

## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1 KAJIAN PUSTAKA**

Penelitian [11] mengenai pengaruh lama penyinaran LED *Growlight* terhadap pertumbuhan tanaman sawi hijau (*Brassica juncea L*) yang telah dilakukan, berfokus pada analisis pengaruh lama penyinaran dan daya LED terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, jumlah klorofil, dan bobot segar dari hasil penanaman sawi hijau. Dengan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah lama penyinaran LED *growlight* dengan 4 taraf perlakuan yaitu lama penyinaran (L) yang terdiri kontrol LED putih dan 12 jam penyinaran (L0), lama penyinaran 12 jam dan *growlight* (L1), 16 jam penyinaran dan *growlight* (L2), 20 jam dan *growlight* (L3). Faktor kedua yaitu Daya LED *growlight* yang terdiri gabungan warna merah dan biru dengan perlakuan yang terdiri dari 2 taraf perlakuan yaitu daya LED 6 watt (W1) dan 18 watt (W2). Diperoleh hasil bahwa pengaruh lama penyinaran terhadap hasil pertumbuhan itu nyata, karena dengan beberapa percobaan dan perlakuan lama waktu penyinaran yang berbeda-beda itu berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman sawi. Dan untuk pengaruh daya lampu terhadap pertumbuhan menunjukkan hasil berpengaruh terhadap tinggi tanaman sawi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perlakuan lama penyinaran memberikan pengaruh terhadap jumlah daun dan lama penyinaran yang terbaik itu selama 12 jam. Dan untuk daya lampu LED memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, luas daun, jumlah klorofil, dan bobot segar, dengan pemberian daya lampu terbaik sebesar 18 watt.

Penelitian [12] terkait penggunaan LED pada tanaman kailan dengan menggunakan sistem hidroponik, memiliki tujuan untuk mengkaji substansi cahaya matahari dengan lampu LED untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kailan di dalam ruangan dengan mengetahui pengaruh intensitas lampu LED dan pengaruh lama penyinaran terhadap pertumbuhan tanaman kailan. Metode yang digunakan

dalam penelitian ini yaitu penelitian eksperimental yang dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan pencahayaan lampu LED T5 10 watt dengan lama penyinaran selama 16 jam dan 20 jam. Terdapat 5 perlakuan yaitu warna paparan lampu LED putih (A1), warna paparan lampu LED biru (A2), lama paparan selama 16 jam (b1), lama paparan selama 20 jam (B2), dan kontrol cahaya matahari (K0). Dengan pengambilan data dilakukan seminggu sekali yaitu pengukuran pertumbuhan tanaman seperti tinggi batang, diameter batang, lebar daun, panjang daun, dan jumlah daun. Hasil dari penelitian ini menyatakan bahwa lama penyinaran lampu LED putih selama 20 jam dapat mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kailan dan memberikan hasil yang lebih baik daripada lama penyinaran selama 16 jam.

Penelitian [13] yang telah dilakukan yaitu mengenai pengaruh lama penyinaran lampu LED pada pertumbuhan *fodder* hanjeli (*Coix lacryma-jobi L.*) memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh dari lama penyinaran dengan menggunakan lampu LED terhadap produktivitas *fodder* hanjeli. Dengan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan, 18 unit percobaan, dan 6 ulangan. Perlakuan yang diberikan diantaranya P1 dengan lama penyinaran selama 12 jam, P2 dengan lama penyinaran selama 16 jam, dan L3 dengan lama penyinaran selama 20 jam. Berdasarkan parameter yang diukur pada penelitian ini, yaitu panjang tanaman, tinggi tanaman, dan bahan kering tanaman, diperoleh hasil bahwa pengaruh lama penyinaran dengan penggunaan lampu LED tidak memengaruhi panjang *fodder* hanjeli dimana pertumbuhan panjang tanamannya tidak signifikan. Pengaruh lama penyinaran dengan lampu LED tidak berpengaruh pada tinggi *fodder* hanjeli karena perlakuan lama penyinaran yang diberikan melebihi batas optimal penyinaran tanaman hanjeli. Dan pengaruh lama penyinaran dengan lampu LED tidak mempengaruhi berat kering *fodder* hanjeli. Sehingga dapat disimpulkan bahwa seluruh perlakuan lama penyinaran dengan menggunakan lampu LED selama 12 jam, 16 jam, dan 20 jam telah melebihi batas waktu penyinaran tanaman hanjeli karena menyebabkan kejenuhan pada tanaman sehingga tidak mempengaruhi pada parameter yang ada.

Penelitian [14] mengenai pengaruh kombinasi warna LED dan lama penyinaran pada pertumbuhan *microgreens* basil (*Ocimum basilicum L.*) memiliki

tujuan untuk mengkaji respon pertumbuhan *microgreens* basil terhadap pemberian warna cahaya LED yang berbeda dan mengkaji respon *microgreen* basil terhadap lama penyinaran cahaya LED. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan pola faktorial 5x3 dengan 3 pengulangan, sehingga terdapat 45 percobaan. Dengan faktor pertama yaitu kombinasi warna LED merah 100% : biru 0%, merah 0% : biru 100%, merah 70% : biru 30%, merah 50% : biru 50%, dan merah 30% : biru 70%. Faktor kedua yaitu lama penyinaran lampu LED yaitu 12 jam, 16 jam, dan 20 jam. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa pemberian kombinasi warna berpengaruh terhadap tinggi tanaman dan lama penyinaran juga berpengaruh terhadap ketinggian tanaman dengan durasi penyinaran selama 12 jam yang menghasilkan pertumbuhan yang cukup bagus, karena sudah memenuhi standar. Berdasarkan berat tajuk tanaman, perlakuan kombinasi warna cahaya dan lama penyinaran tidak berpengaruh karena hasil tidak signifikan. Berdasarkan kandungan klorofil total, perlakuan kombinasi warna cahaya dan lama penyinaran itu berpengaruh, dengan pemberian durasi selama 20 jam dan cahaya merah 100% menunjukkan interaksi yang sudah cukup baik untuk meningkatkan kandungan klorofil pada tanaman basil. Dengan kombinasi warna cahaya merah 100% dengan durasi lama penyinaran selama 20 jam dapat berpengaruh pada kandungan karotenoid pada tanaman basil. Dan kombinasi warna cahaya juga lama penyinaran tidak berpengaruh pada terhadap kandungan fenol yang terdapat pada tanaman basil. Sehingga dapat disimpulkan interaksi antara kombinasi warna cahaya dengan lama penyinaran berpengaruh terhadap pertumbuhan ketinggian tanaman basil.

Penelitian [15] mengenai pengaruh penyinaran lampu LED terhadap nutrisi pada *microgreen* kangkung (*Ipomoea retant*) bertujuan untuk mengetahui interaksi antara jenis lampu dan lama penyinaran dengan menggunakan LED merah, biru, kuning dan juga lama waktu penyinaran terhadap kualitas nutrisi *microgreens* kangkung. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Percobaan Petak Terbagi (*Split Plot Design*) dengan 9 perlakuan dan 3 ulangan. Terdapat beberapa faktor yang diujikan diantaranya, faktor pertama mengenai warna lampu yang digunakan yaitu merah, biru, dan kuning. Untuk faktor kedua mengenai lama penyinaran yang digunakan

yaitu selama 6 jam, 12 jam, dan 18 jam. Dimana penyinaran dilakukan setiap hari sesuai dengan perlakuan dimulai dari penanaman hingga panen dengan waktu selama 14 hari. Dengan beberapa parameter yang diamati dalam penelitian ini yaitu kadar air, total klorofil, total vitamin c, total padatan terlarut yang menghasilkan bahwa dengan penggunaan lampu LED biru dengan lama penyinaran selama 6 jam berpengaruh terhadap kadar air yang tinggi. Lama penyinaran 18 jam menunjukkan hasil tertinggi pada pertumbuhan klorofil. Lama penyinaran 6 jam dengan warna LED merah dapat berpengaruh pada kandungan karoten. Untuk perlakuan lampu LED biru dengan lama penyinaran selama 12 jam berpengaruh pada total padatan terlarut yang semakin tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penyinaran antara 6-12 jam sehari dapat membantu menjaga kualitas nutrisi pada tumbuhan dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman secara optimal.

Penelitian [16] mengenai pengaruh durasi penyinaran LED terhadap pertumbuhan lobak dan wortel telah dilakukan, dimana tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis pertumbuhan *microgreens* berdasarkan durasi penyinaran yang berbeda-beda dan menentukan durasi penyinaran yang paling efektif. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode eksperimen dengan menggunakan *Box* berukuran 32 cm x 32 cm x 15 cm sebagai tempat penanaman dengan 2 skenario pengujian dan lama waktu penanaman 10 hari. Untuk skenario pertama tanaman lobak dan wortel disinari selama 12 jam, diberikan pencahayaan dengan kombinasi warna merah 50% dan warna biru 50%, diberikan pencahayaan dengan warna 100% merah, dan diberikan pencahayaan dengan warna 100% biru. Dan untuk skenario kedua tanaman lobak dan wortel disinari selama 18 jam, dengan penggunaan kombinasi warna cahaya sama seperti skenario pertama. Penelitian ini memperoleh hasil bahwa lama penyinaran sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan *microgreens* lobak karena lobak merupakan tumbuhan hari panjang atau tumbuhan yang akan semakin bertumbuh dengan baik jika mendapatkan pencahayaan semakin lama, sedangkan pada *microgreens* wortel itu tidak berpengaruh karena wortel merupakan tanaman hari netral atau tumbuhan yang tidak dipengaruhi oleh lama penyinaran melainkan dipengaruhi oleh usia. Sehingga, lama penyinaran yang paling optimal untuk *microgreens* lobak yaitu selama 18 jam dan untuk *microgreens* wortel selama 12 jam.

Penelitian [17] tentang pengaruh penggunaan *artificial lighting* pada tanaman bayam telah dilakukan, dimana penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui pengaruh dari intensitas cahaya pada proses pertumbuhan tanaman bayam dan mengetahui pengaruh cahaya LED terhadap pembibitan tanaman bayam. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu merancang cahaya buatan menggunakan larik LED RGB yang disusun secara paralel dengan komposisi 3 larik warna merah dan 3 larik warna biru dengan masing-masing larik memiliki panjang 30 cm dan melakukan perbandingan dengan sinar matahari. Hasil dari penelitian ini, rata-rata tinggi dari tanaman bayam dengan penggunaan cahaya LED yaitu 0,802 sedangkan dengan penggunaan sinar matahari memiliki tinggi 1,302 cm. Tetapi kualitas tanaman yang dihasilkan dengan penggunaan cahaya LED memiliki batang yang lebih segar, sedangkan untuk tanaman dengan menggunakan cahaya matahari memiliki batang yang cenderung pucat. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan cahaya LED hasil dari proses penyemaian tanaman bayam akan lebih baik dengan menggunakan cahaya matahari.

## **2.2 DASAR TEORI**

### **2.2.1 *Smart Agriculture***

*Smart Agriculture* adalah sebuah pendekatan modern dalam sektor pertanian yang mengintegrasikan teknologi masa kini untuk mendukung produktivitas pertanian dengan tingkat keberhasilan yang tinggi. Pendekatan ini dirancang untuk menyesuaikan dengan perubahan kondisi lingkungan pertanian, memprediksi hasil panen dengan lebih akurat, serta mengatasi berbagai tantangan yang dihadapi oleh para petani. Karena dengan memanfaatkan teknologi, petani dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan pertanian. Selain itu, *smart agriculture* juga bertujuan untuk meningkatkan produktivitas pertanian dengan mengoptimalkan penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan energi, meningkatkan kualitas hasil pertanian, dan membantu para petani dalam mengelola risiko yang dapat mempengaruhi hasil panen. Dan diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam hal perawatan, pemantauan dan pengelolaan terhadap kondisi tanaman tanpa terkendala oleh jarak dan waktu [18].



**Gambar 2.1 *Smart Agriculture* [19]**

Pada gambar 2.1 dapat dilihat konsep dari *smart agriculture* yaitu berfokus pada penggunaan teknologi seperti sensor, *Internet of Things* (IoT), kecerdasan buatan (AI), dan analisis data. Teknologi ini digunakan untuk mengumpulkan data secara *real time* mengenai kondisi lingkungan pertanian, seperti pertumbuhan tanaman, suhu, kelembaban, dan kualitas tanah [19]. Dengan itu data dianalisis untuk dilakukan pengambilan keputusan yang lebih efisien dalam manajemen pertanian. Dimana *smart agriculture* disebut juga dengan *smart farming* yang merupakan salah satu pengelolaan pertanian dengan memanfaatkan teknologi untuk dapat meningkatkan daya saing dan keuntungan secara berkelanjutan.

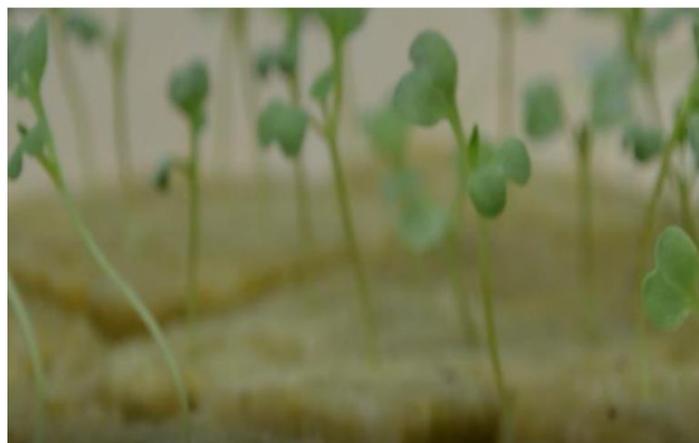
### **2.2.2 *Plant Factory***

*Plant factory* merupakan sebuah konsep yang melibatkan pembuatan fasilitas yang dirancang untuk menciptakan suatu lingkungan yang sangat mendukung pertumbuhan tanaman. Lingkungan ini harus diatur dan dikendalikan dengan sangat cermat dan teliti, sehingga dapat memungkinkan tanaman tumbuh dengan kondisi yang sangat optimal. Konsep dari *plant factory* telah menjadi inovasi yang sangat penting dalam pertanian *modern*. *Plant factory* memungkinkan pertanian berlangsung sepanjang tahun dan tidak tergantung pada perubahan cuaca atau musim [20]. Dengan demikian, *plant factory* tidak hanya meningkatkan produksi tanaman tetapi juga memungkinkan pertanian yang dilakukan pada lahan yang terbatas.



**Gambar 2.2 Plant Factory [18]**

Pada gambar 2.2 metode budidaya dalam *plant factory* yaitu menggunakan sistem hidroponik. Sistem hidroponik merupakan metode bertanam yang tidak melibatkan tanah sebagai media utamanya, melainkan menggunakan media seperti batu, serabut keapa, potongan kayu, dan juga busa sebagai pengganti tanah. Konsep ini berasal dari penggantian peran tanah sebagai penopang akar tanaman dan juga perantara nutrisi [21]. Dengan ini, hidroponik memanfaatkan air sebagai media utama bagi pertumbuhan tanaman. Sistem hidroponik ini dapat diterapkan di lingkungan perkotaan maupun pedesaan, serta pemeliharaannya yang mudah dan dapat dipanen sepanjang tahun [22]. Sistem bercocok tanam secara hidroponik juga menjadi pilihan paling efektif dalam mengatasi kendala lahan pertanian yang sempit dan terbatas. Salah satu keunggulan dari sistem hidroponik yaitu tidak terikat dengan musim, sehingga dapat menghasilkan panen yang konsisten dan dapat memaksimalkan pertumbuhan secara optimal.



**Gambar 2.3 Hidroponik [18]**

Pad gambar 2.3 budidaya sistem hidroponik dapat dilakukan di dalam ruangan sehingga dapat mengatasi permasalahan mengenai keterbatasan lahan pertanian. Sistem pertanian di dalam ruangan terdapat beberapa faktor yang dapat dikendalikan, diantaranya cahaya, suhu, dan sirkulasi udara yang disebut dengan pertanian di dalam ruangan atau *indoor farming* [23]. *Indoor farming* merupakan jenis pertanian vertikal yang dilakukan di dalam ruangan dengan berbagai bentuk metode. Tanaman dapat ditanam dengan berbagai media, seperti air untuk metode hidroponik, kolam untuk akuaponik, udara untuk aeroponik, dan tanah [24].



**Gambar 2.4 *Indoor Farming* [24]**

Dengan sistem ini, tanaman dapat tumbuh dengan sehat dan bebas dari serangan hama maupun penggunaan pestisida. Dan perawatan tanaman di dalam ruangan juga memungkinkan kontrol yang lebih baik terhadap pertumbuhannya seperti pada gambar 2.4. Tetapi, pertanian dalam ruangan (*indoor farming*) memerlukan teknik khusus agar kondisi tanaman dapat terkontrol dengan efektif [25]. Salah satu jenis tanaman yang dapat ditanam secara hidroponik di dalam ruangan yaitu *microgreens*. *Microgreens* merupakan bibit muda dari tumbuhan yang dipanen pada usia muda, yaitu berkisar 7-14 hari setelah proses penyemaian. Menanam *microgreen* memiliki banyak keunggulan, terutama dalam hal kandungan gizi. Karena dipanen pada tahap pertumbuhan, *microgreens* mengandung konsentrasi nutrisi yang tinggi, termasuk vitamin dan mineral. Hal membuat *microgreens* ideal untuk sistem *indoor farming* karena waktu dan tempat dimanfaatkan dengan efisien. Selain itu, proses pertumbuhan yang singkat memungkinkan panen lebih cepat dan lebih sering dibandingkan dengan tanaman yang membutuhkan waktu lebih lama untuk matang [26].



**Gambar 2.5 *Microgreens***

Pada gambar 2.5 *microgreens* ini dijadikan sebagai pilihan yang sangat baik untuk memperoleh nutrisi yang optimal dibandingkan dengan sayuran dewasa. Selain itu, *microgreen* memiliki kandungan senyawa seperti alkaloid, klorofil, antosianin, dan karotenoid yang berperan sebagai antioksidan.

### **2.2.3 Daun Mint**

Daun mint adalah tanaman yang berasal dari Benua Eropa, tetapi tanaman ini sudah menyebar luas dan dapat ditemukan di berbagai wilayah di seluruh dunia, termasuk Afrika, Asia, Amerika, dan Australia. Daun mint dikenal sebagai tanaman herbal yang aromanya dikenal sangat khas. Dalam penggunaannya, terdapat tiga jenis daun mint yang terkenal, diantaranya *Mentha Arvensis*, *Mentha Piperta*, dan *Mentha Spicata* [27]. Daun mint merupakan tanaman herbal yang memiliki batang yang ramping, yang daunnya berwarna hijau tua dengan pembuluh daun berwarna kemerahan, tingginya mencapai 30 sampai 90 cm. Dengan panjang daun sekitar 4 sampai 9 cm, dan lebarnya sekitar 1,5 sampai 4 cm. Daun mint ini memiliki tepi yang kasar dan ujung yang tajam, serta ditutupi oleh bulu halus. Bunga dari daun mint berwarna ungu dengan panjang 6 sampai 8 mm, dengan mahkota empat lobus yang berdiameter kurang lebih 5 mm. Pada sekitar batangnya terdapat duri-duri tebal dan tumpul yang tersusun dalam pola melingkar. Dan bunga daun mint akan tumbuh pada pertengahan hingga akhir musim panas, dan akan menambah keindahan tanaman ini. Tanaman mint juga dikenal memiliki sifat tahan terhadap berbagai kondisi lingkungan, sehingga menjadikannya populer di berbagai belahan dunia sebagai tanaman herbal yang mudah tumbuh dan sangat bermanfaat.



**Gambar 2.6 Daun Mint**

Gambar 2.6 yaitu jenis daun mint yang paling sering digunakan di Indonesia yaitu *Mentha Piperta* atau *Pappermint* karena daun mint jenis ini salah satu *varietas* yang paling terkenal dan sering digunakan dalam pengobatan tradisional. *Pappermint* memiliki warna yang bervariasi dari hijau tua hingga ke ungu-unguan [28]. Unsur utama dari daun *pappermint* yaitu minyak atsiri 0,5-4%, *menthol* 30-55%, dan *menthone* 14-32%. Daun *pappermint* juga memiliki aroma yang kuat dan segar, juga sentuhan rasa mint yang sangat tajam. Aroma wangi daun *pappermint* disebabkan oleh kandungan minyak atsiri. Minyak atsiri merupakan zat yang memberikan aroma pada tumbuhan yang didapatkan dengan penyulingan atau destilasi. Selain itu, pada daun *pappermint* terdapat kandungan *menthol* yang dikenal memiliki sifat menenangkan yang dapat memulihkan stamina tubuh, pencegahan demam, mengatasi nyeri saat menstruasi, dan dapat membantu meredakan masalah pencernaan seperti gangguan lambung dan mual [29].

#### **2.2.4 Rockwool**

*Rockwool* adalah salah satu media tanam yang biasa digunakan untuk sistem hidroponik. Penggunaan *rockwool* dapat mendukung tanaman dalam memperoleh nutrisi yang optimal, karena media tanam ini dapat memepertahankan air yang terkandung di dalamnya. Media tanam ini memiliki beberapa peran tambahan pada tumbuhan, diantaranya dapat memperkuat dinding sel, merangsang pertumbuhan

akar dengan peningkatan proses *enzimatis* dan hormonal, juga berperan sebagai pelindung dari panas, hama, dan penyakit [30]. Selain itu, *rockwool* juga merupakan salah satu media tanam yang sifatnya ramah untuk lingkungan, karena *rockwool* memiliki drainase dan dapat menampung air dengan baik [31].



**Gambar 2.7 Rockwool [31]**

Pada gambar 2.7 *rockwool* juga memiliki karakteristik ramah lingkungan karena dibuat dari batuan yang dilelehkan dan membentuk serat-serat. Struktur serat-serat pada *rockwool* memungkinkan penyerapan air, pupuk cair, dan udara yang mendukung perkembangan akar dan penyerapan nutrisi tanaman. Penggunaan *rockwool* sebagai media tanam telah terbukti sebagai pilihan yang aman, praktis, ekonomis, dan sangat efektif [32].

### **2.2.5 Stek Batang Tanaman Mint**

Stek mint dipilih dari bagian batang yang telah mencapai kedewasaan, dengan melakukan pemotongan sepanjang sekitar 4 ruas batang. Dengan bagian bawah stek yang telah dipotong kemudian diberikan perlakuan khusus dengan menggunakan zat perangsang tumbuhan, untuk merangsang pertumbuhan akar. Setelah itu, stek mint yang telah diolah ditanam dengan menancapkan bagian bawahnya ke dalam media tanam berbahan *rockwool*. Proses penanaman pada *rockwool* ini bertujuan untuk memberikan kondisi optimal bagi pertumbuhan akar dan penyediaan nutrisi bagi stek mint [33].



**Gambar 2.8 Stek Tanaman Mint**

Pada gambar 2.8 stek mint yang telah ditanam pada *rockwool* ditempatkan dalam wadah yang cukup luas, dan diletakkan di tempat yang terlindungi dari sinar matahari langsung untuk mencegah kelebihan penguapan air dan perlindungan terhadap stek mint yang masih rentan terhadap paparan sinar matahari yang berlebihan. Setelah masa inkubasi selama sekitar 5-7 hari, stek mint yang telah menghasilkan tunas akan dipindahkan ke dalam media tanam yang lebih besar. Langkah ini bertujuan untuk memberikan ruang yang lebih luas bagi pertumbuhan dan perkembangan lebih lanjut bagi tanaman mint yang telah bertunas.

Terakhir, tanaman mint yang telah ditanam akan dipindahkan ke dalam *screenhouse*, sebuah struktur yang dirancang khusus untuk memberikan lingkungan tumbuh yang terkontrol, melindungi tanaman dari cuaca ekstrem, serangga, dan penyakit. Penempatan tanaman di dalam *screenhouse* akan dilakukan sesuai dengan susunan yang telah diacak sebelumnya, untuk memastikan penyebaran yang merata, optimalisasi penerimaan cahaya matahari, serta sirkulasi udara yang baik bagi pertumbuhan tanaman mint secara keseluruhan.

### **2.2.6 Artificial Lighting**

Cahaya memiliki peranan penting dalam pertumbuhan tanaman, karena tanaman memanfaatkan cahaya sebagai sumber energi utama untuk proses fotosintesis. Dalam budidaya hidroponik di dalam ruangan, cahaya alami dari matahari tidak cukup tersedia. Oleh karena itu, diperlukannya cahaya tambahan sebagai pengganti cahaya matahari. Salah satunya yaitu dengan penggunaan cahaya

buatan atau *artificial lighting* yang memanfaatkan sumber pencahayaannya dari lampu LED [34].

Pencahayaan buatan adalah jenis pencahayaan tambahan yang diperlukan untuk menggantikan atau melengkapi cahaya matahari. Dengan menggabungkan cahaya alami dan buatan, dapat meningkatkan kenyamanan terutama ketika lampu yang digunakan mampu menghasilkan cahaya alami yang menyerupai cahaya matahari [35]. Pencahayaan buatan biasa disebut dengan *artificial lighting* yang melibatkan pengaturan serangkaian *Light Emitting Diode* (LED) secara vertikal untuk menghasilkan panjang gelombang yang diperlukan, terutama untuk memenuhi kebutuhan pertumbuhan tanaman [36].



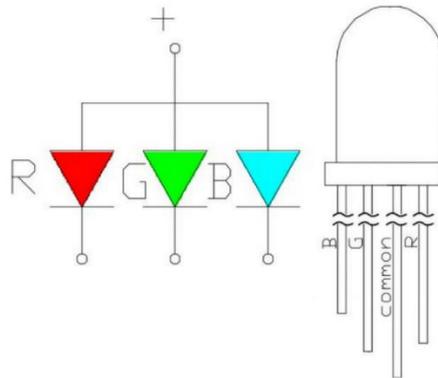
**Gambar 2.9 Artificial Lighting**

Dalam sistem ini, LED mengeluarkan cahaya dalam spektrum tertentu yang sesuai dengan keperluan tanaman. Kemajuan teknologi pencahayaan buatan (*Artificial Lighting*) seperti pada gambar 2.9 ini telah memberikan kontribusi besar dalam pertanian. Karena sistem pencahayaan buatan ini dilengkapi kontrol elektronik yang dapat digunakan untuk mengatur cahaya yang diterima oleh tanaman. Dengan menerapkan teknologi pencahayaan buatan pada budidaya hidroponik di dalam ruangan, sektor pertanian telah mencapai perkembangan yang luar biasa dan menemukan solusi yang efektif untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas tanaman.

### **2.2.7 LED RGB**

Lampu LED RGB adalah jenis lampu LED yang mampu menghasilkan tiga warna cahaya berbeda dalam satu unit LED secara bergantian. Nama "RGB" berasal

dari singkatan tiga warna dalam bahasa Inggris, yaitu R untuk Merah, G untuk Hijau, dan B untuk Biru. Cahaya yang dipancarkan oleh lampu LED RGB ini sangat menarik karena dapat berganti-ganti antara warna-warna tersebut tanpa memerlukan perangkat elektronik tambahan [37].



**Gambar 2.10 LED RGB [37]**

Pada gambar 2.10 yaitu lampu LED RGB yang biasanya memiliki diameter 5 mm dan bekerja dengan rentang tegangan antara 2.25 hingga 3 volt, dengan arus maksimum sekitar 20mA. Mereka juga dapat beroperasi dalam rentang suhu antara  $-30^{\circ}\text{C}$  hingga  $+85^{\circ}\text{C}$ . Rentang warna yang dapat dihasilkan oleh lampu LED RGB ini sering kali diwakili dalam bentuk angka, seperti dari 0 hingga 255 (yang setara dengan 1-byte atau 8 bit). Nilai-nilai ini dapat dinyatakan dalam bentuk desimal atau heksadesimal.

### **2.2.8 LED Strip RGB**

LED Strip RGB berfungsi sebagai sumber cahaya yang mengadopsi model warna aditif. Dalam konsep ini, terdapat tiga warna primer utama yaitu merah, hijau, dan biru, yang dikombinasikan dalam berbagai tingkat intensitas untuk membentuk berbagai macam warna. Prinsip dasar di balik model warna aditif adalah bahwa ketika intensitas dari tiga warna primer ini dikontrol dan dikombinasikan dengan cara tertentu, maka akan mampu menciptakan beragam warna lainnya. Pentingnya model warna aditif terletak pada kemampuannya untuk menciptakan warna dengan menambahkan intensitas dari warna-warna primer tersebut. Dengan LED Strip RGB, pengaturan intensitas warna merah, hijau, dan biru dapat disesuaikan dengan presisi. Dengan cara ini, campuran yang tepat dari

ketiga warna tersebut dapat menghasilkan warna putih. Oleh karena itu, pengendalian yang akurat terhadap intensitas warna pada LED Strip RGB menjadi kunci untuk mencapai berbagai warna yang diinginkan, termasuk warna putih [38].



**Gambar 2.11 LED Strip RGB**

Pada gambar 2.11 LED strip RGB dapat menentukan warna yang diinginkan, dengan mengatur nilai-nilai RGB dalam format desimal yang berkisar antara 0 hingga 255. Nilai-nilai ini juga dapat dinyatakan dalam format heksadesimal, misalnya nilai-nilai seperti 0, 255, 0, maka dalam format heksadesimal akan menjadi #00FF00. Dengan memanipulasi kombinasi nilai-nilai merah, hijau, dan biru dengan rentang 0 hingga 255, kita memiliki kemampuan untuk menciptakan jutaan variasi warna yang berbeda.

### **2.2.9 LED Strip WS2812B**

LED strip WS2812B merupakan salah satu jenis LED strip yang sering digunakan. Jenis LED ini dilengkapi dengan *chip* khusus yang bertanggung jawab dalam mengontrol setiap LED-nya. *Chip* ini tidak hanya menghasilkan cahaya dalam tiga warna dasar, yaitu merah (*red*), hijau (*green*), dan biru (*blue*), yang umumnya disingkat sebagai RGB, tetapi juga memiliki rangkaian kontrol yang sudah tergabung dalam paket komponen 5050. Keunikan dari LED strip ini terletak pada kemampuannya untuk memberikan kontrol yang sangat presisi dan fleksibilitas. *Chip* kontrol pada setiap LED memungkinkan penyesuaian intensitas dan warna secara individual, dan menghasilkan efek cahaya yang sangat dinamis dan kreatif. Sementara penggunaan tiga warna dasar menciptakan beragam kombinasi warna, pengendalian terhadap setiap LED membawa pengalaman visual yang lebih mendalam [39].



**Gambar 2.12 LED Strip WS2812B [39]**

Pada gambar 2.12 LED strip WS2812B ini memiliki tiga jenis pin yang memiliki peran masing-masing, diantaranya pin 5V (VCC) yang berfungsi sebagai sumber daya, posisi tengah yaitu pin Din yang berfungsi sebagai jalur data yang akan dihubungkan ke Arduino, dan pin GND yang bertindak sebagai *ground*.

#### **2.2.10 Real Time Clock (RTC)**

*Real Time Clock* (RTC) adalah sebuah perangkat jam elektronik dalam bentuk *chip* yang mampu dengan tepat menghitung waktu mulai dari detik hingga tahun, dan menjaga juga menyimpan data waktu tersebut secara *real time*. Karena jam ini beroperasi secara *real time*, setelah perhitungan waktu selesai maka data hasil akan disimpan atau ditransmisikan secara langsung ke perangkat lain melalui sistem antarmuka [40].



**Gambar 2.13 RTC [40]**

Gambar 2.13 mengenai *chip* RTC yang pada umumnya terdapat pada *motherboard* komputer yang digunakan untuk menjaga dan menyimpan informasi

waktu yang tepat pada komputer tersebut. RTC biasanya dilengkapi dengan baterai sebagai sumber daya cadangan untuk *chip*-nya, sehingga jam RTC akan tetap akurat. Dan RTC dinilai cukup akurat sebagai perangkat waktu, karena menggunakan osilator kristal sebagai penghasil frekuensi getaran penghitung waktu yang stabil [41].

### **2.2.11 Adaptor 12V 2A**

Sebuah adaptor merupakan sebuah komponen elektronik yang memiliki peran vital dalam mengubah arus listrik dari bentuk AC (arus bolak-balik) menjadi DC (arus searah), serta mengatur tegangan listrik agar sesuai dengan kebutuhan perangkat yang akan ditenagai. Terdapat dua jenis adaptor yang umum digunakan: yang terpasang secara langsung ke dalam peralatan elektroniknya dan yang berdiri sendiri sebagai perangkat terpisah [42].

Adaptor yang terpasang langsung ke peralatan elektronik biasanya dirancang untuk memenuhi kebutuhan khusus dari perangkat tersebut. Namun, ada juga adaptor yang berdiri sendiri atau yang disebut sebagai adaptor universal. Adaptor universal ini memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai tingkat tegangan output yang dapat diatur sesuai dengan kebutuhan perangkat yang akan disuplai tenaga listrik. Beberapa contoh tegangan output yang dapat diatur pada adaptor ini antara lain 3V, 6V, 9V, dan 12V.

Adaptor universal ini memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan tegangan sesuai dengan persyaratan perangkat elektronik yang berbeda. Hal ini membuatnya menjadi pilihan yang sangat fleksibel dan serbaguna dalam menyediakan daya untuk berbagai jenis perangkat elektronik, mulai dari peralatan rumah tangga hingga perangkat elektronik yang lebih kompleks. Dengan adanya *adaptor* universal ini, pengguna tidak perlu khawatir tentang kesesuaian tegangan listrik yang diperlukan oleh perangkat mereka, karena mereka dapat dengan mudah mengatur adaptor sesuai dengan kebutuhan spesifik perangkat tersebut.

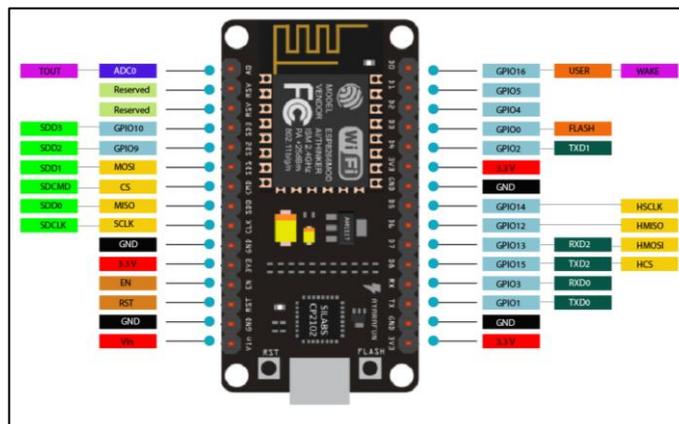


**Gambar 2.14 Adaptor 12V 2A**

Gambar 2.14 mengenai adaptor 12V 2A yang termasuk ke dalam jenis adaptor *power supply*, karena adaptor ini dapat mengubah tegangan listrik AC yang sangat besar menjadi tegangan DC yang kecil. Seperti mengubah tegangan 220V AC diubah menjadi tegangan 6V, 9V ataupun 12V DC.

### 2.2.12 NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah papan elektronik yang menggunakan *chip* dengan kemampuan menjalankan fungsi mikrokontroler dan memiliki konektivitas internet terintegrasi (WiFi). NodeMCU ESP8266 biasa digunakan untuk *platform* berbasis *Internet of Things (IoT)* yang dapat diprogram menggunakan compiler dan Arduino IDE. Secara fisik, ESP8266 memiliki port USB yang memudahkan proses pemrograman [43].



**Gambar 2.15 ESP8266 [43]**

Gambar 2.15 papan NodeMCU ESP8266 ini dilengkapi dengan berbagai pin GPIO yang memungkinkan dalam pengembangan aplikasi, pemantauan atau pengendalian sebuah proyek. Dan NodeMCU ESP8266 ini memiliki spesifikasi, yaitu sebagai berikut.

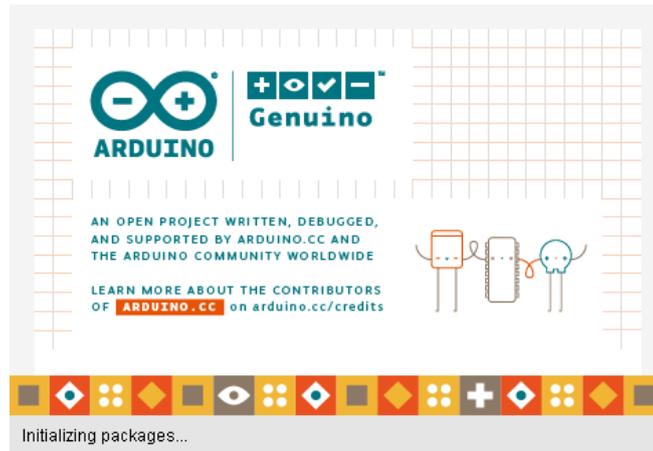
**Tabel 2.1 Spesifikasi ESP8266 [44]**

Spesifikasi	Keterangan
Mikrokontroler	ESP8266
Tegangan Input	3.3V – 5V
GPIO	17 Pin
Flash Memory	16 MB
Frekuensi	1.4 GHz – 22.5 GHz
Konsumsi Daya	10 $\mu$ A – 170mA
USB Port	Micro USB
Kecepatan Waktu	40/26/24 MHz

Tabel 2.1 mengenai spesifikasi NodeMCU ESP8266 yang memiliki 17 Pin GPIO yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan dengan berbagai komponen elektronika lainnya. Operasinya dapat dilakukan pada rentang tegangan antara 3.3 V hingga 5 V, dengan konsumsi daya berkisar dari 10 $\mu$ A hingga 170mA. Dengan flash memory yang dimiliki sebesar 16 MB. Fitur-fitur diatas menjadikan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 lebih efisien untuk digunakan dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya [44].

### 2.2.13 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang memegang peranan penting dalam proses penulisan, kompilasi, dan pengunggahan program ke dalam memori mikrokontroler. Banyak proyek dan perangkat yang dikembangkan dengan bantuan Arduino, selain itu tersedia beragam modul pendukung seperti sensor, layar, motor, dan lainnya yang dapat diintegrasikan dengan Arduino. Salah satu aspek yang membuat Arduino diminati adalah sifatnya yang *open source*, baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak [45].



**Gambar 2.16 Arduino IDE**

Selain itu, perangkat lunak Arduino IDE pada gambar 2.16 ini memiliki tiga komponen utama diantaranya:

1. Edit Program

Digunakan untuk menulis dan mengedit program dalam bahasa pemrograman *processing*. Listing program dalam Arduino dikenal dengan sebutan “*sketch*”.

2. *Compiler*

Modul yang berfungsi mengubah bahasa pemrograman *processing* menjadi kode biner, karena kode biner merupakan satu-satunya bahasa yang dapat dipahami oleh mikrokontroler.

3. *Uploader*

Modul yang berfungsi memasukkan kode biner ke dalam memori mikrokontroler.