

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA, KERANGKA BERPIKIR, DAN HIPOTESIS

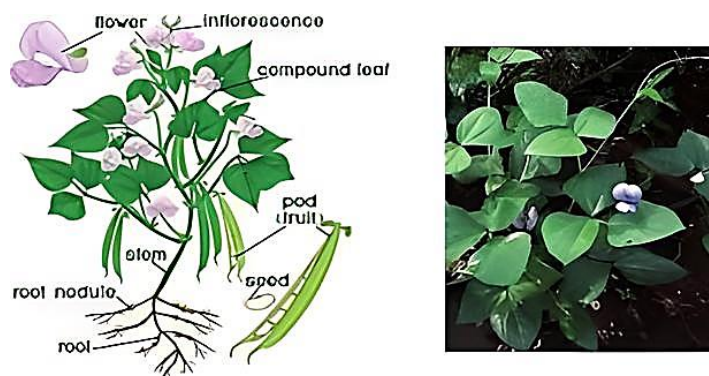
2.1 Tinjauan pustaka

2.1.1 Kacang tunggak

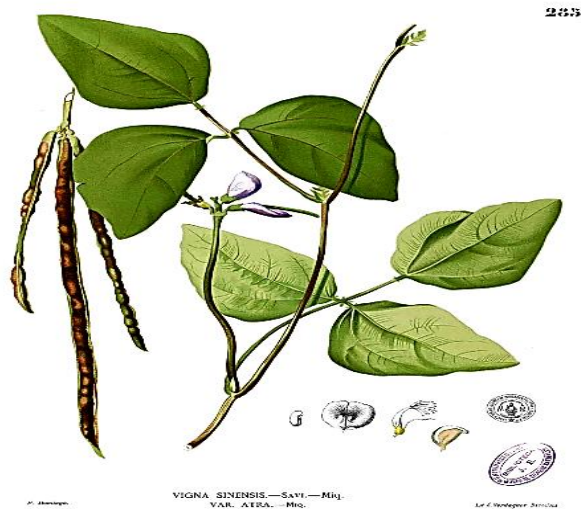
Kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp) merupakan tanaman serbaguna yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan, antara lain dapat dikonsumsi dalam bentuk sayuran segar (Sri dkk., 2011). Sebagai bahan pangan, kacang tunggak mengandung protein (23,4%), karbohidrat (56,8%) dan kandungan lemak yang rendah pada biji (1,3%) (Kasno dan Moedjiono, 2001). Selain itu, tanaman ini juga mudah beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan (Rohimin dkk., 2018). Kacang tunggak merupakan tanaman polong-polongan semusim yang berasal dari Afrika Barat dan telah tersebar ke Amerika Latin serta Asia Tenggara (Abebe dan Alemayehu, 2022).

Menurut Padulosi dan Nguyen (1995), klasifikasi tanaman kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp) sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Fabales
Famili	: Fabaceae
Genus	: Vigna
Spesies	: <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.



Gambar 1. Morfologi akar tanaman kacang tunggak
Sumber: (Duraipandian dkk., 2022)



Gambar 2. Morfologi daun, batang dan polong tanaman kacang tunggak
Sumber: (Domingo dan Lut C, 1993)

Kacang tunggak merupakan tanaman C3 bertajuk rendah yang toleran terhadap naungan (Sarjiyah dan Nugroho Setiawan, 2020). Suhu optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan kacang tunggak berkisar antara 25 °C hingga 30 °C. Pada suhu di bawah 15 °C, pertumbuhan tanaman dapat terganggu, bahkan berisiko mati akibat embun beku. Sementara itu, suhu di atas 35 °C dapat menyebabkan kerontokan bunga dan polong (Rohimin dkk., 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Mali dan Aery (2009), menyatakan bahwa fotoperiode 12 jam dan intensitas cahaya 3200 lux menghasilkan peningkatan signifikan pada indikator pertumbuhan kacang tunggak, seperti panjang tunas, panjang akar, luas daun, dan kandungan klorofil.

Kacang tunggak memiliki beberapa nama lain, seperti kacang beureum, kacang dadap, kacang landes, kacang otok, dan kacang tolo. Di negara lain, tanaman ini dikenal dengan nama *cowpea* dan *Vigna sinensis* (Heyne, 1987). Kacang tunggak mengandung berbagai komponen gizi yang sangat bermanfaat untuk kesehatan. Dalam 100 g biji kacang tunggak, terkandung protein sebesar 34,91% dan karbohidrat dengan indeks glikemik rendah sebesar 31,11%. Selain itu, kacang tunggak juga kaya akan prebiotik berupa serat kasar, yang mencapai 19,46%. Kandungan lemaknya terbilang rendah, yaitu sebesar 5,42%, sementara mineral-mineral penting lainnya terkandung dalam jumlah yang signifikan. Kacang

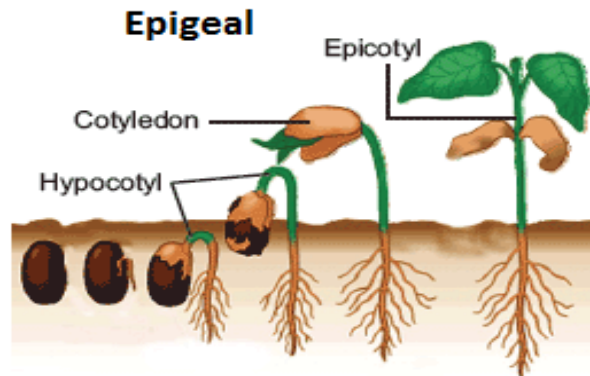
tunggak mengandung zat besi sebanyak 65,21 mg, kalsium 1,62 g, dan fosforus 0,56 g. Selain itu, mineral lainnya yang terkandung dalam kacang ini adalah magnesium sebanyak 1,66 g, kalium 13,44 g, dan natrium 2,22 g (Enyiukwu dkk., 2018).



Gambar 3. Biji kacang tunggak
Sumber: Pribadi

Menurut hasil studi yang dilakukan oleh Butkute dkk. (2019), *microgreen* kacang tunggak memiliki kandungan fitokimia proantosianidin, yang memiliki sifat antioksidan kuat dan potensi antikanker sebesar 40%. Selain itu, terjadi penurunan kadar lemak akibat proses sintesis protein, serta peningkatan kandungan kalsium dan besi secara signifikan. Studi lain oleh Galieni dkk. (2020), juga menunjukkan bahwa *microgreen* kacang tunggak yang berusia 7 hari setelah tanam dapat meningkatkan laju produksi fitokimia. Di samping itu, *microgreen* kacang tunggak mengandung karotenoid, dengan lutein sebagai kandungan yang paling melimpah ($58 \pm 12,8$ mg/100 g), diikuti oleh zeaxanthin ($14,7 \pm 3,1$ mg/100 g) dan β -karoten ($13,2 \pm 2,9$ mg/100 g) (Sodedji dkk., 2022).

Kacang tunggak termasuk dalam kategori perkecambahan epigeal. Pada perkecambahan epigeal, kotiledon muncul di atas permukaan tanah setelah biji berkecambah. Pada pertumbuhan tanaman dikotil yang dirangsang dengan cahaya, ruas batang hipokotil tumbuh lurus ke permukaan tanah, mengangkat kotiledon dan epikotil. Epikotil akan membentuk daun pertama, sementara kotiledon akan rontok setelah cadangan makanan di dalamnya habis digunakan oleh embrio (Campbell dkk., 2000)



Gambar 4. Perkecambahan epigeal
Sumber: (Plantscience, 2014)

Menurut Trustinah (1998), tanaman kacang tunggak memiliki bagian tubuh seperti batang, akar, daun, polong, dan biji. Batangnya terdiri dari beberapa buku, di mana setiap buku menghasilkan satu tangkai daun. Rukmana dan Oesman (2000), menjelaskan bahwa sistem perakaran kacang tunggak terdiri dari akar tunggang yang dominan dan akar-akar lateral yang berkembang baik. Akar lateral ini merupakan cabang dari akar tunggang dan bukan termasuk akar serabut. Akar-akar tersebut tumbuh menyebar hingga kedalaman tanah antara 30 hingga 60 cm. Salah satu sifat penting akar tanaman ini adalah kemampuannya untuk bersimbiosis dengan bakteri *Rhizobium sp.* yang mengikat nitrogen bebas (N_2) dari udara, membentuk bintil-bintil pada akar (Adrian, 2014).

Trustinah (1998), menjelaskan bahwa daun kacang tunggak terdiri dari tiga helaian (*trifoliate*) yang tersusun secara berseling. Daunnya berwarna hijau dan berbentuk oval (*ovate*) atau lanset (*lanceolate*) dengan panjang daun berkisar antara 6,5 hingga 16 cm dan lebar daun 4 hingga 10 cm, sementara panjang tangkai daun (*petiol*) antara 5 hingga 15 cm. Bentuk daun ditentukan oleh perbandingan panjang dan lebar, yang berkisar antara 1,5 hingga 2 : 1 untuk bentuk oval, dan 3 hingga 5 : 1 untuk bentuk lanset. Bentuk daun lanset lebih dominan pada kacang tunggak dibandingkan dengan bentuk daun oval, dan pewarisannya dikendalikan oleh gen dominan tunggal (Adrian, 2014).

Microgreen kacang tunggak merupakan fase awal dari pertumbuhan tanaman kacang tunggak, yang diawali proses perkecambahan (Gambar 4), hingga munculnya daun sejati pertama (Gambar 5).



Gambar 5. Daun sejati pertama *microgreen* kacang tunggak
Sumber: Pribadi

2.1.2 Intensitas cahaya

Budidaya tanaman secara *indoor* merupakan teknik budidaya yang dalam prosesnya membutuhkan cahaya buatan yang dapat mendukung proses fotosintesis tanaman. Pada pertanian konvensional cahaya matahari merupakan sumber cahaya yang digunakan dalam proses fotosintesis. Cahaya matahari merupakan sumber cahaya alami yang memiliki banyak fungsi untuk kehidupan di bumi. Cahaya matahari terdiri dari cahaya putih yang dapat dipisahkan menjadi berbagai warna. Cahaya matahari memiliki sifat polikromatik, yang berarti jika dibiarkan, akan menghasilkan cahaya monokromatik (Partogi, 2024).

Fotosintesis berlangsung dengan menggunakan klorofil, karbon dioksida, air, dan bantuan energi cahaya matahari. Cahaya matahari berperan dalam proses fotosintesis karena terdiri dari sinar UV, sinar tampak, dan sinar inframerah (Agricia dkk., 2020). Sinar tampak atau *photosynthetic active radiation* (PAR) memiliki panjang gelombang 400 hingga 700 *nanometers* yang dimanfaatkan tumbuhan untuk proses fotosintesis (Raven dkk., 2005). Namun budidaya tanaman secara konvensional dengan pemanfaatan sinar matahari memiliki keterbatasan yaitu tidak dapat di kendalikan karena kondisi cuaca yang dapat berubah sepanjang waktu. Pertumbuhan penduduk mengakibatkan menyempitnya lahan pertanian sehingga tidak semua area mendapat intensitas pencahayaan matahari (Agricia dkk., 2020).

Budidaya tanaman secara *indoor* dapat memanipulasi lingkungan tumbuh tanaman seperti cahaya, suhu dan kelembaban sehingga dapat memberi potensi

hasil yang terukur (Kozai, 2018) dan menghasilkan produk pertanian sesuai preferensi pasar dengan hasil yang seragam dan morfologi ukuran yang dapat disesuaikan tergantung intensitas yang diberikan, juga dapat memaksimalkan hasil produksi dengan budidaya secara *vertical farming* (Jones dkk., 2019).

Light emitting diode (LED) adalah sumber cahaya yang menggunakan teknologi semikonduktor (Hasan dkk., 2017). Ketika arus listrik mengalir melalui bahan semikonduktor, elektron melepaskan energi dalam bentuk foton (Pattison dkk., 2018). Panjang gelombang cahaya yang dihasilkan LED bergantung pada komposisi kimia bahan semikonduktor tersebut. LED lebih hemat energi dibandingkan lampu pijar atau tabung fluoresen karena menghasilkan cahaya serupa dengan konsumsi daya yang jauh lebih rendah (Bantis dkk., 2018). Selain itu, LED bebas dari bahan beracun, dan memiliki masa pakai hingga 10.000 jam dalam kondisi optimal (Mitchell, 2004). Keunggulan lain dari LED adalah kemampuannya dalam memberikan kontrol spektrum yang akurat, suatu fitur yang belum ada pada teknologi lampu sebelumnya. Hal ini membuat LED menjadi teknologi menarik dengan potensi besar dalam industri hortikultura (Weaver dkk., 2019).

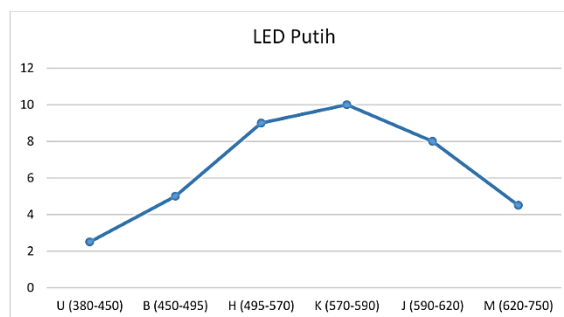
Teknologi lampu LED telah banyak digunakan sebagai pengganti cahaya matahari dalam sistem budidaya tanaman *indoor* karena efisiensi energinya (Sakhonwasee dkk., 2017). LED banyak digunakan dalam budidaya berbagai jenis tanaman, khususnya tanaman hortikultura (Sumi dkk., 2024). LED telah diterapkan untuk keperluan pertanian dan budidaya *microgreen* (Flores dkk., 2024). Pemanfaatan lampu LED adalah strategi efisien dan potensial untuk meningkatkan pertumbuhan *microgreen* dengan kandungan gizi yang lebih tinggi. Produksi dan kualitas *microgreen* dapat dioptimalkan melalui pencahayaan LED dengan spektrum cahaya dan durasi penyinaran yang tepat (Nugraheni dkk., 2021). Penggunaan lampu LED dapat mengatur pertumbuhan tanaman, termasuk morfologi (luas daun, ketebalan, panjang batang) dan produksi fitokimia seperti pigmen fotoprotektif, fenolik, vitamin, glukosinolat, klorofil, dan karotenoid (Jones dkk., 2019). Sementara itu, kapasitas antioksidan juga dapat meningkat secara signifikan dengan pertumbuhan di bawah lampu LED (Zhang dkk., 2020). Kualitas

cahaya (panjang gelombang), kuantitas cahaya (intensitas), dan fotoperioda (durasi) merupakan komponen kunci dalam budidaya tanaman di bawah pencahayaan lampu LED (Ding dkk., 2011).

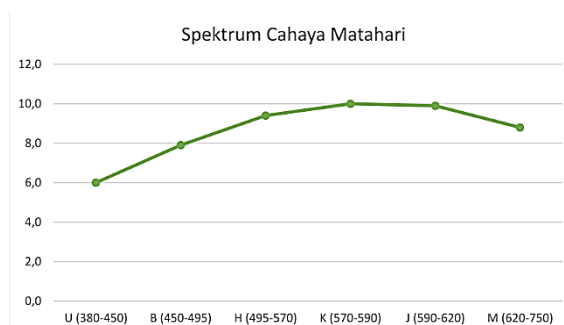
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Agricia dkk. (2020), spektrum warna cahaya buatan yang mendekati spektrum sinar matahari adalah spektrum warna putih. Spektrum warna putih menghasilkan panjang gelombang yang dibutuhkan tanaman yaitu 351,40 nm hingga 698,20 nm karena panjang gelombang tersebut berada pada rentang PAR (*photosynthetic active radiation*) yaitu 400 sampai dengan 700 *nanometers* sehingga dapat diserap secara sempurna oleh klorofil yang kemudian digunakan untuk proses fotosintesis (Partogi, 2024). Studi oleh Nozue dkk. (2018), menyatakan bahwa penggunaan lampu LED putih spektrum luas bernilai ekonomis dan dapat memacu pertumbuhan *microgreen* selada secara *indoor*. Penggunaan LED putih efektif sebagai pencahayaan ruangan dan sumber cahaya fotosintesis tanaman, tanpa menyebabkan ketidaknyamanan visual yang sering ditimbulkan oleh LED monokromatik biru dan merah (Sharakshane, 2017). Penelitian menunjukkan bahwa cahaya LED putih memiliki spektrum luas yang efektif pada fase vegetatif tanaman berdasarkan pengukuran luas daun, berat kering akar, dan tinggi tanaman (Zare dkk., 2024). Cahaya LED putih dapat meningkatkan laju fotosintesis karena mampu menstimulasi pigmen dan fotoreseptor (Hammock, 2023). Selain itu, kadar total protein pada *microgreen* kacang tunggak meningkat secara signifikan dengan perlakuan cahaya LED putih (Zhang dkk., 2020).

Lampu LED putih memiliki berbagai suhu warna yaitu *warm white*, *neutral white*, *cool white*, dan *cool daylight*. Lampu LED cool daylight (6500K) memiliki spektrum cahaya yang dapat menjadi alternatif pengganti dari sinar matahari. Lampu LED cool daylight dapat meningkatkan perkecambahan karena tidak mengeluarkan suhu tinggi (Ridwan dkk., 2022). Hasil penelitian Ruppenthal (2012), mendukung pernyataan Ridwan dkk. (2022), bahwa suhu warna 6500 Kelvin sangat sesuai untuk pertumbuhan *microgreen* karena kemampuannya meniru sinar matahari alami. Spektrum cahaya dengan temperatur warna 6500K atau *cool daylight*, efektif untuk pertumbuhan tanaman karena kaya akan cahaya

biru yang penting bagi fase vegetatif (Cavallaro dan 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 dkk., 2023). Lampu dengan cahaya putih memiliki intensitas lux tertinggi dibandingkan lampu lainnya, karena cahaya putih mencakup seluruh spektrum warna yang dibutuhkan tanaman. Semakin tinggi intensitas cahaya yang dipantulkan, semakin lebar spektrum cahaya tersebut, yang memberikan keuntungan bagi tanaman, sehingga proses fotosintesis dapat berlangsung lebih cepat (Alhadi dkk., 2016).



Gambar 6. Grafik spektrum cahaya LED putih
Sumber: (Agricia dkk., 2020)



Gambar 7. Grafik spektrum cahaya matahari
Sumber: (Agricia dkk., 2020)

Intensitas cahaya merupakan faktor yang perlu diperhatikan dalam budidaya tanaman secara *indoor* karena berpengaruh terhadap pertumbuhan, biomassa dan pembentukan klorofil. Semakin tinggi intensitas cahaya maka semakin tinggi juga energi yang diserap oleh klorofil, akan tetapi intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat meningkatkan suhu daun, stomata menutup, dan merusak klorofil sehingga dapat menurunkan kadar klorofil dan menghambat proses fotosintesis. Apabila

intensitas cahaya terlalu rendah dapat menurunkan produksi pigmen sehingga kadar klorofil juga berkurang dan menghambat 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 (Danurwendo, 2010).

Intensitas cahaya mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap metabolisme dan morfologi tanaman, termasuk ukuran daun, pertumbuhan batang, tinggi tanaman, dan perkembangan akar (Mitache dkk., 2024). Intensitas cahaya mengukur jumlah energi yang dipancarkan oleh sumber cahaya ke arah tertentu per satuan sudut. Ini menunjukkan seberapa terang cahaya dalam arah tersebut dan diukur dalam satuan Candela (Cd) menurut standar internasional. Intensitas cahaya yang mencapai permukaan sering dihitung dalam satuan lux (lx). Satuan lux ini menggambarkan tingkat pencahayaan atau kecerahan yang dirasakan pada area seluas satu meter persegi (Michael dkk., 2020).

Intensitas cahaya sangat penting untuk menentukan efektivitas pencahayaan dalam berbagai situasi, termasuk dalam mendukung proses fotosintesis pada tanaman, di mana tingkat intensitas yang tepat dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman (Danurwendo, 2010). Intensitas cahaya yang ideal untuk mendukung pertumbuhan *microgreen* umumnya berada dalam kisaran 1000 hingga 4000 lux (Ariany dkk., 2013). Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Schramm (2018), intensitas cahaya 1000 hingga 6000 lux menghasilkan pertumbuhan *microgreen* yang optimal. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Suyanto (2011), tanaman tomat yang diberi intensitas cahaya LED antara 1000 hingga 2000 lux menghasilkan kadar klorofil-a optimal pada intensitas 1750 lux. Pada penelitian mengenai *microgreen* basil, intensitas cahaya sebesar 3515 lux pada media *rockwool* terbukti dapat menghasilkan bobot segar (6,08 g dari benih 1 g) dan jumlah klorofil terbaik (Ikrarwati dkk., 2020). Penelitian lain yang dilakukan oleh Toscano dkk. (2021), menunjukkan bahwa intensitas cahaya sebesar 3000 lux dapat meningkatkan hasil panen serta kualitas nutrisi pada *microgreen* bayam merah dan sawi. Selain itu, penelitian yang dilakukan Mali dan Aery (2009), menemukan bahwa fotoperiode 12 jam dengan intensitas cahaya 3200 lux dapat menghasilkan

peningkatan yang signifikan pada indikator pertumbuhan kacang tunggak, seperti panjang tunas, panjang akar, luas daun, dan kandungan klorofil. Pada *microgreen* kacang lentil dan kacang arab intensitas cahaya 5700 hingga 7000 lux berpengaruh baik terhadap biomasa dan tinggi tanaman (Mitache dkk., 2024). Pada *microgreen* kacang hijau intensitas cahaya 4345 hingga 5704 lux berpengaruh baik terhadap peningkatan vitamin A (retinol), vitamin C (asam askorbat), dan β -karoten (Rani dkk., 2024). Penelitian oleh Balázs dkk. (2023), mengungkapkan bahwa *microgreen* kacang polong yang diberi intensitas penyinaran dalam rentang 3000 hingga 6000 lux, menghasilkan bobot segar tertinggi pada intensitas penyinaran 6000 lux dengan rata-rata 2,35 g per tanaman. Temuan penelitian oleh Wulan dkk. (2018), menyatakan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap morfologi tanaman puring, termasuk perbedaan tampilan fisik daun, batang, dan lebar tajuk pada tiga jenis puring. Penambahan intensitas cahaya dapat meningkatkan jumlah daun dan diameter batang pada ketiga jenis tanaman puring. Sebaliknya, pengurangan intensitas cahaya dapat menurunkan lebar daun, panjang daun, lebar tajuk, sudut duduk daun, dan luas daun spesifik pada ketiga jenis puring. Penelitian yang dilakukan oleh Elam (2018), menyatakan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman. Apabila intensitas cahaya kurang, hal ini dapat menyebabkan etiolasi pada tanaman, yang ditandai dengan pertumbuhan yang panjang, kurus, dan pucat. Temuan ini menunjukkan bahwa intensitas cahaya memainkan peran penting dalam memodifikasi karakteristik morfologis tanaman, yang juga berkontribusi pada kualitas pertumbuhannya.

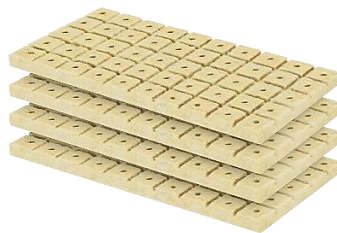
2.1.3 Media tanam

Pemilihan media tanam yang tepat sangat penting untuk menunjang pertumbuhan tanaman secara optimal. Media tanam berfungsi menjaga kelembaban di sekitar akar serta menyediakan unsur hara dan air yang dibutuhkan tanaman (Gustia dan Rosdiana, 2019). Sebagai tempat tumbuh, media tanam harus mampu menjadi penopang yang stabil, memiliki drainase dan aerasi yang baik, serta tidak menjadi sumber penyakit bagi tanaman (Mamonto dkk., 2019). Selain itu, media tanam yang ideal sebaiknya mudah diperoleh, berasal dari sumber yang dapat diperbarui, dan memiliki harga yang terjangkau (Amilah, 2012; Gofar dkk., 2022).

Media ini juga perlu mampu mengikat air dan unsur hara dengan baik, menyediakan udara di sekitar akar, serta memiliki pH dalam kisaran 5,5 hingga 6,5 untuk mendukung pertumbuhan optimal (Pinto dkk., 2015). Beberapa media tanam yang digunakan dalam budidaya *microgreen* pada percobaan ini adalah sebagai berikut:

a) *Rockwool*

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 dkk., 2023). Media tanam *rockwool* menghasilkan kadar air tertinggi pada *microgreen* sawi hijau dengan rata-rata 14,63% dan tinggi tanaman rata-rata 11,73 cm dibandingkan dengan *cocopeat* dan tanah. Hal ini disebabkan oleh kandungan ruang pori *rockwool* yang mencapai 95%, sehingga kapasitasnya untuk menahan air sangat besar (Bintang dkk., 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Tria dkk. (2023), pada budidaya *microgreen* bunga matahari, media tanam *rockwool* menghasilkan berat segar terbaik dengan rata-rata 0,86 g per tanaman dan tinggi tanaman rata-rata 9,81 hingga 11,71 cm. Ikrarwati dkk. (2020), menyatakan bahwa dari tiga jenis media tanam *rockwool*, sekam bakar dan *cocopeat* pada *microgreen* basil menunjukkan bahwa media tanam *rockwool* merupakan media tanam terbaik karena media tanam tersebut menyerap nutrisi dan air secara optimal. Media tanam *rockwool* mengandung unsur hara penting seperti fosfor (P) dan kalium (K), selain itu media tanam *rockwool* juga memiliki daya simpan air yang lebih banyak dibandingkan dengan media tanam lainnya sehingga media menjadi lembab dan kebutuhan air untuk fotosintesis pada tanaman dapat terpenuhi (Bintang dkk., 2021)



Gambar 8. Media tanam *rockwool*
Sumber: (Vivosun, 2024)

b) Vermikompos

Vermikompos adalah produk yang dihasilkan dari penguraian material organik oleh cacing tanah melalui proses vermikomposting. Hasil penguraian ini mengandung mikroorganisme yang mampu meningkatkan aktivitas biologis tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas retensi air, dan menyediakan nutrisi yang mudah diserap oleh tanaman, sekaligus mendukung metode pertanian ramah lingkungan dan berkelanjutan (Şahin dkk., 2018). Vermikompos memberikan banyak manfaat bagi tanaman dan tanah, terutama karena kandungannya yang kaya akan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, kalium, magnesium, dan kalsium, serta vitamin, hormon pertumbuhan, humat, enzim, dan antioksidan yang bermanfaat untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara langsung. Selain itu, vermikompos meningkatkan struktur tanah dengan mengoptimalkan porositas dan aerasi, yang mendukung pertumbuhan akar dan penyerapan air. Penerapan vermikompos juga terbukti meningkatkan biomassa akar tanaman. Keunggulan utama vermikompos yaitu mengandung unsur hara tanaman dalam bentuk yang dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman karena telah melalui proses dekomposisi mesofilik pada pencernaan cacing tanah (Şahin dkk., 2018).

Hasil penelitian Weber (2016), menunjukkan bahwa *microgreen* kubis dan selada yang dipanen pada usia 7 hari memiliki kandungan nutrisi lebih tinggi ketika ditanam di media vermikompos dibandingkan dengan nutrisi hidroponik, baik dari segi makronutrien maupun mikronutrien. Pada 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.



Gambar 9. Media tanam vermikompos
Sumber: (Flipkart, 2021)

2.1.4 *Microgreen*

Microgreen adalah sayuran kecil yang dihasilkan dari berbagai spesies tanaman sayuran maupun herba yang kotiledonnya sudah berkembang sempurna, dengan atau tanpa munculnya sepasang daun sejati pertama (Xiao dkk., 2012). Tergantung dari spesies yang ditanam, *microgreen* secara umum dapat dipanen pada umur 7 hingga 21 hari. Panen dilakukan dengan memotong tanaman tepat di atas permukaan media tanam, tanpa akar, dengan panjang sekitar 3 hingga 9 cm. Bagian yang dikonsumsi adalah batang, kotiledon, serta daun sejati pertama apabila telah tumbuh. Berbeda dengan kecambah yang dipanen pada usia 3 hingga 5 hari, di mana yang dikonsumsi adalah akar, batang, dan biji kotiledon yang belum terbuka. Sementara itu, *baby greens* dipanen pada usia 21 hingga 40 hari, dengan batang dan beberapa daun yang mulai mengeras seperti *baby corn*. Sayuran dewasa atau *matured vegetables* biasanya dipanen pada usia 40 hingga 60 hari dan memiliki tekstur yang lebih keras dibandingkan *baby greens* (Agus, 2021).

Microgreen merupakan pangan fungsional dengan kandungan senyawa bioaktif, seperti polifenol, β karoten, dan asam askorbat, yang 4 hingga 6 kali lebih tinggi serta memiliki kepadatan nutrisi lebih besar dibandingkan sayuran dewasa. (Xiao dkk., 2012). Meskipun *microgreen* berukuran kecil, namun konsentrasi nutrisi dan senyawa bioaktif pada *microgreen* lebih padat dibandingkan tanaman dewasa. Hal ini dikarenakan *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 selama proses perkecambahan, munculnya kecambah, dan perkembangan tanaman (Arya S, 2021).

Studi oleh Galieni dkk. (2020) menyatakan bahwa *microgreen* kacang tunggak usia 7 hari setelah tanam meningkatkan laju fitokimia dan bioaktivitas isoflavonoid (*coumestans*, *isoflavans pterocarpanes*, *isoflavones isoflavanones*). Sayuran kacang tunggak mampu mengurangi malnutrisi protein, kalori dan defisiensi zat besi di negara-negara seperti Nigeria, Tanzania, Uganda, Ethiopia, dan Afrika Selatan (Enyiukwu dkk., 2018). Selain itu, temuan penelitian oleh Yasser dkk. (2020), menunjukkan bahwa kecambah kacang tunggak berpotensi menjadi bahan formulasi makanan pelengkap untuk bayi usia 6 bulan guna mencegah malnutrisi dan penyakit kardiovaskular. Penelitian ini juga menyatakan bahwa kandungan nutrisi kecambah kacang tunggak (seng, fosfor, antioksidan dan zat besi) meningkat selama proses germinasi (48 jam) dari pada biji mentah.

Microgreen baik dikonsumsi secara mentah guna memaksimalkan manfaat kandungan senyawa bioaktif seperti vitamin dan pigmen (klorofil, karotenoid dan flavonoid) yang bermanfaat bagi tubuh manusia (Agus, 2021). Lebih lanjut, *microgreen* juga dapat dikonsumsi sebagai salad, jus, maupun sebagai garnish suatu hidangan (Xiao dkk., 2012).



Gambar 10. *Microgreen* kacang tunggak
Sumber: Pribadi

2.2 Kerangka berpikir

Intensitas cahaya merupakan faktor penting dalam budidaya *microgreen* secara *indoor* karena mendukung proses fotosintesis yang memengaruhi metabolisme dan morfologi, seperti ukuran daun, pertumbuhan batang, panjang akar, dan pembentukan klorofil (Mitache dkk., 2024). Dalam sistem budidaya tanaman secara *indoor*, cahaya buatan seperti lampu LED telah digunakan untuk menggantikan sinar matahari. Lampu LED memungkinkan kontrol spektrum dan

intensitas cahaya yang lebih baik dibandingkan sumber cahaya buatan lainnya, sehingga memberikan pertumbuhan tanaman yang seragam dan optimal (Kozai dkk., 2016). Penggunaan lampu LED dengan suhu warna 6500K (*cool daylight*) dinilai sangat ideal karena mampu meniru spektrum sinar matahari alami. Cahaya ini kaya akan panjang gelombang biru yang mendukung fase vegetatif tanaman serta panjang gelombang merah yang mendukung fotosintesis pada berbagai tahap perkembangan (Ridwan dkk., 2022). Selain itu, lampu dengan suhu warna 6500K juga tidak menghasilkan panas yang berlebihan, sehingga tidak mengakibatkan kerusakan pada tanaman (Cavallaro dan Muleo, 2022).

Intensitas cahaya yang sesuai terbukti dapat meningkatkan biomassa, kandungan klorofil, vitamin, dan komponen bioaktif lainnya pada *microgreen* (Toscano dkk., 2021). Tidak semua intensitas cahaya mendukung proses fotosintesis tanaman. Intensitas cahaya yang terlalu rendah dapat menurunkan produksi pigmen dan kadar klorofil sehingga menghambat fotosintesis, sedangkan intensitas cahaya yang terlalu tinggi dapat meningkatkan suhu daun dan merusak klorofil, yang pada akhirnya juga menghambat fotosintesis (Mustofa, 2022). Penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya ideal untuk budidaya *microgreen* berkisar antara 1000 hingga 6000 lux, bergantung pada jenis tanaman yang dibudidayakan (Schramm, 2018).

Media tanam adalah substrat atau bahan yang berfungsi sebagai tempat tumbuh tanaman. Media tanam yang baik berperan dalam menyediakan air, nutrisi, dan udara untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman (Gustia dan Rosdiana, 2019). Dalam budidaya *microgreen*, media tanam yang ideal harus memiliki kemampuan menyimpan air, menyediakan nutrisi, serta mendukung drainase dan aerasi yang baik (Mamonto dkk., 2019). Sebagai contoh, *rockwool* adalah media tanam yang memiliki porositas tinggi sehingga dapat menyerap dan menyimpan air dengan optimal, mendukung fotosintesis, dan menjaga kelembaban di sekitar akar tanaman (Bintang dkk., 2021). Di sisi lain, vermikompos kaya akan nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium, yang dapat langsung diserap tanaman serta mampu meningkatkan aktivitas biologis di sekitar akar (Şahin dkk., 2018). Penelitian menunjukkan bahwa *microgreen* yang ditanam pada media vermikompos memiliki

kandungan makro dan mikronutrien yang lebih tinggi dibandingkan media hidroponik, seperti besi dan kalium (Weber, 2016).

Dalam budidaya *microgreen* secara *indoor*, intensitas cahaya dan media tanam memiliki hubungan yang erat. Intensitas cahaya mempengaruhi proses penguapan air di sekitar tanaman, sehingga media tanam diperlukan untuk menjaga ketersediaan air. Sebagai contoh, media tanam *rockwool* yang memiliki porositas tinggi dapat mempertahankan kelembaban dan mendukung kebutuhan air untuk fotosintesis meskipun terjadi peningkatan penguapan akibat intensitas cahaya dari lampu LED (Bintang dkk., 2021). Media tanam perlu mempertahankan ketersediaan air yang stabil, sehingga tanaman tetap dapat tumbuh optimal dalam kondisi *indoor* (Mamonto dkk., 2019).

Penelitian yang dilakukan oleh Maru dkk. (2024), menyatakan bahwa terdapat interaksi antara media tanam dan intensitas cahaya LED dalam meningkatkan parameter pertumbuhan, hasil, dan konsentrasi senyawa bioaktif pada tanaman *microgreen Brassica carinata* A. Braun. Oleh sebab itu, keberhasilan budidaya *microgreen* secara *indoor* sangat bergantung pada pengelolaan intensitas cahaya dan pemilihan media tanam yang tepat. Intensitas cahaya memberikan energi untuk fotosintesis, sementara media tanam memastikan penyediaan air dan nutrisi yang dibutuhkan tanaman (Toscano dkk., 2021). Kombinasi kedua faktor ini mendukung pertumbuhan optimal, menghasilkan *microgreen* dengan kandungan nutrisi yang tinggi, biomassa yang maksimal, dan kualitas yang baik (Weber, 2016).

2.3 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Terjadi interaksi antara intensitas cahaya dan media tanam terhadap pertumbuhan dan hasil *microgreen* kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp).
2. Terdapat intensitas cahaya dan media tanam yang berpengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan hasil *microgreen* kacang tunggak (*Vigna unguiculata* L. Walp).