaman, termasuk jumlah, luas, dan tinggi daun, yang meningkatkan berat segar tanaman (Tria *et al.* 2023). Lebih lanjut, Toscano *et al.* (2021) menyatakan bahwa intensitas cahaya yang optimal dapat meningkatkan bobot segar tanaman karena mendukung proses fotosintesis yang dibutuhkan oleh tanaman.

Dibandingkan dengan media vermikompos, media tanam *rockwool* menghasilkan bobot segar yang lebih besar pada setiap tingkat intensitas cahaya. Hal ini diduga karena media *rockwool* mampu menahan air lebih banyak daripada media vermikompos,

sehingga mampu menyediakan air yang cukup untuk fotosintesis, yang memengaruhi bobot segar tanaman. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Pamungkas *et al.* (2021) yang menunjukkan bahwa media tanam *rockwool* memiliki kapasitas air tertutup yang sangat tinggi karena memiliki ruang pori hingga 95%. Kapasitas tersebut memberikan keuntungan dalam menjaga ketersediaan air yang dibutuhkan oleh *microgreen*, mendukung proses fisiologis yang penting bagi pertumbuhan *microgreen*. Selain itu, menurut Tria *et al.* (2023), media tanam *rockwool* menghasilkan bobot segar *microgreen* lebih besar dibandingkan dua media tanam lainnya, yaitu *cocopeat* dan sekam bakar. Hal tersebut dijelaskan karena kemampuan *rockwool* dalam menahan lebih banyak air, yang mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara optimal.

Tinggi *microgreen*

Temuan analisis statistik menunjukkan bahwa tinggi tunas kacang tunggak tidak terpengaruh oleh jumlah cahaya atau jenis media tanam. Di sisi lain, tinggi tunas kacang tunggak sangat dipengaruhi oleh perlakuan intensitas cahaya dan media tanam secara terpisah. Tabel berikut menampilkan informasi tentang bagaimana bahan tanam dan intensitas cahaya memengaruhi tinggi tunas kacang tunggak. Tabel 3 menunjukkan intensitas cahaya berpengaruh secara mandiri terhadap tinggi tanaman *microgreen* kacang tunggak. Tanaman tertinggi dihasilkan oleh perlakuan kontrol (tanpa intensitas cahaya) hal ini terjadi karena kurangnya intensitas cahaya yang mengakibatkan etiolasi pada tanaman, yang ditandai dengan pertumbuhan yang panjang, kurus, dan pucat Elam (2018).

Intensitas cahaya 6000 lux menghasilkan tanaman terpendek. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa intensitas cahaya merupakan kebutuhan mendasar bagi tanaman untuk melakukan fotosintesis. Semakin banyak cahaya yang diterima tanaman dari lingkungan sekitarnya, semakin sedikit ia akan berkembang karena cahaya mengganggu fungsi hormon pertumbuhan (auksin). Akibatnya, tanaman yang mendapatkan jumlah cahaya yang tepat tumbuh lebih cepat, memiliki batang yang lebih kuat dan lebih pendek, serta memiliki daun yang lebih tebal dan lebih hijau (Maghfiroh, 2017).

Tabel 3. Pengaruh media tanam dan intensitas cahaya terhadap tinggi microgreen kacang tunggak

Media tanam (M)	Intensitas cahaya (I)					Rata-rata
	i ₀ (kontrol)	i ₁ (3000 lux)	i ₂ (4000 lux)	i ₃ (5000 lux)	i ₄ (6000 lux)	
m ₁ (rockwool)	25,79	20,75	19,87	18,23	15,93	20,11 B
m ₂ (vermikompos)	14,96	10,82	9,84	8,38	6,68	10,14 A
Rata-rata	20,38 d	15,79 c	14,86 c	13,31 b	11,31 a	

Keterangan: Rata-rata angka yang diikuti oleh huruf kapital identik secara vertikal dan huruf kecil identik secara horizontal tidak bervariasi secara signifikan pada tingkat 0,05, menurut uji rentang berganda Duncan.

Tinggi tanaman dipengaruhi secara independen oleh bahan tanam; tanaman yang ditanam di media tanam rockwool tumbuh lebih tinggi daripada yang ditanam di media vermikompos. Hal ini diyakini karena media rockwool dapat menahan lebih banyak air daripada media vermikompos, sehingga memungkinkan aliran air yang cukup untuk fotosintesis, yang memengaruhi tinggi mikrohijau kacang tunggak. Menurut penelitian Pamungkas *et al.* (2021), media tanam rockwool memiliki luas pori hingga 95%, artinya memiliki kemampuan yang sangat besar untuk menyimpan air. Lebih lanjut, Gustia, & Rosdiana (2019)

menjelaskan bahwa media tanam berperan dalam menyediakan air, nutrisi, dan udara untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman.

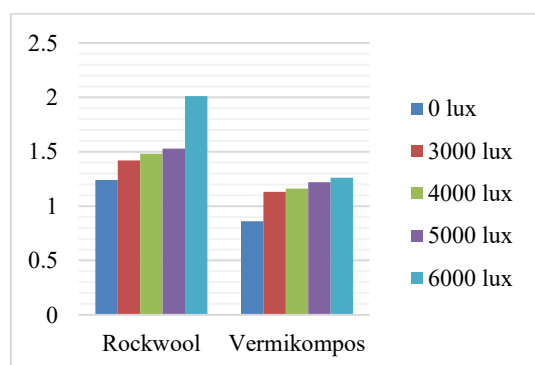
Kecepatan berkecambah (%/etmal)

Temuan analisis statistik menunjukkan bahwa kecepatan perkecambahan kacang panjang dipengaruhi oleh media tanam dan intensitas cahaya. Tabel 4 di bawah ini memberikan informasi tentang bagaimana intensitas cahaya dan bahan tanam berinteraksi untuk memengaruhi kecepatan perkecambahan kacang tunggak.

Tabel 4. Pengaruh media tanam dan intensitas cahaya terhadap kecepatan berkecambah microgreen kacang tunggak (%/etmal)

Media tanam (M)	Intensitas cahaya (I)					Rata-rata
	i ₀ (kontrol)	i ₁ (3000 lux)	i ₂ (4000 lux)	i ₃ (5000 lux)	i ₄ (6000 lux)	
m ₁ (rockwool)	1,24 B a	1,42 B b	1,48 B b	1,53 B c	2,01 B d	1,54
m ₂ (vermikompos)	0,86 A a	1,13 A b	1,16 A b	1,22 A c	1,26 A c	1,13
Rata-rata	1,05	1,28	1,32	1,38	1,64	

Keterangan: Menurut uji rentang berganda Duncan, tidak ada perbedaan signifikan antara angka rata-rata yang diikuti oleh huruf kapital yang identik secara vertikal dan huruf kecil secara horizontal pada tingkat 0,05.



Gambar 2. Pengaruh intensitas cahaya dengan media tanam terhadap kecepatan berkecambah

microgreen kacang tunggak (%/etmal)

Temuan penelitian statistik menunjukkan bahwa kecepatan perkecambahan microgreen kacang tunggak dipengaruhi oleh bahan tanam dan intensitas cahaya. Pada Tabel 4 dapat dilihat bahwa terjadi kecenderungan peningkatan perlakuan intensitas cahaya menghasilkan kecepatan berkecambah yang lebih tinggi pada setiap taraf media tanam. Laju fotosintesis meningkat seiring dengan intensitas cahaya (Alhadi *et al.* 2016). Semakin tinggi laju fotosintesis akan semakin mempengaruhi kecepatan berkecambah microgreen kacang

tunggak. Sesuai dengan pernyataan Ridwan *et al.* (2022) bahwa intensitas cahaya yang optimal dapat meningkatkan kecepatan berkecambah karena mendukung proses fotosintesis yang dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu, Wawo *et al.* (2024) menjelaskan bahwa laju perkecambahan dipengaruhi oleh intensitas cahaya. Karena cahaya memberikan isyarat eksternal yang mendorong perkembangan tanaman, semakin kuat cahayanya, semakin cepat benih akan berkecambah.

Pada setiap taraf intensitas cahaya, media tanam *rockwool* menghasilkan kecepatan berkecambah yang lebih tinggi daripada media vermikompos. Hal ini diduga karena media *rockwool* memiliki porositas dan daya simpan air yang lebih tinggi daripada vermikompos, sehingga kecepatan berkecambah lebih tinggi pada media tanam *rockwool*. Menurut penelitian Pamungkas *et al.* (2021), media tanam *rockwool* memiliki luas pori hingga 95%, artinya memiliki kemampuan yang sangat besar dalam menyimpan air. Dugaan tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan. Dharma *et al.* (2015) menyatakan bahwa masuknya udara dan air ke dalam benih yang mengakibatkan terjadinya proses imbibisi, yaitu tahap awal perkecambahan, merupakan salah satu unsur yang memengaruhi laju perkecambahan benih.

Setelah tahap imbibisi, enzim amilase mulai menghidrolisis pati dalam biji untuk menghasilkan gula sebagai sumber energi bagi embrio yang sedang berkembang. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Fatikhasari *et al.* (2022), kecepatan perkecambahan dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal benih. Faktor eksternal, seperti ketersediaan air, berperan dalam proses imbibisi dan aktivasi enzim yang mendukung perkecambahan. Selain itu, media tanam berpengaruh terhadap kemampuan menyimpan air serta tingkat porositas yang mendukung aerasi dan perkembangan akar. Cahaya dan suhu berperan sebagai pemicu perkecambahan dengan merangsang hormon giberelin, yang berfungsi memecah dormansi dan mendukung proses pertumbuhan benih.

Kesimpulan

Terjadi interaksi antara intensitas cahaya dengan media tanam terhadap bobot segar dan kecepatan berkecambah, dan tidak terjadi interaksi terhadap daya berkecambah dan tinggi microgreen kacang tunggak. Perlakuan intensitas cahaya dan media tanam berpengaruh secara

mandiri terhadap daya berkecambah dan tinggi microgreen kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp). Intensitas cahaya 5000 lux pada media tanam *rockwool* memberikan pengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil microgreen kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp).

Ucapan Terima Kasih

Atas bantuannya dalam menyelesaikan penelitian ini tepat waktu, penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Fitokimia Universitas Bakti Tunas Husada dan Laboratorium Tanah Fakultas Pertanian Universitas Siliwangi.

Referensi

- Alhadi, D. G. D., Triyono, S., & Haryono, N. (2016). Pengaruh penggunaan beberapa warna lampu neon terhadap pertumbuhan tanaman kailan (*Brassica oleraceae*) pada sistem hidroponik indoor. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung (Journal of Agricultural Engineering)*, 5(1): 13-24
- Ariany, S. P., N. Sahiri dan A. Syakur. (2013). Pengaruh kuantitas cahaya terhadap pertumbuhan dan kadar antosianin daun dewa (*Gynura pseudochina* L.) secara in vitro. *Jurnal Agrotekbis*. 1(5): 413-420. ISSN : 2338-3011
- Arya, K. S. (2021). *Standardization of technology for microgreen production* (Doctoral dissertation, Department of Vegetable Science, College of Agriculture, Vellanikkara).
- Badan Pangan Nasional. (2023). Tingkatkan Konsumsi Sayur dan Buah, NFA Bagikan 1.000 Pisang dan 1.000 Botol Jus Sayur dan Buah Secara Gratis pada Peringatan Hari Pangan Sedunia Jawa Barat 2023. (Accessed on Mei 6 2025).
- Balázs, L., Kovács, G. P., Gyuricza, C., Pirooska, P., Tarnawa, Á., & Kende, Z. (2023). Quantifying the effect of light intensity uniformity on the crop yield by pea microgreens growth experiments. *Horticulturae*, 9(11), 1187. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9111187>
- Pamungkas, P. B., Nadia, L. S., & Amrih, D. (2023, June). Study of microgreens growth on various planting medium. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 2491, No. 1). AIP Publishing.

- <https://doi.org/10.1063/5.0142137>
- Butkutė, B., Taujenis, L., & Norkevičienė, E. (2018). Small-seeded legumes as a novel food source. Variation of nutritional, mineral and phytochemical profiles in the chain: raw seeds-sprouted seeds-microgreens. *Molecules*, 24(1),133. <https://doi.org/10.3390/molecules24010133>
- Campbell, N. A., Reece, J. B., & Mitchell, L. G. (2012). *Biologi Edisi ke-5 Jilid 1. Terjemahan: Lestari R. Erlangga: Jakarta.*
- Cavallaro, V., & Muleo, R. (2022). The effects of LED light spectra and intensities on plant growth. *Plants*, 11(15), 1911. <https://doi.org/10.3390/plants11151911>
- Saidah, I. N., Fahad, R. E. W., Danurwendo, A., Suyatno, S., Rachmat, D. B., & Cahyono, Y. (2011). Analisis dan Perancangan Kontrol Pencahayaan dalam Ruangan. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 7(2), 110208-1.
- Dharma, S., Sakka Samudin, A., & Eka, I. P. (2015). *Perkecambahan benih pala (Myristica fragrans Houtt.) dengan metode skarifikasi dan perendaman ZPT alami* (Doctoral dissertation, Tadulako University). ISSN : 2338 -3011
- Elam, T. R. (2018). *Everyone can grow! a curriculum to bring nature indoors.* Independently Published, Arkansas.
- Enyikwu, D. N., Amadioha, A., & Ononuju, C. (2018). Nutritional significance of cowpea leaves for human consumption. *Greener Trends Food Sci. Nutr*, 1, 1-10. <http://doi.org/10.15580/GTFSN.2018.1.061818085>
- Fatikhasari, Z., Lailaty, I. Q., Sartika, D., & Ubaidi, M. A. (2022). Viabilitas dan vigor benih kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.), kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), dan jagung (*Zea mays* L.) pada temperatur dan tekanan osmotik berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(1), 7-17. <https://doi.org/10.18343/jipi.27.1.7>
- Filiz, Y.A. (2024). The cornerstone of healthy living: germinated grains and legumes. Sokak No:13 P.10. Kemeraltı-Konak/İzmir. Türkiye. ISBN: 978-625-6069-82-4
- Flores, M., C. Hernández., M.J. Guevara and V.H. Escalona. (2024). Effect of different light intensities on agronomic characteristics and antioxidant compounds of Brassicaceae microgreens in a vertical farm system. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 8: 1349423. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1349423>
- Gofar, N., T.P. Nur., S. Dwi., I. Permatasari., dan N. Sriwahyuni. (2022). *Teknik Budidaya Microgreens.* Bening Media Publishing, Palembang. ISBN: 978-623-5854-31-1
- Gustia, dan Rosdiana. (2019). Komposisi media tanam dan penambahan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai. *Jurnal Agrosains Dan Teknologi*. 4(2): 70–78. <https://doi.org/10.24853/jat.4.2.70-78>
- Hammock, H. A. (2023). The influence of spectral quality on primary and secondary the influence of spectral quality on primary and secondary metabolism of hydroponically grown basil metabolism of hydroponically grown basil. Doctoral Dissertations. University of Tennessee, Knoxville.
- Harakotr, B., S. Srijunteuk., P. Rithichai and S. Tabunhan. (2019). Effects of light-emitting diode light irradiance levels on yield, antioxidants and antioxidant capacities of indigenous vegetable microgreens. *Science & Technology Asia*. 24(3). doi:10.14456/scitechasia.2019.21
- Ibrahim, M., David, A. A., Mshelia, J. S., John, A. B., Sunday, B. A and Stephanie, S. B.U. (2021). Effect of climate variation on the yield of cowpea (*Vigna unguiculata*). *African Journal of Agricultural Research*, 17(3): 456–462. doi: 10.5897/AJAR2020.14960
- Ikrarwati, F., I. Zulkarnaen., A. Fathonah., F. Nurmayulis dan F.R Eris. (2020). Pengaruh jarak lampu led dan jenis media tanam terhadap microgreen basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agropross National Conference Proceedings of Agriculture, Jember.* Hal: 15–25. DOI: 10.25047/agropross.2020.7
- Karuwal, R. L., Sinay, H., Sangur, K., Purwaningrahayu, R. D., Yusnawan, E., and Nugraha, Y. (2023). Identification of metabolite profiles of local cowpeas (*Vigna unguiculata* L. Walp) from Southwest Maluku, Indonesia. *Journal of Agriculture and Food Research* 14. 2666-1543. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100788>
- Kasno, A., dan Moedjiono. (2001). Pembentukan

- Varietas Unggul Kacang Tunggak. *Buletin Palawija*, (2), 1-14. Malang. DOI: 10.21082/bulpalawija.v0n2.2001.p1-14
- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. (2022). *Gizi dalam daur kehidupan*. Yogyakarta : Yayasan Kita Menulis.
- Komang, S. T. A., Sesanti, R. N., Kartina, R., & Sismanto, S. (2024). Pertumbuhan dan kandungan vitamin c microgreen bayam merah (*Amaranthus tricolor*) pada berbagai konsentrasi nutrisi dan media tanam. *Journal of Horticulture Production Technology*, 2(1), 28-38. DOI:10.25181/jhpt.v2i1.3571
- Maghfiroh, J. (2017). Pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman. In *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Biologi Jurusan Pendidikan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta* (pp. 51-58).
- Mamonto, B.J.A., dan M.T Lasut. (2019). Pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan semai *Aquilaria malaccensis* Lamk di persemaian. *E Journal Universitas Sam Ratulangi*. 10(3). DOI: <https://doi.org/10.35791/cocos.v1i1.22201>
- Maseva, S., P. Utama., A.H Sodiq and I. Rohmawati, I. (2023). The effect of led light (light emitting diode) and type of planting media on the growth of red spinach microgreens (*Amaranthus tricolor* L.). *Jurnal Pertanian Agros*. 25(4). DOI:10.37159/jpa.v26i1.4204
- Mustofa, L. (2022). *Pengaruh cahaya LED (Light Emitte Dioda) biru, merah, dan putih terhadap kadar klorofil tanaman sawi hijau (Brassica juncea L)* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim).
- Nozue, H., Shirai, K., Kajikawa, K., Gomi, M., & Nozue, M. (2017, August). White LED light with wide wavelength spectrum promotes high-yielding and energy-saving indoor vegetable production. In *International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant 1227* (pp. 585-592). DOI: 10.17660/ActaHortic.2018.1227.74
- Pinto, E., A. Agostinho., Almeida., A. Ana., Aguiar and M.P.L.V.O. Isabel. (2015). Comparison between the mineral profile and nitrate content of microgreens and mature lettuces. *Journal of Food Composition and Analysis*. 37(3): 38–43. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.06.018>
- Ridwan, M., S. Laili., D. Sama' dan I. Tito. (2022). Respon tanaman alfalfa (*Medicago sativa* L.) terhadap pemberian pupuk organik cair dengan sistem hidroponik rakit apung. *Sciscitatio*. 3(2): 68-81. DOI:10.21460/sciscitatio.2022.32.97
- Rohimin, I.F., H. Purnamawati dan J.G. Kartika. (2018). Evaluasi produktivitas kacang tunggak (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) pada dataran menengah. *Agrohorti*. 6(2): 171 - 178. DOI: <https://doi.org/10.29244/agrob.v6i2.18804>
- Şahin, S., M. Erman and M. Ceritoğlu. (2018). Effects of vermicompost on plant growth and soil structure. *Selcuk Journal of Agricultural and Food Sciences*. 32(3): 607–615. DOI: 10.15316/SJAFS.2018.143
- Sakhonwasee, S., K. Tummachai and N. Nimnoy. (2017). Influences of LED light quality and intensity on stomata behavior of three petunia cultivars grown in a semi-closed system. *Environmental Control in Biology*. 55(2): 93–103. <https://doi.org/10.2525/ecb.55.93>
- Salim, M. A. (2021). *Budidaya Microgreens-sayuran kecil kaya nutrisi dan menyehatkan*. Bandung : Yayasan Lembaga Pendidikan dan Pelatihan Multiliterasi Redaksi. ISBN 978-623-97126-3-1
- Schramm, D. D. (2018). Revitalizing human health can be achieved through herbal microgreen permaculture. *Advances In Complementary and Alternative Medicine*. 1(5): 66-67. DOI: 10.31031/ACAM.2018.01.000521
- Sharakshane, A. (2017). Whole high-quality light environment for humans and plants. *Life Sciences in Space Research*. 15: 18–22. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2017.07.001>
- Shiren, J., Z.R Hail., A. Naofel and P.F. Michael. (2023). The impact of led (light-emitting diode) spectra on plant growth and quality. *Plants*. 10: 1-16. <https://doi.org/10.3390/books978-3-0365-8640-3>
- Sri, S.R., D. Prajitno and Toekidjo. (2011). Characterization eight indigenous accessions of cowpea (*Vigna unguiculata*

- (L). Walp) origin special province of Yogyakarta. *Vegatalika UGM*. 1(1): 1-5. <https://doi.org/10.22146/veg.1379>
- Stefani, S., & Andayani, D. E. (2022). Anti aging benefits of microgreen. *Journal of Medicine and Health*, 4(2), 190-202. DOI: <https://doi.org/10.28932/jmh.v4i2.3887>
- Sumi, M. J., S.S. Thamid., R.H. Rabbi and S. Imran. (2024). Comparative analysis of red and green lettuce microgreens under different artificial LED lighting conditions. *Archives of Agriculture and Environmental Science*. 9(2): 230–235. <https://doi.org/10.26832/24566632.2024.090205>
- Toscano, S., V. Cavallaro., A. Ferrante., D. Romano and C. Patané. (2021). Effects of different light spectra on final biomass production and nutritional quality of two microgreens. *Plants*. 10(8). <https://doi.org/10.3390/plants10081584>
- Tria, S. N., S.R. Novi., E. Maulana., R. Kartina., D.W. Anrya dan F. Dila. (2023). Lama penyinaran dan daya lampu LED terhadap pertumbuhan dan hasil microgreen tanaman bunga matahari (*Helianthus annuus*). *Journal of Horticulture Production Technology*. 1(1): 46-55. <https://doi.org/10.25181/jhpt.v1i1.3097>
- Wawo, A. H., Lestari, P., Setyowati, N., Gunawan, I., Damayanti, F., & Kholidah, N. (2024). Intensitas cahaya pada perkecambahan benih dan pertumbuhan semai cabai merah landung (*Capsicum annum* cv. Landung). *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu Hayati*, 306-318. DOI: <https://doi.org/10.24002/biota.v9i3.8359>
- Weber, C. F. (2016). Nutrient content of cabbage and lettuce microgreens grown on vermicompost and hydroponic growing pads. *Journal of Horticulture*. 3(4). DOI: 10.4172/2376-0354.1000190
- Xiao, Z., G.E. Lester., Y. Luo and Q. Wang. (2012). Assessment of vitamin and carotenoid concentrations of emerging food products: edible microgreens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 60(31): 7644–7651. DOI:10.1021/jf300459b
- Zade, S., I.N. Rai dan G. Wijana. (2023). Pengaruh jenis sumber nutrisi dan media tanam terhadap pertumbuhan dan kualitas hasil microgreen brokoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Planck). *Agrotrop*. 13(2): 312-325. DOI:<https://doi.org/10.24843/AJoAS.2023.v13.i02.p14>
- Zare, M., N. Safari., M. Kharrazi., A. Khadem and A. Sharifi. (2024). The effect of different qualities of LED light on the morphophysiological indicators of *Cucumis sativus* L. var. *Officer*. *Journal of Horticultural Science*. 37(4): 1029–1041. <https://doi.org/10.22067/jhs.2023.80257.1222>
- Zhang, X., Z. Bian., X. Yuan., X. Chen., and C. Lu. (2020). A review on the effects of light-emitting diode (LED) light on the nutrients of sprouts and microgreens. *Elsevier, Trends in Food Science & Technology*. 99: 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.031>