

BAB 2

DASAR TEORI

2.1 KAJIAN PUSTAKA

Pada penelitian Ahmad Qurthobis pada tahun 2020 yang “menganalisis dampak intensitas dan pola pencahayaan LED putih (*light emitting diode*) terhadap pertumbuhan tanaman (*Brassica rapa L*) di dalam ruangan”. dan pola pencahayaan LED putih (*light emitting diode*) yang dinyalakan. Menanam tanaman selada (*Brassica rapa L*) di dalam ruangan menunjukkan bahwa salah satu cara untuk mengatasi kebutuhan lahan pertanian adalah dengan menggunakan sistem pertanian dalam ruangan untuk menentukan intensitas dan pola pencahayaan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman Selada [7].

Intensitas cahaya yang digunakan adalah gelombang elektromagnetik (*EM*) yang merambat melalui medan listrik dan magnet yang beresilasi tanpa membutuhkan media. Tanaman yang tumbuh lambat menderita kekurangan kekuatan tanaman dan karenanya memiliki lebih sedikit daun. Pertanian tertutup meminimalkan pembatasan lahan, polusi, dan kualitas lahan pertanian yang buruk melalui penggunaan sistem pencahayaan buatan yang membantu proses pertumbuhan tanaman [7].

Penelitian menurut H.Rawung pada tahun 2021 membahas tentang pencahayaan menggunakan lampu HID dan LED pada tanaman Tomat *Cherry*. Perubahan iklim yang ekstrim adalah salah satu faktor yang menentukan kualitas tanaman. Dalam hal ini, cahaya adalah salah satu faktor utama yang mendorong tanaman untuk berfotosintesis. Anda dapat menumbuhkan tanaman yang baik dengan menyediakan kondisi ideal, intensitas cahaya , terlepas dari kondisi cuaca[8].

Pada Penelitian Indra Wahyuddin pada tahun 2018, Fasona menerbitkan tulisan penelitian berjudul “Pengujian Pengaruh Intensitas Cahaya Pada Tanaman Selada Ruang” yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan tanaman Selada. Pencahayaan yang digunakan menggunakan lampu LED warna biru dengan intensitas cahaya yang bervariasi mulai dari 78 lux hingga 1127 lux menggunakan PWM *Arduino*. Penelitian ini

dilakukan selama 53 hari terhadap pertumbuhan vegetatif selada dengan lama penyinaran 12 jam/hari. Penerangan 1127 lux dan tinggi tanaman rata-rata 44,2 cm. Pada 78 lux dalam cahaya redup, tinggi tanaman rata-rata adalah 34 cm. Intensitas cahaya sangat berpengaruh pada pertumbuhan tanaman [9].

Pada Penelitian Floraa Pasaru tahun 2018 berjudul “Pengaruh Intensitas Cahaya Perangkat Terhadap Populasi dan Intensitas Serangan Penggerek Batang Padi Putih *Scripophaga innotata wlk* (Lepidoptera: Pyralidae) pada Tanaman Padi” Tujuannya adalah untuk memahami efek cahaya. Diserang oleh *S. innotata*. Pada penelitian ini, kami menggunakan metode perlakuan atau observasi terhadap dua buah lampu trap tipe LED dengan daya 5 dan 10 Watt [10].

Sistem tanam padi jajar legowo dengan kuran 20 x 40 m akan digunakan untuk penanaman tiap pucuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah *S innotata* dewasa pada pencahayaan 5 dan 10 watt mengalami peningkatan dari minggu pertama hingga minggu terakhir pengamatan. Perlakuan 5 Watt menghasilkan 110 tangkapan *S. innotata* dan perlakuan 10 Watt menghasilkan 219 tangkapan. serangan *S. Innotata* [10].

Pada Penelitian Supeno, tahun 2022 “Pengaruh Spektrum dan Intensitas Lampu LED Terhadap Pertumbuhan Tanaman selada *Microgreens*”, bertujuan untuk mempelajari pengaruh spektrum warna merah dan biru serta peningkatan intensitas lampu LED 3 watt. penyelidikan. 9 dan 15 watt untuk menumbuhkan banyak batang, banyak daun dan tanaman hijau mikro yang tinggi. Sampel yang digunakan adalah 140 sampel benih selada tang yang terbagi menjadi 20 sampel untuk kelompok kontrol dan 120 sampel untuk kelompok eksperimen. Teknik yang digunakan dengan *software* SPSS 23 dan 7 digunakan untuk mengetahui pengaruh pertumbuhan tanaman selada terhadap keluaran warna dan intensitas cahaya lampu LED merah dan biru [11].

Pada Penelitian Dimas Widyatmoko pada tahun 2023 membahas tentang “Prototipe Pemantauan Intensitas Cahaya Dan Tingkat Kelembaban Media Tanam Pada Perangkat Hidroponik Portable Berbasis Platform Antares” yang bertujuan untuk memantau intensitas cahaya dan tingkat kelembaban media tanam dengan menginovasikan prototipe hidroponik portable berbasis *artificial lighting*, yang memungkinkan pertumbuhan tanaman dalam ruangan. Dalam penelitian ini, sensor

intensitas cahaya yang digunakan adalah BH-1750, dengan hasil kalibrasi menggunakan cahaya lampu LED. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio intensitas warna lampu LED yang optimal untuk pertumbuhan tanaman *Microgreen* jenis kangkung darat adalah 50% merah dan 50% biru, dengan *pulse width modulation* (PWM) sebesar 255. Rata-rata tingkat pertumbuhan tanaman pada hari kedua adalah 1,19 cm, hari keempat adalah 8,07 cm, hari keenam adalah 10,77 cm, hari kedelapan adalah 11,05 cm, dan hari kesepuluh adalah 12,74 cm [12].

Dalam penelitian Rafika Dzakiyah mengkaji tentang pertumbuhan *Microgreens* berdasarkan lama penyinaran dan panjang gelombang cahaya tampak pada *artificial lighting*. *Microgreens* adalah tanaman yang berasal dari berbagai jenis biji-bijian dan memiliki waktu panen yang singkat, yaitu 7-14 hari. Karena usia yang pendek ini, cahaya memainkan peran yang sangat penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menciptakan pencahayaan buatan yang dapat mendukung pertumbuhan *Microgreens* di dalam ruangan. Berdasarkan penelitian ini, lama pencahayaan yang paling optimal untuk pertumbuhan *Microgreens* lobak adalah 18 jam, sementara untuk pertumbuhan *Microgreens* wortel adalah 12 jam. Panjang gelombang cahaya juga mempengaruhi pertumbuhan kedua jenis *Microgreens* ini. Kombinasi cahaya tampak merah dengan panjang gelombang 600 nm - 650 nm dan cahaya tampak biru dengan panjang gelombang 450 nm - 500 nm adalah yang paling optimal untuk pertumbuhan *Microgreens* lobak. Sedangkan untuk pertumbuhan *Microgreens* wortel, cahaya berwarna biru dengan panjang gelombang 450 nm - 500 nm adalah yang paling optimal [13].

Dalam penelitian Chandra Agustinah membahas tentang “ Pencahayaan Buatan Berbasis Mikrokontroler untuk membantu Pertumbuhan Bibit Pakcoy”, Teknologi pencahayaan buatan memiliki dampak yang besar untuk mendukung pertanian didaerah yang memiliki intensitas cahaya matahari yang rendah seperti di musim hujan. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat prototipe pencahayaan buatan untuk mendukung budidaya tanaman pakcoy tahap awal. Hasil penelitian menunjukkan tanaman pakcoy yang ditempatkan pada prototipe memberikan pertumbuhan yang signifikan dibandingkan dengan tanaman yang ditempatkan pada ruangan dengan pencahayaan rendah. Tanaman pakcoy yang ditempatkan

pada pencahayaan buatan yang menghasilkan 2-4 daun, tinggi tanaman 15-5 cm dan dari 18 biji tumbuh. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa prototipe pencahayaan buatan dapat mendukung budidaya tanaman pakcoy tahap awal [14].

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Peneliti	Judul Penelitian (Tahun)	Hasil	Perbedaan
Chandra Agustinah	Pencahayaan Buatan Berbasis Mikrokontroler Untuk Membantu Pertumbuhan Bibit Pakcoy (2021) [14].	Dari penelitian ini menunjukkan bahwa pencahayaan buatan memberikan dampak yang baik untuk proses pembibitan tanaman. Kisaran jumlah daun dari penelitian ini 2-4 helai. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pencahayaan buatan dapat meningkatkan proses pembibitan dimusim hujan dengan cahaya rendah.	Jenis Tanaman berbeda dan menggunakan sensor AS7262
Dimasmewa Widyatmoko	Prototipe Pemantauan Intensitas Cahaya Dan Tingkat Kelembaban Media Tanam Pada Perangkat Portable Hidroponik Berbasis Platform Antares (2023)[12]	pada penelitian dapat dikatakan berhasil karena perancangan sistem seperti sensor-sensor serta mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan baik pada platform Antares berdasarkan pada hasil pengujian website antares didapatkan nilai maksimum pengujian sensor	Tanamannya berbeda
Rafika Dzakiyah	Analisis Pertumbuhan <i>Microgreens</i> Berdasarkan Lama Penyinaran Dan Panjang Gelombang Cahaya Tampak Pada <i>Artificial Lighting</i> (2023)[13].	hasil data dan pembahasan yang telah dijabarkan untuk pertumbuhan <i>Microgreens</i> baik lobak maupun wortel pada lama penyinaran 12 jam dan 18 jam serta panjang gelombang yang berbeda-beda yaitu merah, biru, dan kombinasi kedua cahaya tersebut,	Skenario pengujian nya berbeda, tanaman berbeda

Pada tabel 2.1 membahas mengenai perbedaan penelitian Chandra Agustinah, Dimasmewa Widyatmoko, Rafika Dzakiyah yang dimana menggunakan metode yang berbeda dan tanaman yang berbeda.

2.2 DASAR TEORI

2.2.1 *Microgreens*

Microgreens adalah tanaman kecil yang berumur 7 hingga 21 hari, berasal dari sayuran, tanaman herbal dan tanaman herbal aromatik namun tidak semua biji ini dapat diubah menjadi *Microgreens* tergantung dengan variates, pertimbangan pencahayaan, struktur tanam, kelembaban ruangan, suhu pada ruangan. *Microgreen* memiliki kualitas nutrisi, karbohidrat, serat, vitamin yang jauh lebih besara dari tanaman dewasanya [1].



Gambar 2.1 Tanaman *Microgreens*[1]

Contoh tumbuhan yang tidak bisa dijadikan *Microgreens* adalah tomat dan kentang karena mengandung anti nutrisi yang tidak bisa dimakan. Setiap butir juga memiliki waktu yang berbeda untuk mencapai tanggal panen, seperti lobak dan wortel. Meski sama-sama merupakan tanaman umbi-umbian, namun umur tanaman hingga tanggal panen cukup besar. Begitupun sayuran yang berikutnya adalah sayuran dewasa yang biasanya dipanen pada umur 40 sampai 60 hari. *Microgreen* adalah pilihan tepat untuk budidaya di rumah tidak memerlukan wadah atau lahan

yang luas, finansial hingga tidak memerlukan sumberdaya manusia yang banyak seperti halnya budidaya selada dewasa [1].

2.2.2 *Rockwool*

Rockwool adalah salah satu mineral fiber yang dipakai dalam media tanam hidroponik, umumnya media tana ini berasal dari bebatuan seperti *basalt*, batu kapur, atau batu bara. Selain itu, juga ada unsur lainnya seperti kaca atau keramik yang dilelehkan pada suhu tinggi. Proses produksi *Rockwool* dengan suhu tinggi membuatnya steril dari mikroorganisme patogen, hama atau bibit gulma [15].



Gambar 2.2 Media Tanam *Rockwool* [16]

Air juga mudah dipisahkan dari serat *Rockwool*, sehingga struktur *Rockwool* memberikan rasio air dan udara yang optimal untuk pertumbuhan atau tanaman. *Rockwool* juga dapat menopang batang dan akar tanaman sehingga tanaman tetap tegak. *Wol* batu bersifat *inert* secara biologis dan kimiawi, sehingga penggunaannya tidak mengubah atau membatasi nutrisi tanaman. Lebih dari 98% air dan unsur hara dapat diambil oleh tanaman dalam sistem hidroponik dengan menggunakan *Rockwool* sebagai media tanam selada. Keuntungan dari penggunaan dari *Rockwool* adalah penghematan terhadap pupuk, ramah lingkungan, tidak mengandung patogen yang berpotensi menimbulkan penyakit pada tanaman. *Rockwool* ekonomis untuk budidaya *Microgreen* di dalam ruangan atau area yang terbatas [15].

2.2.3 *Microgreen* Selada Merah

Microgreen selada merah mengacu pada bibit selada yang dipanen pada tahap awal pertumbuhannya, ketika tanaman baru saja tumbuh beberapa daun pertama. *Microgreens* selada merah memiliki daun yang kecil, rapuh, dan beraroma yang kaya. Mereka sering kali memiliki warna merah yang cerah. Ukuran *Microgreen* selada biasanya sekitar 2,54 cm hingga 7,6 cm (1 inci hingga 3 inci), dengan dua daun pertama yang telah sepenuhnya berkembang. Namun, ketika dipanen pada tahap ini, daun-daun selada masih rapuh dan berukuran muda. Ini memberikan tekstur yang lembut dan renyah ketika dimakan [17].

Selada merah adalah jenis tanaman selada yang memiliki daun berwarna merah atau ungu keunguan pada daunnya. *Microgreen* selada merah memiliki rasa yang konsisten dengan selada dewasa, tetapi biasanya lebih intens dan konsentrat. Selain itu, mereka juga memiliki aroma yang khas dan tekstur yang renyah. *Microgreen* sering digunakan sebagai hiasan makanan atau bahan tambahan dalam hidangan gourmet untuk memberikan sentuhan visual dan rasa yang unik [17].



Gambar 2.3 *Microgreen* Selada Merah [17]

Microgreen selada merah memiliki rasa yang ringan dan segar, dengan sentuhan keasaman yang lembut. Rasanya seringkali lebih intens dari pada selada dewasa, sehingga memberikan kelezatan yang konsentrat pada hidangan. *Microgreen* selada merah dapat digunakan untuk bahan tambahan berbagai hidangan seperti salad, *sandwich*, *wrap*, *sup*, *smoothie*, *omelet*, dan hidangan lainnya. Mereka

juga sering digunakan dalam hidangan *haute cuisine* sebagai elemen dekoratif yang menarik. Selain memberikan sentuhan rasa dan aroma yang unik, *Microgreen* selada juga kaya akan nutrisi. Mereka mengandung vitamin, mineral, karbohidrat, dan serat, protein, lemak nabati yang bermanfaat bagi kesehatan. Meskipun ukurannya kecil, *Microgreens* sering kali memiliki konsentrasi nutrisi yang lebih tinggi dari pada tanaman dewasa, sehingga memberikan manfaat tambahan untuk diet sehat [17].

Secara keseluruhan, *Microgreen* selada merah adalah alternatif menarik untuk menikmati selada merah dengan cara yang baru dan inovatif. Dengan tampilan yang indah, rasa yang segar, dan nutrisi yang tinggi, *Microgreen* selada merah telah menjadi tren populer di dunia kuliner dan menyajikan pilihan yang menarik untuk meningkatkan hidangan [17].

2.2.4 Budidaya dalam ruangan

Budidaya dalam ruangan adalah tanaman budidaya *Microgreen* yang pertimbangan faktor seperti ketersediaan cahaya, suhu, dan ukuran ruangan. Beberapa varietas yang biasanya cocok untuk budidaya di dalam ruangan termasuk selada, selada, lobak, rucola, dan daun bawang. Gunakan wadah dangkal atau nampan tumbuh dengan lubang drainase untuk menghindari genangan air. Dapat menggunakan potongan spons atau media tumbuh khusus untuk *Microgreen*. Pilih media tanam yang bersih, steril, dan ringan seperti kapas, serat kelapa, atau vermikulit. Pastikan media tanam memiliki kemampuan drainase yang baik dan dapat mempertahankan kelembaban yang tepat. Sebarkan benih secara merata di atas media tanam yang sudah disiapkan. tekan benih ke dalam media tanam dengan lembut, tetapi tidak perlu menutupinya sepenuhnya [18].



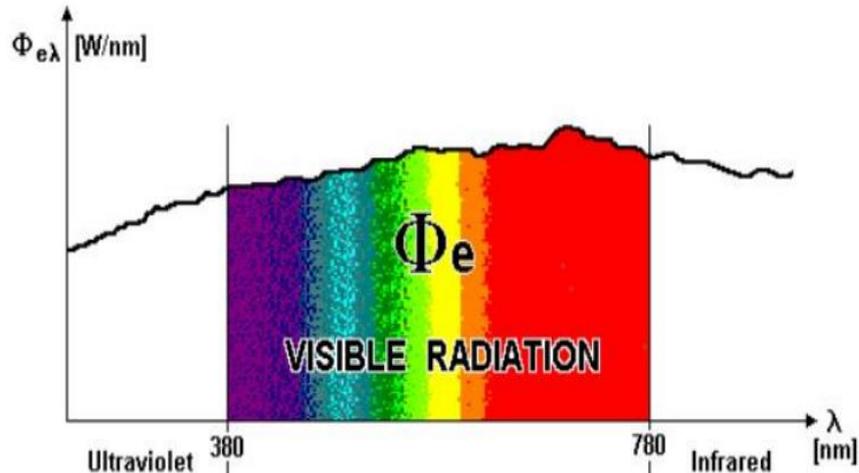
Gambar 2.4 Budidaya Dalam Ruangan[18]

Sirami benih dan media tanam secara perlahan menggunakan semprotan air atau botol semprot. pastikan media tetap lembab, tetapi hindari genangan air yang berlebihan yang dapat menyebabkan penyakit atau busuk. salah satu tantangan utama dalam budidaya *Microgreen* di dalam ruangan adalah ketersediaan cahaya yang cukup. letakkan wadah tumbuh di tempat yang mendapatkan sinar matahari langsung, atau gunakan lampu tumbuh (*grow light*) yang sesuai untuk memberikan intensitas cahaya yang cukup. pastikan suhu dan kelembaban di dalam ruangan terjaga dengan baik. suhu yang ideal untuk pertumbuhan *Microgreen* biasanya berkisar antara 18-24 derajat celsius. hindari perubahan suhu yang ekstrem dan pastikan sirkulasi udara yang baik. monitor pertumbuhan *Microgreen* secara teratur. pastikan media tanam tetap lembab dengan menyiraminya secara teratur. hindari overwatering yang dapat menyebabkan busuk atau jamur. juga, pastikan lingkungan tetap bersih dan bebas dari hama dan penyakit [18].

2.2.5 Artificial Lighting

Pencahayaan buatan, atau yang juga dikenal sebagai pencahayaan artifisial, merupakan solusi yang diciptakan untuk menggantikan cahaya alami yang berasal dari sinar matahari. Dalam konteks di mana sinar matahari tidak cukup tersedia, atau di lingkungan di mana kontrol atas cahaya sangat penting, pencahayaan buatan menjadi alternatif yang sangat berharga. Dengan menggunakan sumber cahaya buatan seperti lampu LED atau lampu fluoresen, kita dapat menciptakan lingkungan dengan tingkat cahaya yang sesuai dengan kebutuhan, mengoptimalkan

kenyamanan dan produktivitas, serta memberikan solusi dalam situasi di mana cahaya alami tidak dapat diandalkan [19].

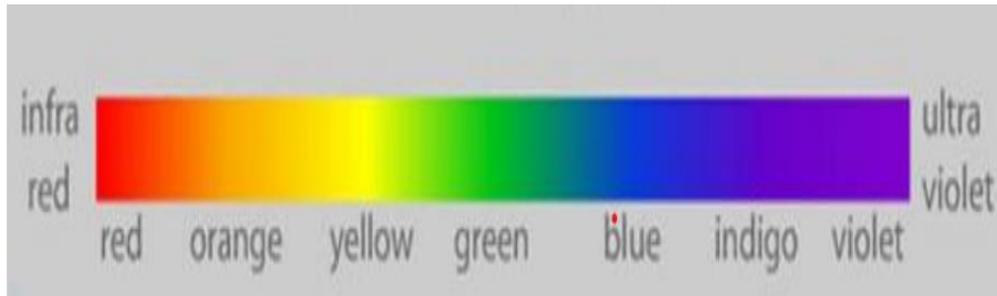


Gambar 2.5 Radiasi Sinar Pencahayaan Buatan [19]

Pencahayaan di perlukan untuk *Microgreen* berfungsi untuk menjaga suhu kelembabaan pada ruangan tempat berbudaya *Microgreen*. Cahaya merupakan gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat dengan mata yang memancarkan suatu energi di ruangan terbatas, pencahayaan pada *Microgreen* berpengaruh pada pertumbuhan *Microgreen* selada dalam kualitas nutrisi yang terdapat pada *Microgreen* selada. Tanaman membutuhkan berbagai spektrum untuk pertumbuhan optimal, fotosintesis dan pertumbuhan yang lebih optimal. Pencahayaan yang berlebihan dapat merusak tanaman sehingga penting untuk menyediakan ventilasi yang baik dan mengatur waktu pencahayaan yang tepat sesuai dengan perkembangan *Microgreen* selada [19].

2.2.6 Spektrum Cahaya

Cahaya adalah gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat dengan mata telanjang. Komponen warnanya adalah merah, jingga, hijau, biru, nila dan terang ungu [20].



Gambar 2.6 Spektrum Cahaya [20]

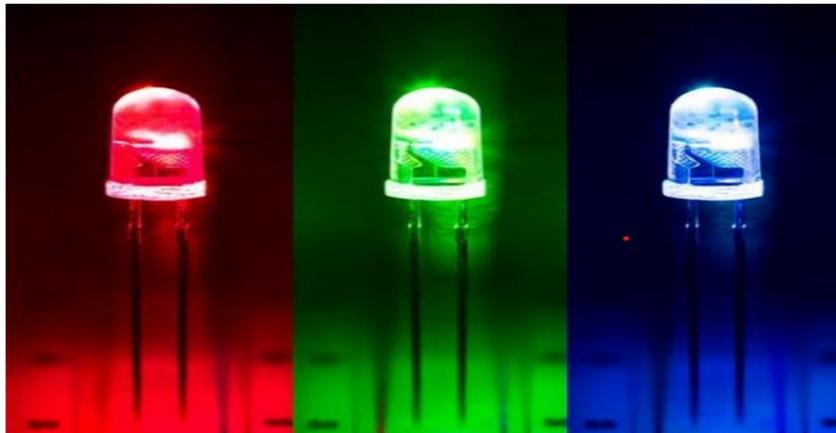
Panjang Gelombang Cahaya Adalah Antara $0,4 \mu\text{m}$ Dan $0,75 \mu\text{m}$, Dengan Frekuensi Antara $6 \times 10^5 \text{ Hz}$ Dan $20 \times 10^5 \text{ Hz}$. Warna Cahaya Tergantung Pada Panjang Gelombang Atau Frekuensi Cahaya. Cahaya Tampak Adalah Cahaya Yang Sensitif Pada Mata Dengan Rentang 400nm Hingga 750nm . Kisaran Ini Umumnya Dikenal Sebagai Spektrum Tampak Dengan Warna Ungu Hingga Merah [20].

Warna merah mempengaruhi pertumbuhan tanaman termasuk pembentukan daun dan batang tanaman, warna biru mempengaruhi pertumbuhan tanaman dalam hal pembentukan daun, akar, dan pembungaan, warna jingga mempengaruhi fotosintesis pengaturan pertumbuhan tanaman tersebut, warna hijau mempengaruhi pengaturan hormon dan fotosintesis tanaman tersebut. Penting untuk memperhatikan dan menyediakan spektrum cahaya yang sesuai dengan kebutuhan tanaman dalam pencahayaan buatan. Lampu led yang dirancang khusus dapat memiliki spektrum cahaya yang dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifikasi tanaman dalam setiap tahap pertumbuhannya [20].

2.2.7 Lampu LED

LED, yang merupakan singkatan dari Light Emitting Diode, adalah sebuah jenis semikonduktor yang memiliki kemampuan untuk mengubah energi listrik menjadi cahaya secara efisien. Dibandingkan dengan sumber cahaya tradisional seperti lampu pijar atau lampu fluoresen, LED memiliki beberapa keunggulan penting. Sebagai komponen solid-state, LED tidak memiliki bagian yang bergerak dan cenderung memiliki umur lebih panjang serta ketahanan yang lebih tinggi terhadap guncangan fisik. Kemampuannya dalam menghasilkan cahaya dengan sedikit panas yang dihasilkan membuatnya menjadi pilihan yang sangat efisien secara energi. Dengan kemampuan ini, LED telah merevolusi industri pencahayaan

dengan memberikan solusi yang lebih hemat energi, tahan lama, dan dapat disesuaikan dengan berbagai kebutuhan pencahayaan [21].



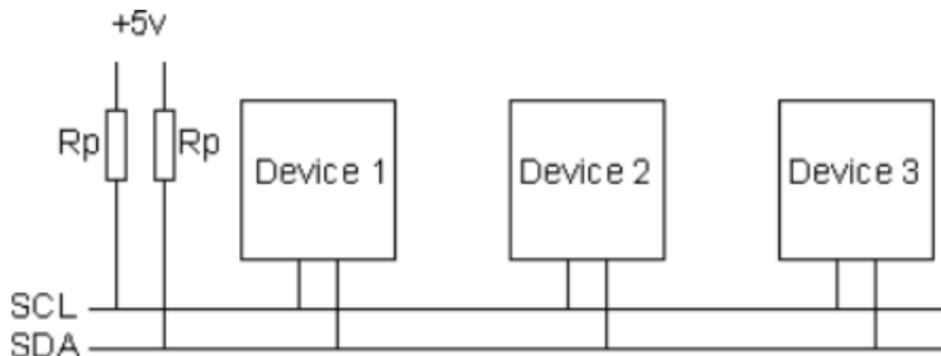
Gambar 2.7 Lampu LED [21]

Keunggulan lampu LED adalah umurnya yang relatif panjang dan waktu penyinarannya mencapai 30.000 jam. Namun lampu LED juga memiliki kekurangan yaitu unit *cost lumens* atau cahaya yang terdapat pada lampu LED lebih mahal dibandingkan lampu pijar, TL (*Tube Luminescent*) dan SL, serta lampu LED mudah rusak jika digunakan pada suhu tinggi. lingkungan terlalu tinggi. Dalam pemilihan warna lampu juga dapat mempengaruhi kualitas *Microgreen*, lampu led merah dapat mempengaruhi kadar *Microgreen* tertinggi sebesar 92,8% kandungan TPT (Total Padatan Terlarut) tertinggi yaitu 1,89 °*Brix*, lampu led biru dapat mempengaruhi jumlah daun tertinggi yaitu 2,00 helai pada 14 hari setelah tanam. Pada lama pencahayaan *Microgreen* berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kualitas nutrisi dan vitamin *Microgreen* selada, lama penyinaran 6 jam menghasilkan Panjang akar tertinggi yaitu 7,96 cm , lama penyinaran 12 jam dapat menghasilkan Panjang akar tertinggi yaitu 10,41 cm, lama penyinaran 18 jam dapat menghasilkan kandungan klorofil tertinggi 13,22 mg/g [21].

2.2.8 I2C Protokol

I2C protocol merupakan singkatan dari *inter-grated circuit* yaitu *protocol* yang digunakan pada multimaster serial computer bus yang digunakan untuk saling berkomunikasi dengan perangkat *low-speed* yang diaplikasikan pada *motherboard*, *embedded system*, atau *cellphone*. Jalur I2C adalah 2 jalur yang disebut dengan sda

line dan *scl line*, dimana *scl line* merupakan jalur untuk *clock* dan *wait* sedangkan *sda line* merupakan jalur untuk pengiriman data dan alamat [22].



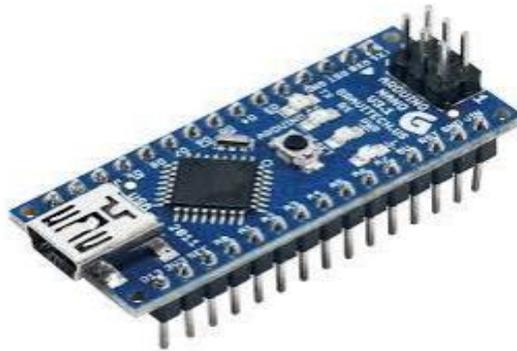
Gambar 2.8 I2C Protokol [22]

Protokol ini dikembangkan oleh *Philips Semiconductor* (sekarang *NXP Semiconductors*) pada tahun 1982 dan menjadi salah satu standar komunikasi yang populer dalam dunia elektronik. Komunikasi *Master-Slave*: I2C menggunakan model komunikasi *master-slave*, di mana satu perangkat bertindak sebagai master yang mengendalikan jalannya komunikasi, sementara perangkat lainnya berperan sebagai slave yang merespons perintah dari master. Dua Jalur Komunikasi: I2C menggunakan dua jalur komunikasi utama, yaitu SDA (*Serial Data Line*) dan SCL (*Serial Clock Line*). SDA adalah jalur untuk mengirimkan data, sedangkan SCL digunakan untuk mengirimkan sinyal *clock* yang mengatur kecepatan komunikasi [22].

2.2.9 *Arduino nano*

Arduino Nano adalah versi yang lebih kecil dari *board* mikrokontroler *Arduino*, tetapi memiliki kemampuan yang serupa dengan *Arduino Uno*. *Board* ini menggunakan mikrokontroler berbasis ATmega328 untuk versi 3.x dan ATmega168/ATmega328 untuk versi 2.x. Ukuran yang lebih kecil membuat *Arduino Nano* menjadi pilihan yang populer untuk proyek-proyek dengan batasan ruang atau yang memerlukan portabilitas tinggi. Dengan kemampuan yang serupa dengan *Arduino Uno*, *Arduino Nano* juga mendukung berbagai sensor, aktuator, dan modul komunikasi seperti *WiFi*, *Bluetooth*, dan lainnya. Keunggulan lain dari *Arduino Nano* adalah kemudahan dalam mengintegrasikan board ini ke dalam PCB

(*Printed Circuit Board*) atau *breadboard* karena memiliki pin yang lebih rapi dan tersusun dengan kompak. Hal ini memudahkan pengguna untuk mengembangkan prototipe menjadi produk yang lebih ramping dan efisien. Meskipun lebih kecil, *Arduino Nano* tetap mendukung berbagai proyek skala menengah hingga lanjutan, seperti kendali robot, sistem otomatis, perangkat IoT (*Internet of Things*), dan banyak lagi. Fleksibilitas dan keunggulan dari *Arduino Nano* menjadikannya salah satu varian yang paling diminati oleh para pengembang di seluruh dunia [23].



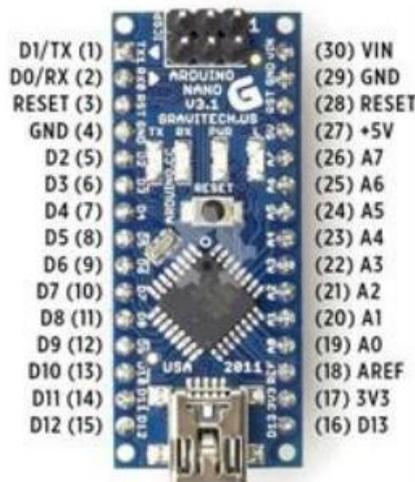
Gambar 2. 9 *Arduino Nano* [23]

Arduino Nano memiliki tiga opsi untuk diaktifkan berdasarkan sumber daya yang digunakan:

1. Melalui Koneksi USB Mini-B: *Arduino Nano* dapat diaktifkan dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB Mini-B. Ketika terhubung ke komputer, *Arduino Nano* akan mendapatkan daya dari sumber USB, dan chip FTDI FT232L akan aktif. Pada mode ini, pengguna dapat mengunggah program dan berkomunikasi dengan board melalui koneksi serial USB ini.
2. Melalui Catu Daya Eksternal (Tegangan belum Teregulasi 6-20 Volt) - Pin 30 atau VIN: *Arduino Nano* juga dapat diaktifkan menggunakan satu daya eksternal dengan tegangan belum teregulasi antara 6 hingga 20 Volt yang dihubungkan melalui pin 30 atau pin VIN. Dalam mode ini, *Arduino Nano* akan memilih daya dari sumber eksternal dengan tegangan lebih tinggi. Ketika menggunakan sumber daya eksternal ini, chip FTDI FT232L tidak akan aktif, dan pin 3.3V pada board tidak akan mengeluarkan tegangan.

- Melalui Catu Daya Eksternal (Tegangan Teregulasi 5 Volt) - Pin 27 atau 5V: *Arduino Nano* juga dapat diaktifkan menggunakan catu daya eksternal dengan tegangan teregulasi 5 Volt yang dihubungkan melalui pin 27 atau pin 5V. Dalam mode ini, *Arduino Nano* akan memilih daya dari sumber eksternal dengan tegangan 5 Volt. Seperti pada mode Non-USB sebelumnya, chip FTDI FT232L tidak aktif, dan pin 3.3V pada board juga tidak akan mengeluarkan tegangan.

Ketika *Arduino Nano* diaktifkan dengan daya eksternal (Non-USB mode), LED TX dan RX akan berkedip ketika pin digital 0 dan 1 berada pada posisi HIGH. Ini menunjukkan bahwa ada aktivitas komunikasi data yang terjadi melalui pin serial digital tersebut. Perlu diperhatikan bahwa penggunaan sumber daya eksternal yang tepat sangat penting untuk memastikan *Arduino Nano* berfungsi dengan baik dan aman sesuai dengan spesifikasi tegangan yang diperlukan oleh board [23].



Gambar 2. 10 Konfigurasi Pin Arduino Nano [23]

Tabel 2.2 Konfigurasi Pin Arduino Nano

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino
1	Digital Pin 0 (TX)
2	Digital Pin 0 (RX)
3 & 28	Reset
4 & 29	GND
5	Digital Pin 2
6	Digital Pin 3 (PWM)
7	Digital Pin 4
8	Digital Pin 5 (PWM)

Nomor Pin Arduino Nano	Nama Pin Arduino
9	Digital Pin 6 (PWM)
10	Digital Pin 7
11	Digital Pin 8
12	Digital Pin 9 (PWM)
13	Digital Pin 10 (PWM-SS)
14	Digital pin 11 (PWM-MISO)
15	Digital Pin 12 (MISO)
16	Digital Pin 13 (SCK)
18	AREF
19	Analog Input 0
20	Analog Input 1
21	Analog Input 2
22	Analog Input 3
23	Analog Input 4
24	Analog Input 5
25	Analog Input 6
26	Analog Input 7
27	VCC
30	Vin

Arduino Nano memiliki total 30 pin dengan berbagai fungsi yang penting dan bervariasi. Beberapa di antaranya adalah:

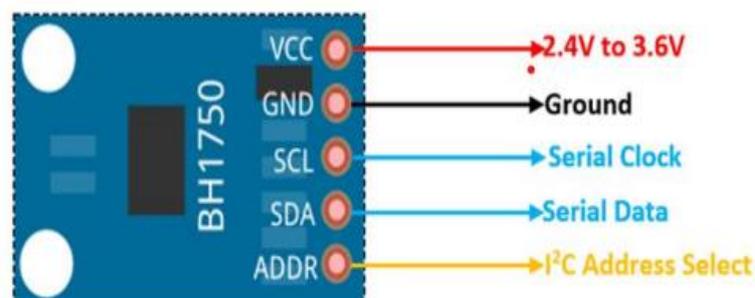
- VCC: Berfungsi sebagai pin masukan catu daya digital, digunakan untuk menyediakan daya positif ke mikrokontroler dan perangkat terhubung.
- GND: Merupakan pin ground untuk catu daya digital, digunakan sebagai titik referensi nol volt dan menghubungkan rangkaian dengan ground.
- AREF: Merupakan referensi tegangan untuk input analog, digunakan dengan fungsi *analogReference()* untuk menentukan tegangan referensi bagi pengukuran analog.
- RESET: Jalur LOW yang digunakan untuk me-reset (menghidupkan ulang) mikrokontroler. Biasanya dipakai untuk menambahkan tombol reset pada shield yang menghalangi papan utama Arduino.
- Serial RX (0): Berfungsi sebagai pin penerima TTL data serial (Serial Receive), digunakan untuk menerima data serial dari perangkat eksternal ke Arduino.
- Serial TX (1): Merupakan pin pengirim TTL data serial (Serial Transmit), digunakan untuk mengirimkan data serial dari Arduino ke perangkat eksternal.

- External Interrupt: Pin yang dapat dikonfigurasi untuk memicu interupsi pada perubahan nilai yang rendah, meningkat, menurun, atau perubahan nilai tertentu. Digunakan untuk menangani peristiwa tertentu secara instan.
- Output PWM 8 Bit: Berfungsi untuk data *analogWrite()*, menghasilkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) dengan resolusi 8 bit untuk mengendalikan kecepatan motor, intensitas LED, dan sebagainya.
- SPI: Berfungsi sebagai pin pendukung komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*) untuk berkomunikasi dengan perangkat eksternal seperti sensor, modul, dan tampilan.
- LED: Berfungsi sebagai pin *output*, ketika diset sebagai HIGH, maka LED akan menyala, dan ketika diset sebagai LOW, maka LED akan padam. LED ini tersedia secara *built-in* pada papan *Arduino Nano* sebagai indikator.
- *Input Analog (A0-A7)*: Berfungsi sebagai pin input analog yang dapat diukur/diatur dari *Ground* sampai dengan 5 Volt. Juga memungkinkan untuk mengubah titik jangkauan tertinggi atau terendah menggunakan fungsi analog *Reference()*. Digunakan untuk membaca data dari sensor analog atau mengontrol perangkat analog eksternal.

Konfigurasi pin yang lengkap dan beragam pada *Arduino Nano* memberikan fleksibilitas bagi para pengguna untuk menghubungkan dan mengendalikan berbagai komponen dan perangkat guna mengembangkan berbagai aplikasi elektronik dan *prototyping* sesuai dengan kebutuhan mereka.

2.2.10 Sensor Intensitas Cahaya

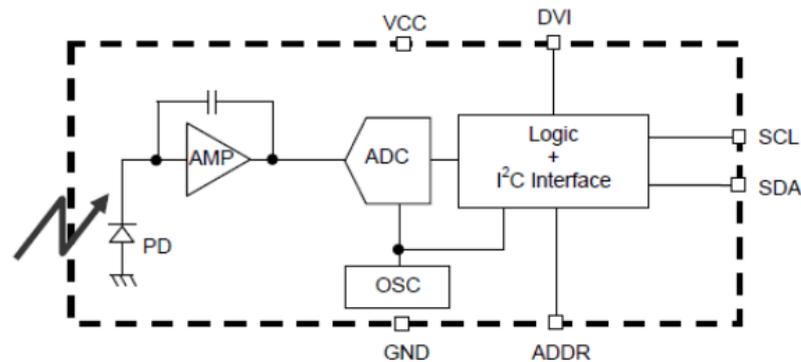
Modul sensor *luminance* BH-1750 adalah ic sensor untuk mengukur intensitas cahaya dengan menggunakan satuan ukur berupa nilai lux. sensor bh-1750 menggunakan protokol i2c untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler [24].



Gambar 2. 11 Sensor BH-1750 [24]

Kisaran sensor BH-1750 cukup luas yaitu 1 hingga 65535 lux. Selain modul sensor intensitas cahaya BH-1750, ia memiliki fungsi sebagai berikut:

- Konsumsi sensor saat ini sangat rendah, 0,12 mA.
- Sensor BH-1750 dapat mengukur intensitas cahaya hingga 65535 lx
- Sensor ini menggunakan protokol komunikasi I2C untuk mengirim data ke mikrokontroler.
- Dapat dialihkan dari analog ke digital.
- Suhu pengoperasian sensor adalah -40 hingga 85 C



Gambar 2.12 Blok Diagram BH 1750 [24]

Blok diagram BH1750 adalah representasi visual yang menggambarkan komponen-komponen utama dari sensor cahaya digital BH1750. Sensor BH1750 memiliki antar muka akses inter integrated circuit yang mampu memberikan data intensitas cahaya dengan data digital. Sensor ini dapat digunakan di dalam ruangan maupun di dalam ruangan. Penggunaan sensor BH1750 untuk mengukur intensitas cahaya telah banyak digunakan. Blok diagram ini menunjukkan hubungan antara bagian-bagian sensor tersebut dan bagaimana mereka saling berinteraksi. Pada umumnya, blok diagram BH1750 terdiri dari beberapa blok utama, seperti [24]:

- **PD** : Foto dioda dengan cakupan kira-kira respons mata manusia
- **AMP** : Integrator - OP AMP untuk mengubah dari arus yang dihasilkan PD ke tegangan
- **ADC** : Analog to Digital Converter untuk mendapatkan data digital 16 bit

- **Logic + I2C Interface** : perhitungan cahaya sekitar dan antar muka bus I2C. Ini termasuk register dibawah:
 - Data Register : ini untuk register data cahaya sekitar.
 - Nilai awalnya adalah “0000_0000_0000_0000” Measurement Time Register : ini untuk register waktu pengukuran. Nilai awalnya adalah “00100_0101”
- **OSC** : Internal Oscillator (320 KHz). Ini adalah CLK untuk internal logic.

Tabel 2. 3 Spesifikasi BH 1750

Spesifikasi	Keterangan
Catu Daya	3-5 V
VCC	3.0 V
Resolusi	1-65535 lux
Antarmuka	I2C
Ukuran papan	13,9 mm x 18,5 mm
Keluaran Data	20 kB

Pada tabel 2.3 Perangkat sensor cahaya BH1750 memiliki spesifikasi yang sangat relevan dengan tujuan pengembangan sistem pencahayaan buatan yang efisien. Spesifikasi ini memberikan informasi yang penting untuk mengintegrasikan sensor ini ke dalam desain perangkat yang ada :

- **Catu Daya 3-5 V:** BH1750 dapat dioperasikan dengan tegangan catu daya antara 3 hingga 5 Volt. Rentang tegangan ini memberikan fleksibilitas dalam pemilihan catu daya yang sesuai dengan sistem secara keseluruhan.
- **VCC 3.0 V:** Nilai khusus VCC 3.0 Volt menunjukkan tegangan kerja yang optimal untuk perangkat ini. Ini berarti sensor dapat bekerja dengan efisien pada tegangan ini.
- **Resolusi 1-65535 lux:** Sensor ini mampu mengukur intensitas cahaya dengan tingkat resolusi yang lebar, mulai dari 1 lux hingga 65535 lux. Ini memungkinkan sensor untuk memberikan informasi mendetail tentang lingkungan cahaya, memfasilitasi pengendalian yang lebih halus terhadap sistem pencahayaan.
- **Antarmuka I2C:** Dengan antarmuka I2C, sensor BH1750 dapat berkomunikasi dengan sistem mikrokontroler atau perangkat lainnya

melalui dua jalur sinyal (SDA dan SCL). Ini memudahkan integrasi sensor ke dalam sistem yang menggunakan protokol I2C.

- Ukuran Papan 13,9 mm x 18,5 mm: Ukuran fisik papan sensor yang relatif kecil, 13,9 mm x 18,5 mm, memungkinkan untuk penempatan yang mudah dalam perangkat yang lebih luas. Ini juga memudahkan penggunaan dalam sistem yang memerlukan ruang terbatas.
- Keluaran Data 20 kB: Jika keluaran data mencapai 20 kB, hal ini menunjukkan bahwa setiap kali sensor mengambil bacaan, data yang dihasilkan memiliki ukuran sekitar 20 kilobyte. Ini adalah informasi yang berguna untuk merencanakan kapasitas penyimpanan data yang diperlukan dalam penggunaan jangka panjang.

2.2.11 LED Strip

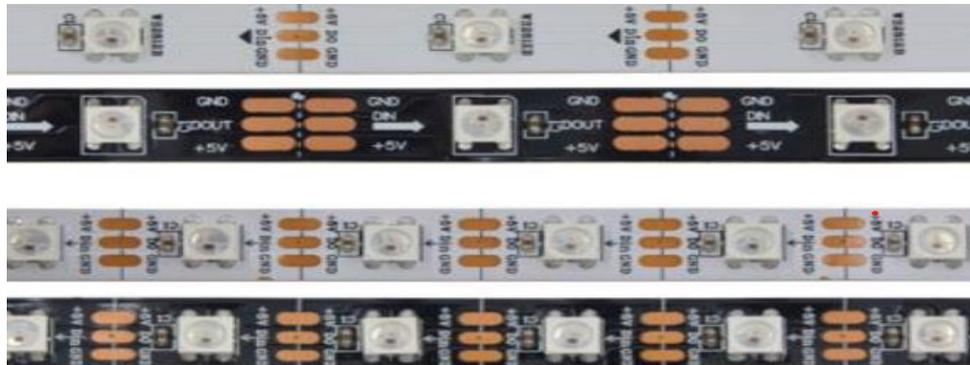
LED strip adalah sejenis lampu strip yang terdiri dari rangkaian lampu LED yang terhubung secara seri atau paralel pada sebuah pita fleksibel. Strip ini biasanya memiliki lapisan pelindung yang tahan terhadap debu dan air sehingga dapat digunakan di berbagai lingkungan. LED Strip memiliki keunggulan dalam hal kecerahan, efisiensi energi, dan fleksibilitas, sehingga sering digunakan dalam berbagai aplikasi pencahayaan [25].

LED Strip biasanya dilengkapi dengan pemasangan yang mudah, seperti perekat atau klip, sehingga dapat dengan mudah dipasang di berbagai permukaan. Mereka tersedia dalam berbagai panjang dan jenis, dengan pilihan warna yang beragam, termasuk putih, merah, hijau, biru, dan bahkan multicolor yang dapat menghasilkan efek pencahayaan yang menarik [25].

Dalam hal pengendalian, LED *Strip* sering menggunakan pengendali khusus atau sistem kontrol seperti Arduino, *Raspberry Pi*, atau kontroler LED yang dirancang khusus untuk mengatur pola pencahayaan, kecerahan, dan warna. Beberapa LED *Strip* juga mendukung fitur seperti pengaturan warna yang dapat diubah-ubah, efek animasi, dan kemampuan sinkronisasi dengan musik atau suara [25].

Dengan keunggulan mereka dalam hal efisiensi energi, fleksibilitas, dan kecerahan, LED *Strip* telah menjadi pilihan populer dalam pencahayaan dekoratif

dan kreatif, memungkinkan pengguna untuk menciptakan suasana pencahayaan yang unik dan menarik dalam berbagai aplikasi [25].



Gambar 2.13 LED Strip [25]

Pada penelitian ini penulis menggunakan LED *strip* tipe WS2811B yang merupakan sumber cahaya LED dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Terintegrasi dalam rangkaian kontrol dan memiliki proteksi pada konektor power untuk menghindari kerusakan pada IC
- Warnanya sangat terang
- Hemat biaya listrik dan hemat energi.
- Memiliki chip RGB terintegrasi dalam komponen lampu
- Laju data pembacaannya sekitar 800 Kbps

Setiap piksel keluaran LED dapat mencapai tingkat kecerahan tertentu hingga 255 kecerahan layar.

2.2.12 Power Supply

Satu lagi perangkat yang penting dalam konteks sumber daya adalah "rectifier". Rectifier adalah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC). Dalam banyak aplikasi, seperti perangkat elektronik dan sistem pencahayaan, arus searah sangat dibutuhkan karena lebih cocok untuk kebanyakan komponen dan perangkat yang bekerja dengan sifat searah. Proses penyaringan juga sering dilakukan untuk menghaluskan keluaran arus searah dan menghilangkan komponen osilasi arus bolak-balik yang tidak diinginkan. Sebagai hasilnya, catu daya searah (DC power supply) umumnya

digunakan untuk menyediakan daya stabil kepada berbagai perangkat elektronik dalam berbagai lingkungan aplikasi. [26].



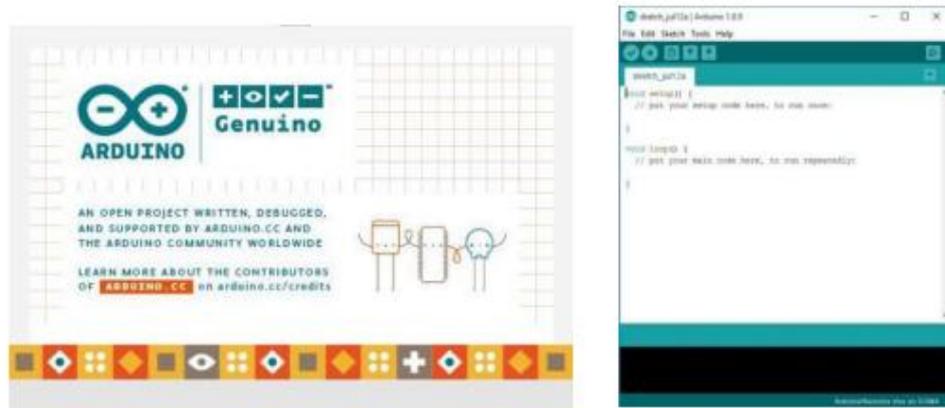
Gambar 2. 14 Power Supply [26]

Power supply terbagi menjadi beberapa bagian, *power supply* linier menggunakan transformator untuk menurunkan tegangan dan regulator berfungsi untuk menjaga tegangan output tetap stabil, *power supply switching* menggunakan metode *switch* atau peralihan tegangan dari AC menjadi tegangan DC dan lebih stabil, *power supply on-board* merupakan *power supply* terintegrasi langsung di perangkat elektronik yaitu *motherboard* berfungsi untuk memenuhi tegangan dan arus yang sesuai dengan kebutuhan arus dari perangkat tersebut. *Power supply* sangat penting untuk menjaga kestabilan dari operasi perangkat elektronik dan memberikan daya atau arus yang lebih stabil dan terlindungi dari daya yang berlebihan sehingga perangkat elektronik tetap aman [26].

2.2.13 SOFTWARE ARDUINO IDE

Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) adalah *software* yang digunakan untuk memprogram di arduino, dengan kata lain Arduino IDE sebagai media yang menulis kode program dan meng-*upload* program ke *board* Arduino. Arduino IDE menggunakan bahasa pemrograman C++ dengan versi yang telah disederhanakan, sehingga menjadi lebih mudah dalam penggunaan. Sebuah kode program Arduino pada umumnya biasa disebut dengan *sketch*. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE dilengkapi dengan *library* C/C++ yang biasanya disebut wiring, sehingga operasi *input* dan *output* menjadi lebih

mudah. Arduino IDE dikembangkan dari *software* processing yang diubah menjadi Arduino IDE khusus untuk pemrograman Arduino [23].



Gambar 2. 15 Tampilan Arduino IDE [23]

Pada tampilan arduino IDE terdapat beberapa menu yang dibuat untuk mempermudah dalam pemrograman. Berikut fungsi-fungsi pada menu arduino IDE sebagai berikut [23]:

1. *Verify* berfungsi untuk melakukan kompilasi program yang saat dieditor.
2. *New* berfungsi untuk membuat program baru dengan mengosongkan isi jendela editor saat ini.
3. *Open* berfungsi untuk membuka program yang ada dari sistem file.
4. *Save* berfungsi untuk menyimpan program saat ini.
5. *Upload* berfungsi untuk menyalin hasil pemrograman dari komputer ke memori board arduino. Saat melakukan *upload*, harus melakukan pengaturan jenis arduino dan port com yang digunakan.
6. Serial monitor berfungsi untuk melihat hasil pemrograman yang tersimpan dalam memori arduino.

2.2.14 Perhitungan *error* dan akurasi

Pengujian data dilakukan menggunakan sensor BH-1750 dan sensor *soil moisture* yang bertujuan untuk memperoleh hasil yang akurasi dari sensor tersebut. Untuk mendapatkan hasil *error* dari sensor tersebut dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut [12]:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

$$\text{Error} = \left| \frac{\text{Data Sebenarnya} - \text{Data Terukur}}{\text{Data Sebenarnya}} \right| \times 100\%$$

$$\text{Akurasi (\%)} = (100 - \text{Error})$$

Keterangan:

X_i = Data ke 1

\bar{x} = Rata-Rata data

N = Jumlah data

E = *Error*