

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Studi Literatur

Penelitian tentang Rancang Bangun Sistem Tracking Solar Cell Mengikuti Arah Sinar Matahari sudah pernah dilakukan oleh beberapa peneliti. Beberapa ringkasan studi literatur digunakan untuk mengetahui sejauh mana penelitian tersebut sudah dilakukan.

1. (Syahab, Romadhon, & Hakim, 2019) yang berjudul Rancang Bangun Solar Tracker Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Berbasis Internet of Things. Pada penelitian ini membahas tentang suatu alat yang mampu menyerap pancaran cahaya matahari secara optimal dengan menggunakan sistem pelacak otomatis berbasis mikrokontroler 2560. Sistem pelacak energi surya tersebut mampu menyerap energi listrik rata-rata sesaat 9.933 Watt, sedangkan energi rata-rata sesaat yang dihasilkan sistem panel surya statis adalah 0.8 Watt. Hasil monitoring tersebut dapat dilihat menggunakan sistem komunikasi berbasis internet secara realtime yang ditampilkan pada display web *thingspeak.com* dan aplikasi android *virtuino*.
  
2. (Prasetyo & Wardana, 2020) Rancang Bangun Monitoring Solar Tracking System Menggunakan Arduino dan Nodemcu Esp8266. Pada penelitian ini membahas tentang pengujian monitoring *solar tracking system* dari hasil pengukuran kemiringan panel surya, tegangan, arus serta intensitas cahaya menggunakan alat rancangan yang dibuat dibandingkan dengan alat ukur standar. Kemudian dihitung berapa persentase kesalahan dari tiap pengukuran tersebut. Hasil dari pengukuran selama 5 hari monitoring *solar tracking system* memiliki tingkat persentase kesalahan berkisar antara 0% - 10% pengukuran arus, 0% pengukuran tegangan, 0% - 3% kemiringan, dan 21% - 43% pengukuran intensitas cahaya.

3. (Bumi, Prasetyo, & Marausna, 2021) Rancang Bangun Solar Tracker Single Axis Dengan Motor Power Window DC CSD 60-B. Pada penelitian ini membahas tentang desain konseptual rancang bangun *solar tracker single axis* yang efektif sehingga dapat menyerap sinar matahari secara maksimal. Manfaat riset ini memberikan konsep struktur mekanikal *solar panel single axis* menggunakan power window DC CSD 60-B dengan dua unit solar panel 100 Wp, sebagai alat penggerak motor *solar tracker single axis* yang mampu mendeteksi sumber cahaya. Total energi listrik yang dihasilkan *solar tracker single axis* 30 menit sekali diperoleh  $43,06 \text{ Watt}$  dan pengujian 8 jam (08.00-16.00) =  $750,44 \text{ Watt}$

## **2.2 Dasar Teori**

### **2.2.1 Solar Tracking**

Tracking secara harafiah berarti mengikuti jalan atau dalam arti bebasnya ialah suatu kegiatan untuk mengikuti jejak suatu objek. Berikut jenis-jenis *Solar Tracker* sebagai berikut :

### **2.2.2 Polar Tracker**

*Polar Tracker* adalah metode yang secara ilmiah dikenal sebagai metode standar pemasangan struktur dukungan teleskop. Sumbu tunggal miring sejajar dengan bintang kutub. Oleh karena itu disebut selaras sumbu tracker tunggal polar (pasat). Dalam pelaksanaannya tertentu dari *tracker* sumbu tunggal miring, sudut kemiringan sama dengan situs lintang. Hal ini sejalan dengan sumbu *tracker* rotasi dengan suatu sumbu rotasi. Pelacak tersebut juga dapat disebut sebagai “*tracker* sumbu tunggal”, karena hanya satu mekanisme drive yang dibutuhkan untuk operasi sehari-hari. Hal ini akan mengurangi biaya sistem dan memungkinkan penggunaan metode pelacakan sederhana, termasuk pelacakan pasif dan kronologis

### **2.2.3 Horizontal**

#### ***Axis Tracker***

Sumbu rotasi untuk *Horizontal Axis Tracker Single* dipasang pada posisi horizontal dengan tanah. Di kedua ujungnya terdapat sumbu rotasi *tracker horizontal axis* dapat dibagi antara pelacak untuk menurunkan biaya instalasi. Alat ini kurang efektif di lintang yang lebih tinggi. Keuntungan utama adalah kekokohan yang melekat pada struktur pendukung dan kesederhanaan mekanisme. Karena panel horizontal, mereka dapat kompak ditempatkan pada tabung poros tanpa bahaya dan juga perawatan yang mudah. Untuk mekanisme aktif, kendali tunggal dan motor dapat digunakan untuk menjalankan beberapa baris dari panel.

### **2.2.4 Vertical Axis**

Sumbu rotasi untuk *vertical axis tracker* dibuat tegak lurus dengan tanah. Pelacak ini bergerak dari timur ke barat selama sehari. Pelacak tersebut lebih efektif di lintang tinggi daripada pelacak sumbu horizontal. Pelacak tersebut disesuaikan dengan sudut tetap atau cocok untuk garis lintang tinggi, di mana matahari tidak terlalu tinggi tetapi menyebabkan hari yang panjang di musim panas, dengan perjalanan matahari melalui garis bujur bumi. Metode ini telah digunakan dalam pembangunan rumah silinder di Austria (lintang di atas 45 derajat utara) yang berputar secara keseluruhan untuk melacak matahari, dengan panel vertical dipasang di salah satu sisi bangunan. Vertical axis pelacak tunggal biasanya memiliki modul yang berorientasi pada sudut sehubungan dengan sumbu rotasi.

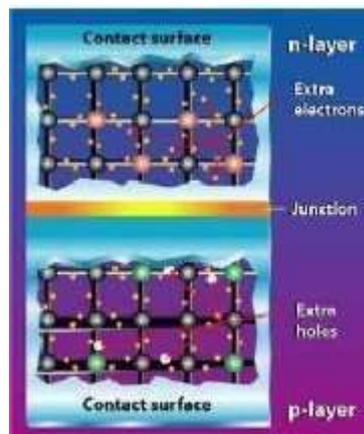
### **2.2.5 Sel Surya / Solar Cell**

Sel surya adalah kumpulan sel *fotovoltaik* yang dapat mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Ketika memproduksi panel surya, produsen harus memastikan bahwa sel-sel surya saling terhubung secara elektrik antara satu dengan yang lain pada sistem tersebut. Sel surya juga perlu dilindungi dari kelembaban dan kerusakan mekanis karena hal ini dapat merusak efisiensi panel surya secara signifikan dan menurunkan masa pakai dari yang diharapkan. Sel surya biasanya memiliki umur 20 tahun yang biasanya dalam jangka waktu tersebut pemilik panel surya tidak akan mengalami penurunan efisiensi yang signifikan.

Namun, meskipun dengan kemajuan teknologi mutakhir, sebagian besar panel surya komersial saat ini hanya mencapai efisiensi 15% dan hal ini tentunya merupakan salah satu alasan utama mengapa industri energi surya masih tidak dapat bersaing dengan bahan bakar fosil. Panel surya komersial sangat jarang yang melampaui efisiensi 20%. Panel surya sangat mudah dalam hal pemeliharaan karena tidak ada bagian yang bergerak. Satu-satunya hal yang harus dikhawatirkan adalah memastikan untuk menyingkirkan segala hal yang dapat menghalangi sinar matahari ke panel surya tersebut (Nadif, 2018)

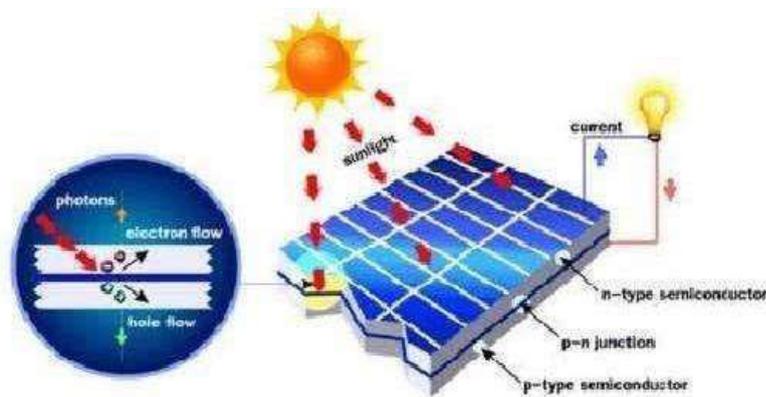
### 2.2.6 Prinsip Kerja Sel Surya

Sel surya konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n junction, yaitu junction antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. Semikonduktor ini terdiri dari ikatan-ikatan atom yang dimana terdapat elektron sebagai penyusun dasar. Semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan semikonduktor tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Kondisi dalam kelebihan elektron dan hole tersebut bisa terjadi dengan mendoping material dengan atom dopant. Sebagai untuk mendapatkan material silikon tipe-p, silikon dibantu oleh atom boron, sedangkan untuk mendapatkan material silikon tipe-n, silikon dibantu oleh atom fosfor. Ilustrasi di bawah menggambarkan junction semikonduktor tipe-p dan tipe-n (Ramadhan, 2019)



**Gambar 2. 1 Junction Antara Semikonduktor Tipe-P (Kelebihan Hole) Dan Tipe-N (Kelebihan Elektron).  
(Sumber: eere.energy.gov)**

Peran dari p-n junction ini adalah untuk membentuk medan listrik sehingga elektron (dan hole) bisa diekstrak oleh material kontak untuk menghasilkan listrik. Ketika semikonduktor tipe-p dan tipe-n terkontak, maka kelebihan elektron akan bergerak dari semikonduktor tipe-n ke tipe-p sehingga membentuk kutub positif pada semikonduktor tipe-n dan sebaliknya kutub negatif pada semikonduktor tipe-p. Akibat dari aliran elektron dan hole ini maka terbentuk medan listrik yang mana Ketika cahaya matahari mengenai susunan p-n junction ini maka akan mendorong elektron bergerak dari semikonduktor menuju kontak negatif yang selanjutnya dimanfaatkan sebagai listrik dan sebaliknya hole bergerak menuju kontak positif menunggu elektron datang, seperti diilustrasikan pada sebagai gambar berikut :

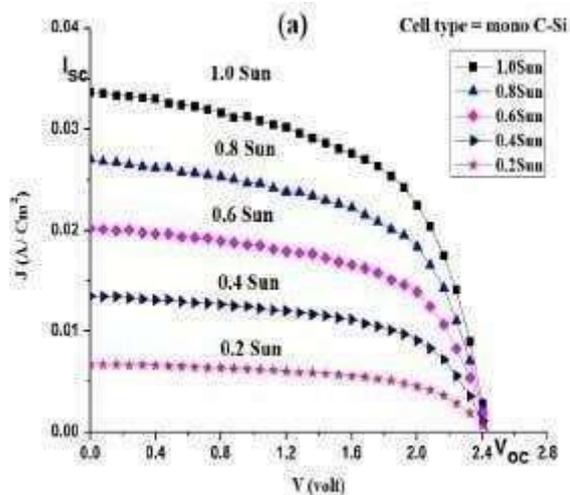


**Gambar 2. 2 Ilustrasi Cara Kerja Sel Surya Dengan Prinsip P-N Junction**

### 2.2.7 Efek Intensitas Cahaya Matahari

Intensitas cahaya matahari memiliki pengaruh yang penting baik pada arus *short circuit* , tegangan *open circuit*, *fill factor*, efisiensi dan hambatan seri maupun hambatan shunt. Intensitas cahaya dinyatakan dalam jumlah matahari, dimana satu matahari sesuai dengan standar iluminasi pada AM 1.5 atau 1 kW/m<sup>2</sup>. Arus *short circuit* secara langsung berhubungan dengan jumlah foton yang diserap oleh material semikonduktor kemudian sebanding dengan nilai intensitas cahaya, sedangkan tegangan open circuit hanya berubah sedikit Ketika intensitas cahaya rendah.

Intensitas cahaya matahari mungkin dapat berbeda setiap hari. Hal ini menyebabkan energi yang masuk ke sel surya juga akan berubah ubah, bervariasi antara 0 sampai 1 kW/m<sup>2</sup>. Pada cahaya yang rendah, efek resistansi shunt akan bertambah. Berkurangnya intensitas cahaya menyebabkan arus yang melewati sel surya berkurang dan nilai resistansi seri hampir sama nilai resistansi shuntnya. Ketika dua resistansi ini hampir sama, total arus yang mengalir resistansi shunt bertambah, kemudian akan menambah daya yang hilang karena resistansi shunt yang tinggi dapat menahan daya yang masuk lebih banyak dari sel surya dengan resistansi shunt yang rendah (Febrian, 2020).



**Gambar 2. 3 Kurva Karakteristik Terhadap Perubahan Intensitas Cahaya Matahari**

Besar arus sel surya tergantung pada beberapa faktor, diantaranya :

1. Luas dari modul panel surya
2. Jumlah foton (yaitu daya dari sumber cahaya yang jatuh)
3. Spektrum dari cahaya yang jatuh. Untuk kebanyakan sel surya, spectrum distandarkan pada spektrum AM 1,5.
4. Sifat optikal (penyerapan dan pemantulan) sel surya.

## 2.3 Perangkat Keras Yang Digunakan

### 2.3.1 Arduino Uno

Arduino UNO adalah sebuah board mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

1. Pin input/output digital (diberi Label '0 sampai 13')

Secara umum pin I/O ini adalah pin digital, yakni pin yang bekerja pada level tegangan digital (0V sampai 5V) baik untuk input atau output. Namun pada beberapa pin output analog, yang dapat mengeluarkan tegangan analog 0V sampai 5V, pin tersebut adalah pin 3,5,6,9,10 dan 11, selain itu untuk pin 0 dan 1 juga memiliki fungsi khusus sebagai pin komunikasi serial.

2. Pin input analog (diberi Label 'A0 sampai A5').

Pin tersebut dapat menerima input tegangan analog antara 0V sampai 5V, tegangan ini akan direpresentasikan sebagai bilangan 0 – 1023 dalam program.

3. Pin untuk sumber tegangan

Kelompok pin ini merupakan kumpulan pin yang berhubungan dengan sumber tenaga, misalnya output 5V, Output 3,3V, GND (2 pin) dan Vref (tegangan referensi untuk pembacaan ADC internal)

4. IC ATmega328

Seperti yang telah dijelaskan IC ini bertindak sebagai pusat kendali pemrosesan data.

5. IC ATmega 16

IC ini diprogram untuk menangani komunikasi data dengan PC melalui port USB.

6. Jack USB

Merupakan soket USB tipe B sebagai penghubung data serial dengan PC.

7. Jack Power

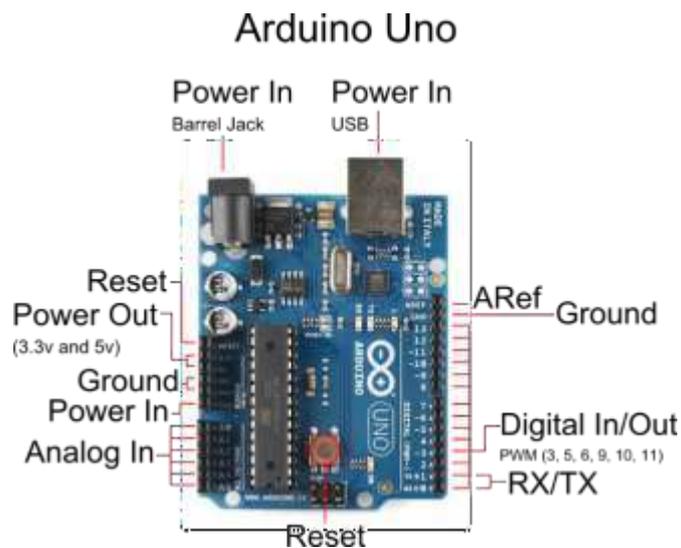
Merupakan Soket untuk catu daya eksternal antara 9V sampai 12V DC.

8. Port ICSP (In-Circuit Serial Programming)

Port ini digunakan untuk memprogram arduino tanpa bootloader.

10. Tombol Reset

Digunakan untuk mereset papan mikrokontroler arduino untuk memulai program dari awal.



Gambar 2. 4 Arduino Uno

### 2.3.2 Motor Servo

Motor servo adalah sebuah motor DC dengan sistem umpan balik tertutup di mana posisi rotor-nya akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini terdiri dari sebuah motor DC, serangkaian gear, potensiometer, dan rangkaian kontrol. Potensiometer berfungsi untuk menentukan batas sudut dari putaran servo. Sedangkan sudut dari sumbu motor servo diatur berdasarkan lebar pulsa yang dikirim melalui kaki sinyal dari kabel motor servo.

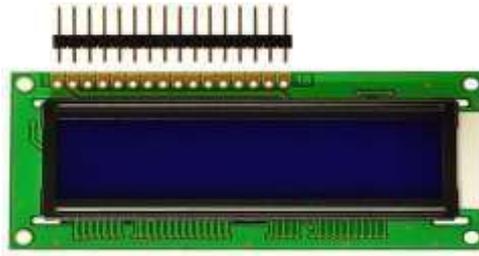


**Gambar 2. 5 Motor Servo**

Motor servo dapat dimanfaatkan pada pembuatan robot, salah satunya sebagai penggerak kaki robot. Motor servo dipilih sebagai penggerak pada kaki robot karena motor servo memiliki tenaga atau torsi yang besar, sehingga dapat menggerakkan kaki robot dengan beban yang cukup berat. Pada umumnya motor servo yang digunakan sebagai penggerak pada robot adalah motor servo 180°. Motor servo dikendalikan dengan sinyal PWM dari encoder/potentiometer. Lebar sinyal (pulsa) yang diberikan inilah yang akan menentukan posisi sudut putaran dari poros motor servo. Sebagai contoh, lebar sinyal dengan waktu 1,5 ms (millisecond) akan memutar poros motor servo ke posisi sudut 90°. Bila sinyal lebih pendek dari 1,5 ms maka akan berputar ke arah posisi 0° atau ke kiri (berlawanan dengan arah jarum jam), sedangkan bila sinyal yang diberikan lebih lama dari 1,5 ms maka poros motor servo akan berputar ke arah posisi 180° atau ke kanan (searah jarum jam).

### **2.3.3 Liquid Crystal Display (LCD)**

LCD atau *Liquid Crystal Display* adalah suatu jenis media display (tampilan) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) untuk menghasilkan gambar yang terlihat. LCD atau *Liquid Crystal Display* pada dasarnya terdiri dari dua bagian utama yaitu bagian Backlight (Lampu Latar Belakang) dan bagian *Liquid Crystal* (Kristal Cair). Seperti yang disebutkan sebelumnya, LCD tidak memancarkan pencahayaan apapun, LCD hanya merefleksikan dan mentransmisikan cahaya yang melewatinya. LCD memiliki konstruksi dan pin seperti pada gambar 2.5 serta Spesifikasi LCD seperti yang terdapat pada tabel 2.5



**Gambar 2.6** *Liquid Crystal Display (LCD)*

Pada LCD 16×2 pada umumnya menggunakan 16 pin sebagai kontrolnya, tentunya akan sangat boros apabila menggunakan 16 pin tersebut. Karena itu, digunakan driver khusus sehingga LCD dapat dikontrol dengan modul I2C atau Inter-Integrated Circuit. Dengan modul I2C, maka LCD 16x2 hanya memerlukan dua pin untuk mengirimkan data dan dua pin untuk pemasok tegangan. Sehingga hanya memerlukan empat pin yang perlu dihubungkan ke NodeMCU yaitu :

- GND : terhubung ke pin ground
- VCC : terhubung ke pin 5v
- SDA : sebagai I2C data dan terhubung ke pin D2
- SCL : sebagai I2C data dan terhubung ke pin D1

#### **2.3.4 Baterai**

Baterai adalah alat yang terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Baterai yang akan digunakan dalam penelitian ini berupa *SMT-Power Battery* dengan spesifikasi 12 volt 10Ah.

Baterai Aki atau sering disebut accumulator, adalah salah satu komponen utama dalam kendaraan bermotor, baik mobil atau sepeda motor. Aki dapat digunakan untuk menyimpan dan memberikan tenaga listrik. Pada proses pengisian, tenaga listrik diubah menjadi tenaga kimia, pada pembuangannya muatan tenaga kimia yang tersimpan diubah menjadi tenaga listrik. Aki memiliki kapasitas sebuah sel aki diukur dalam jam-Ampere (Ah), yang dimaksud dengan kapasitas adalah jumlah Ah yang dapat diberikan oleh sebuah sel yang berisi muatan sampai tegangannya turun menjadi kira-kira 1,83 V (99,1%). Sebuah aki dengan kapasitas 100 Ah dapat memberikan arus 25A selama 4 jam.



**Gambar 2. 7 Battery 12 Volt 8Ah**

Terdapat 2 jenis aki yaitu aki basah dan aki kering. Aki basah merupakan jenis aki yang perlu diberi air aki yang dikenal dengan sebutan accu zuur. Sedangkan aki kering merupakan jenis aki yang tidak memakai cairan. Dalam aki terdapat elemen dan sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat ( $H_2SO_4$ ). Tiap sel berisikan pelat positif dan pelat negatif. Pada pelat positif terkandung oksida timbal coklat ( $PbO_2$ ), sedangkan pelat negatif mengandung timbal

### **2.3.5 Sensor Light Dependent Resistor (LDR)**

LDR adalah jenis Resistor yang nilai hambatan atau nilai resistansinya tergantung pada intensitas cahaya yang diterimanya. Nilai Hambatan LDR akan menurun pada saat cahaya terang dan nilai Hambatannya akan menjadi tinggi jika dalam kondisi gelap. Dengan kata lain, fungsi LDR adalah untuk menghantarkan arus listrik jika menerima sejumlah intensitas cahaya (Kondisi Terang) dan menghambat arus listrik dalam kondisi gelap. Naik turunnya nilai Hambatan akan sebanding dengan jumlah cahaya yang diterimanya. Pada umumnya, Nilai Hambatan LDR akan mencapai 500 Kilo Ohm ( $k\Omega$ ) pada kondisi gelap dan menurun menjadi 200 Ohm ( $\Omega$ ) pada Kondisi Cahaya Terang.



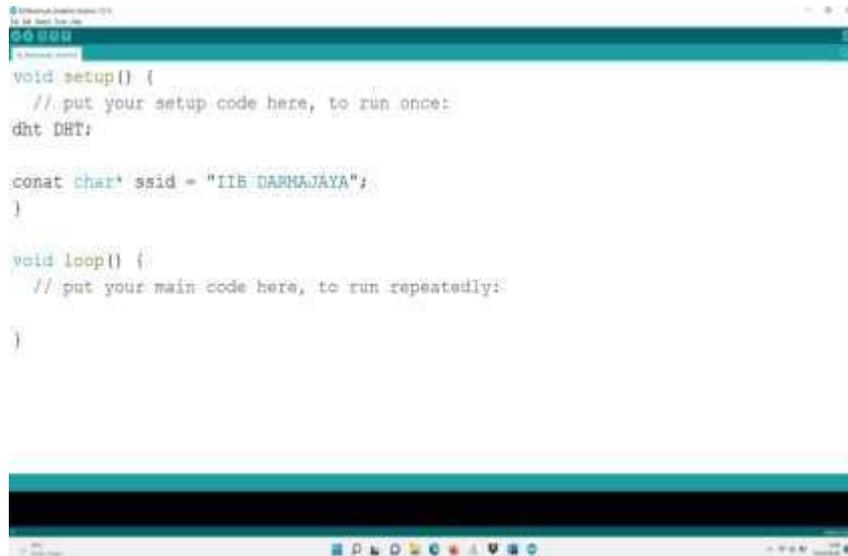
**Gambar 2. 8 Sensor LDR**

## 2.4 Perangkat Lunak Yang Digunakan

Perangkat lunak atau biasa disebut *software* merupakan sekumpulan data elektronik yang disimpan dan diatur oleh komputer berupa text program maupun instruksi yang akan menjalankan sebuah perintah. Perangkat lunak atau *software* disebut juga sebagai penerjemah perintah-perintah yang dijalankan oleh user untuk diteruskan dan diproses oleh perangkat keras (*hardware*). Dengan adanya perangkat lunak inilah sebuah sistem mampu menjalankan perintah.

### 2.4.1 Arduino IDE

*Software* Arduino yang digunakan adalah *driver* dan *Integrated Development Environment* (IDE). Arduino IDE juga merupakan perangkat lunak open source yang terutama digunakan untuk menulis dan mengkompilasi kode menjadi modul pada arduinonya, perangkat lunak Arduino resmi membuat kompilasi kode terlalu mudah sehingga orang biasa dengan pengetahuan teknis yang minim pun bisa membuat mudah dipahami dengan proses pembelajaran. Berikut tampilan dari *software* Arduino IDE :



```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  dht DHT;  
  
  const char* ssid = "IIB DARMAJAYA";  
}  
  
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
}
```

**Gambar 2.9** Arduino IDE

1. *Verify/Compile*, berfungsi untuk mengecek apakah skets yang dibuat ada kekeliruan dari segi sintaks atau tidak. Jika tidak ada kesalahan, maka sintaks yang dibuat akan di compile kedalam Bahasa mesin.

2. *Upload*, berfungsi mengirimkan program yang sudah dikompilasi ke Arduino Board.
3. *New*, berfungsi untuk penambahan proyek baru atau alat kerja baru yang ingin dibuat.
4. *Open*, merupakan jenis tools membuka code untuk dapat melihat akan terjadinya eror atau tidak.
5. *Save*, berfungsi untuk menyimpan proyek dari hasil pengerjaan.

*Software* Arduino IDE banyak digunakan dalam bidang pengembangan sistem otomasi maupun *Internet Of Things*. Menurut (Kadir, 2018) dalam bukunya yang berjudul “Simulasi Arduino” berpendapat bahwa Arduino merupakan perangkat keras sekaligus sebagai perangkat lunak yang memungkinkan siapapun untuk membuat prototype rangkaian elektronik berbasis mikrokontroler dengan mudah dan cepat.

### **2.5.2 Fritzing**

Fritzing adalah aplikasi desain rangkaian elektronika yang tersedia secara online. Penggambaran komponen elektronika pada aplikasi ini terlihat lebih real atau bahkan sama dengan yang asli jika dibandingkan dengan aplikasi yang lain. Fritzing juga mempunyai aplikasi desain rangkaian PCB (*Printed Circuit Board*).



**Gambar 2.10 Fritzing**