

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian yang penulis tinjau pertama dilakukan oleh (Deki Renjaka Ardiyanto, 2021) dengan judul “Rancang Bangun Monitoring Lightning Counter Berbasis Aplikasi Android”. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring lightning counter pada tower BTS, dengan pengendalian tekanan otomatis dengan menggunakan mikrokontroller Arduino Uno ATmega328, dengan penggunaan sensor PZEM-004T yang digunakan sebagai pendeteksi adanya sambaran petir. Dan pada penelitian ini menggunakan juga *Ethernet Shield* yang digunakan untuk mengirimkan data pada Aplikasi Android. Hasil pengujian menunjukkan bahwa PZEM-004T dapat mengukur dan menampilkan nilai arus dan terjadinya sambaran dengan nilai error sebesar 9,64% dan error arus 12,5%.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Deki Renjaka Ardiyanto adalah penelitian ini menggunakan rangkaian schematik dan komponen kecil sebagai pengganti sensor-sensor yang dibutuhkan dengan menggunakan mikrokontroller ESP32-Devkit dengan koneksi LoRa sebagai pengirim data hasil perhitungan.

Selanjutnya penelitian dilakukan oleh (Nia Anggraini, 2021) dengan judul “Sistem Monitoring Alat Proteksi Petir Berbasis Web Menggunakan ESP8266”. Penelitian ini bertujuan menunjukkan waktu, tanggal dan jumlah berapa kali alat proteksi petir itu telah bekerja. Dan menampilkan juga besarnya arus dari sambaran petir yang ditampilkan secara real time berbasis web menggunakan ESP8266. Dimana pengujiannya menggunakan simulasi menggunakan sumber tegangan yang dihubungkan ke saklar dengan beban 10 ohm. Dari pengujian didapatkan rata-rata error sebesar 4.8%.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Nia Anggraini adalah menggunakan mikrokontroller ESP32-Devkit dengan tambahan LoRa sehingga pengiriman datanya bisa dilakukan dalam lingkup yang lebih jauh.

Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Aji Tias Massadhi, 2021) dengan judul “Rancang Bangun Sistem Proteksi Sambaran Petir Termonitor di Aplikasi Android Berbasis Web Cloud”. Alat ini menggunakan sensor yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh tinjauan pustaka pertama perbedaannya adalah penggunaan database dan pemasangannya, pemonitor ketinggian bogie dengan menggunakan App Inventor terkoneksi ke database. Sebagai salah satu bentuk interface, aplikasi android digunakan untuk memantau hasil deteksi sensor secara realtime.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang dilakukan oleh Aji Tias Massadhi adalah penulis menggunakan koneksi pada LoRa sehingga hasil yang didapatkan bisa terkoneksi dengan konektivitas yang lebih jauh dan penggunaan receiver sehingga data bisa didapatkan dengan real time dari receiver maupun aplikasi smartphone.

Laporan Tugas Akhir ini, membuat inovasi dengan mengembangkan sistem monitoring lightning counter dengan menggunakan ESP32 dan modul LoRa untuk pemantauan real-time. Dengan menggabungkan berbagai parameter dan teknologi IoT.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Alur Pembentukan Awan Petir

Pembentukan awan petir bermula dari awan yang memiliki kandungan elektron atau muatan listrik negatif pada lapisan atmosfer yang nantinya pada awan tersebut akan membentuk gumpalan-gumpalan awan tersendiri. Hal tersebut akan terjadi jika terdapat bagian pembentukan awan yang diperlukan pada gumpalan awan yang terbentuk. Faktor pergerakan angin ke arah atas dan di dalamnya ada bagian penting higroskopis atau zat yang menyerap uap air di udara sekitarnya, serta dengan faktor pendukung kelembapan udara

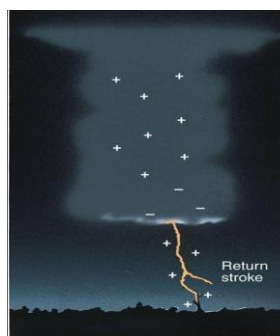
yang mendukung untuk pembentukan awan. Pada gambar 2.1 merupakan skema yang akan terjadi pada awan Cumulonimbus yang merupakan awan vertikal menjulang tinggi (antara 2.000 - 16.000 meter), tebal, dan berisi berbagai hal antaranya adalah badai petir, kilat, air hujan serta cuaca dingin. Arti dari Cumulonimbus berasal dari bahasa latin "*cumulus*" berarti kumpulan "*nimbus*" berarti hujan. Petir yang terbentuk biasanya terdapat pada inti awan yang bisa menimbulkan curah hujan sering serta ditambah dengan curah angin tinggi. Petir yang terbentuk akan hilang dalam kurun waktu 20 menit [4].



Gambar 2.1 Pembentukan Awan Petir

2.2.2 Return Stroke (Sambaran Balik)

Return Stroke yang juga dikenal sebagai arus kilat balik, adalah arus listrik petir sebenarnya yang mengalir dari tanah ke awan melalui saluran terionisasi yang sudah terbentuk di awan di atasnya. Oleh karena itu, saluran udara terionisasi memiliki tingkat konduktivitas yang tinggi, dan kecepatan rambat arus petir lebih cepat daripada kecepatan step leader, yang berkisar antara 20.000 hingga 110.000 kilometer per detik [4].



Gambar 2.2 Return Stroke

2.2.3 Parameter Petir

Untuk menghasilkan nilai pentanahan yang baik maka dilakukan penguraian dari parameter sambaran petir yang secara terukur dan ternilai akan kelistrikan. Pada tabel dibawah akan menampilkan parameter sambaran terhadap akibat obyek sambaran [2].

Tabel 2.1 Jenis-jenis parameter petir

Parameter Petir		Tingkat proteksi		
		I	II	III-IV
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Nilai Muatan total	Q total (C)	300	225	150
Nilai Muatan impuls	Q impuls (C)	100	75	50
Nilai Energy spesifik	W/R (kJ/ Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	di/dt 30/90% (kA/ μ s)	200	150	100

2.2.4 Arus Petir Maksimum

Arus petir maksimum (I_m) menentukan tinggi tegangan jatuh (U_m) pada tahanan pentanahan obyek yang disambar,

$$U_m = I_m \times R(\text{Volt})$$

Dimana:

I_m = Arus petir puncak atau maksimum

R = Tahanan tanah

Dari pengukuran diatas didapatkan hasil acuan untuk menentukan tingkat proteksi yang diharapkan mendapatkan beda tegangan arus puncak yang berakibat kerusakan fatal [4].

2.2.5 Muatan Petir atau Muatan Total (Q)

Muatan (Q) menentukan jumlah energi (W) yang terwujud pada titik sambaran dan setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi. Sesuai dengan persamaan:

$$Q = \int i \cdot dt$$

$$W = Q \cdot V_{ak}$$

Dimana,

i = Arus petir

V_{ak} = *Drop Voltage* Anoda Katoda

Pengaruh Q dapat merusak logam dan menimbulkan percikan api . Energi yang dihasilkan pada lintasan busur sambaran petir berhubungan langsung dengan muatan petir (Q) dan penurunan tegangan (V) . Parameter ini berguna untuk menentukan dimensi penangkal petir [4].

2.2.6 Energi Spesifikasi Arus Petir atau Kuadrat Impulse dari Arus (E)

Energi (E) menentukan pemanasan serta gaya impulse sesuai dengan persamaan:

$$E = \int i^2 \cdot dt$$

Dimana:

i = Arus petir

E = Energi yang timbul

dt = waktu

Dari hasil perhitungan di atas diperoleh parameter - parameter untuk menentukan ukuran penangkal petir yang tepat untuk dipasang , agar dapat meminimalisir dampak mekanis akibat sambaran petir , kenaikan suhu pada penampang perangkat , serta kerusakan yang berlebihan [4].

2.2.7 Kecuraman Maksimum dari Arus Petir

Petir juga menimbulkan tegangan induksi (U) sesuai persamaan:

$$U = L \frac{di}{dt} \text{ (Volt)}$$

Dimana,

L = Induktansi metal/kabel

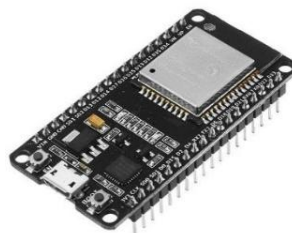
di/dt = Laju kenaikan arus terhadap waktu/kecuraman arus petir

Untuk mencegah terjadinya induksi dan kerusakan pada perangkat, parameter ini digunakan dengan tujuan menentukan ukuran dimensi konduktor pengaman arus petir, serta memperhitungkan adanya penurunan tegangan akibat induksi pada konduktor dan tegangan induktif pada rangkaian loop yang disebabkan oleh coupling magnetik [4].

2.2.8 ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler 32-bit dengan performa tinggi yang dirancang oleh Espressif Systems. Mikrokontroler ini dikenal karena kemampuannya yang serbaguna, terutama dalam pengaplikasian dari Internet of Things (IoT). Modul ESP32 mendukung komunikasi nirkabel seperti Wi-Fi dan Bluetooth, yang menjadikannya komponen penting dalam proyek yang memerlukan konektivitas jaringan [5]. Mikrokontroler ini dirancang untuk aplikasi Internet of Things (IoT) dan menawarkan berbagai fitur canggih termasuk dual-core CPU, Wi-Fi, dan Bluetooth.

ESP32 ditunjukkan pada gambar, memiliki dua core Xtensa LX6, memungkinkan multitasking. Satu core bisa digunakan untuk tugas komunikasi seperti Wi-Fi atau Bluetooth, sementara core lain digunakan untuk memproses data aplikasi. ESP32 juga memiliki berbagai sub-unit komunikasi, termasuk SPI, I2C, UART, CAN, dan Ethernet MAC, menjadikannya fleksibel untuk digunakan dalam banyak aplikasi yang membutuhkan protokol komunikasi beragam. Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral. ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WI-FI.



Gambar 2.3 ESP32 Devkit V1

Kecepatan Clock	Hingga 240 MHz
Memori RAM	520 KB SRAM
Memori ROM	448 KB
Konektivitas	Wi-Fi 802.11 b/g/n, Bluetooth (Classic dan BLE)
GPIO (General Purpose I/O)	34 pin GPIO yang dapat dikonfigurasi untuk berbagai fungsi
Tegangan Operasi	3,3V (tegangan kerja)
Arus Maksimum per Pin	Sekitar 12 mA per pin
ADC (Analog-to-Digital Converter)	12-bit resolusi, hingga 18 saluran ADC (tergantung model)
DAC (Digital-to-Analog Converter)	8-bit resolusi, 2 saluran DAC
PWM (Pulse Width Modulation)	Ya, hingga 16 saluran PWM
SPI (Serial Peripheral Interface)	Ya, hingga 4 saluran SPI (tergantung model)
I2C (Inter-Integrated Circuit)	Ya, 2 saluran I2C
UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)	Ya, hingga 3 saluran UART
Regulator Internal	Regulator 3.3V terintegrasi

2.2.9 Modul LoRa E220-900T22D

LoRa E220-900T22D adalah modul komunikasi nirkabel berbasis teknologi *Long Range* yang bekerja pada frekuensi diatas 900 MHz dan LoRa jenis ini diproduksi oleh Ebyte. Modul ini dirancang untuk mentransmisikan data dalam jangkauan jarak yang jauh dengan konsumsi daya rendah menjadikannya ideal untuk penerapan dalam aplikasi IoT (Internet of Things), sensor jarak jauh, maupun dalam sistem telemetri.

Fungsi LoRa memiliki beberapa teknologi yang telah ada sebelumnya, seperti Bluetooth, Wifi, ZigBee, dan RFID. Perbandingan antara LoRa dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut ini.[6]

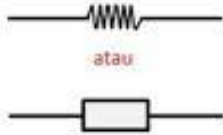
Tabel 2. 3 Perbandingan Teknologi LoRa dengan Teknologi Lain

No	Teknologi	Jarak	Max. Rate	Konsumsi Daya
1.	Bluetooth	10 m	2 MB/s	<i>Low</i>
2.	Wifi	0 - 60 m	54 MB/s	<i>High</i>
3.	RFID	0 – 100 m	10 KB/s	<i>Low</i>
4.	ZigBee	0 – 1500 m	250 KB/s	<i>Low</i>
5.	LoRa	0 – 15 km	600 KB/s	<i>Low</i>

2.2.10 Resistor

Resistor adalah sebuah komponen dari elektronika yang sangat penting karena berfungsi sebagai penghambat arus listrik. Resistor memiliki beberapa macam gelang atau cincin, ada yang 4 cincin, 5 cincin, dan 6 cincin. Selain itu, resistor dapat dikumpulkan berdasarkan bahan pembuatannya, seperti karbon, film logam, dan kawat lilit. Resistor karbon, misalnya, cocok untuk aplikasi yang membutuhkan presisi rendah, sementara resistor film logam lebih stabil dan presisi. Resistor presisi tinggi biasanya memiliki kode warna yang terdiri dari 5 atau 6 gelang untuk lebih toleransi dan akurasi. Komponen ini sering digunakan untuk menciptakan kondisi operasi yang diinginkan dalam rangkaian atau untuk melindungi perangkat dari kerusakan yang disebabkan oleh arus yang berlebihan.

Tabel 2.4 Resistor

Simbol Fixed Resistor	Bentuk Fixed Resistor
	

2.2.11 Kapasitor

Kapasitor atau sering juga disebut kondensator, adalah salah satu komponen elektronik pasif yang banyak digunakan dalam rangkaian listrik. Fungsinya adalah menyimpan muatan listrik untuk sementara waktu dan kemudian melepaskannya kembali ketika dibutuhkan. Kapasitor tersusun dari dua pelat konduktor yang dipisahkan oleh bahan isolator (disebut dielektrik). Bahan dielektrik ini bisa berupa udara, kertas, plastik, mika, keramik, atau bahan lain yang tidak bisa dilewati arus listrik.

Kapasitor memiliki dua kaki, yaitu positif dan negatif. Ketika kedua kaki ini dihubungkan dengan sumber tegangan, muatan listrik akan terkumpul pada kedua pelat konduktor dan disimpan di dalam kapasitor. Jumlah muatan yang tersimpan memiliki satuan Coulomb (C), sedangkan kemampuan kapasitor untuk menyimpan muatan disebut kapasitansi, yang ukurannya memakai Farad (F). Besar kecilnya kapasitansi dipengaruhi oleh luas pelat konduktor, jarak antara kedua pelat, dan jenis bahan dielektrik yang digunakan [8].

Kapasitansi sendiri menggambarkan berapa banyak muatan listrik yang bisa disimpan oleh sebuah kapasitor. Coulomb menemukan bahwa 1 coulomb sama dengan sekitar $6,25 \times 10^{18}$ elektron. Faraday kemudian mendefinisikan bahwa sebuah kapasitor dikatakan memiliki nilai 1 Farad jika bisa menyimpan 1 Coulomb muatan ketika diberikan tegangan 1 Volt. Hubungan ini dituliskan dengan rumus: $Q = C \cdot V$

Q = muatan elektron C (Coulumb)

C = nilai kapasitans dalam F (Farad)

V = tinggi tegangan dalam V (Volt)



Gambar 2.5 Kapasitor

2.2.12 Induktor

Induktor atau reaktor adalah komponen elektronika yang terdiri dari kumpulan lilitan kawat yang mampu menyimpan energi dalam bentuk medan magnet ketika arus listrik melewati lilitan tersebut. Kawat tembaga yang dililitkan digunakan sebagai induktor. Induktor merupakan komponen elektronik pasif yang tidak membutuhkan sumber daya atau aliran listrik, dan jika dipadukan dengan kapasitor, maka akan membentuk rangkaian resonansi yang mampu bergetar pada frekuensi tertentu [9].



Gambar 2.6 Induktor

2.2.13 Transistor

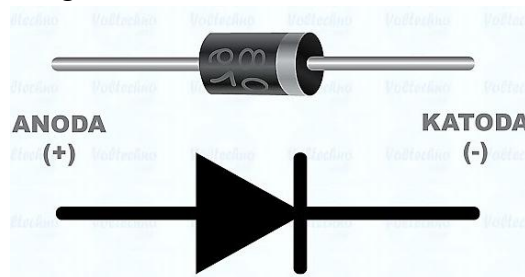
Transistor adalah bagian elektronika yang terbuat dari bahan semi konduktor dan memiliki tiga kaki, yaitu basis (B), kolektor (C), dan emitor (E). Berdasarkan jenis bahan semi konduktor yang digunakan, transistor dibagi menjadi dua jenis, yaitu transistor NPN dan transistor PNP. Untuk membedakan antara kedua jenis tersebut, kita bisa melihat arah panah pada kaki emitor. Pada transistor PNP, arah panah mengarah ke dalam, sedangkan pada transistor NPN, arah panah mengarah ke luar [10].



Gambar 2.7 Transistor

2.2.14 Dioda

Dioda adalah komponen elektronik semikonduktor yang memiliki dua terminal, yaitu anoda dan katoda, yang berfungsi mengalirkan arus listrik hanya dalam satu arah dan menahannya dari arah sebaliknya. Komponen ini bekerja berdasarkan prinsip pertemuan dua bahan semikonduktor tipe P dan tipe N (p-n junction) yang menciptakan daerah deplesi, sehingga arus hanya dapat mengalir apabila tegangan yang diberikan memenuhi kondisi forward bias. Bentuk fisik dioda umumnya kecil dengan tanda gelang pada salah satu ujungnya untuk menunjukkan posisi katoda, memudahkan identifikasi arah pemasangan dalam rangkaian. Dalam penggunaannya, dioda banyak dipakai pada rangkaian penyearah untuk mengubah arus bolak-balik (AC) menjadi arus searah (DC), sebagai pelindung polaritas terbalik, penstabil tegangan pada dioda zener, serta aplikasi switching berkecepatan tinggi. Dengan karakteristiknya yang sederhana namun krusial, dioda menjadi salah satu komponen dasar yang penting dalam perancangan dan analisis rangkaian elektronika pada berbagai sistem.



Gambar 2.8 Dioda

2.2.15 Baterai 18650 3.7 V

Baterai 18650 adalah jenis baterai isi ulang berbasis Lithium-Ion (Li-Ion) yang memiliki bentuk silinder dengan ukuran standar diameter 18 mm dan panjang 65 mm, sehingga dinamakan “18650.” Baterai ini memiliki tegangan nominal 3,6–3,7V dan kapasitas bervariasi mulai dari sekitar 1800 mAh hingga lebih dari 3500 mAh, tergantung pada jenis dan kualitas sel. Baterai 18650 banyak digunakan karena memiliki kepadatan energi tinggi, umur siklus pengisian yang panjang, dan efisiensi tinggi dibandingkan baterai konvensional seperti Ni-MH. Saat digunakan, reaksi elektrokimia di dalam

baterai menghasilkan aliran elektron yang menyuplai daya ke perangkat, sedangkan saat diisi ulang, ion litium kembali ke anoda sehingga baterai dapat digunakan berulang kali. Tegangan penuh baterai ini biasanya sekitar 4,2V saat terisi penuh dan sekitar 3,0V saat mendekati habis. Baterai ini digunakan sebagai sumber tegangan yang digunakan untuk menghidupkan semua sistem dan rangkaian yang digunakan.



Gambar 2.9 Baterai 18650

2.2.12 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD 16x2 adalah layar tampilan berbasis kristal cair (LCD) yang mampu menampilkan 16 karakter pada setiap dari 2 baris. Layar ini sering digunakan dalam berbagai proyek berbasis mikrokontroler, seperti Arduino, untuk menampilkan informasi berupa teks atau data yang diambil dari sensor atau sistem lainnya. Karena kemampuannya untuk menampilkan sejumlah informasi yang cukup besar, LCD 16x2 sering digunakan dalam proyek yang membutuhkan tampilan data yang mudah dibaca [11].

Walau disebut sebagai titik cahaya, namun kristal cair ini tidak memancarkan cahaya sendiri. LCD 16x2 bekerja dengan menggunakan teknologi layar kristal cair yang memungkinkan kontrol piksel secara individual untuk menampilkan karakter alfanumerik dan simbol. Dalam pengoperasiannya dengan Arduino, LCD ini biasanya terhubung dengan menggunakan antarmuka I2C atau parallel. Dengan menggunakan antarmuka I2C, hanya dua kabel yang diperlukan (SDA untuk data dan SCL untuk clock), yang mempermudah koneksi dan menghemat pin pada mikrokontroler [11].



Gambar 2.10 LCD 16x2

Tabel 2.5 Spesifikasi LCD 16x2

No	Nama	Spesifikasi
1	Blue backlight	I2C
2	Display Format	16 Characters x 2 lines
3	Supply Voltage	5V
4	Back Lit	Blue with White char color
5	Supply Voltage	5V
6	Pcb Size	80 mm x 36 mm
7	Contrast Adjust	Potentiometer
8	Backlight Adjust	Jumper

2.2.13 I2C Module

I2C (Inter-Integrated Circuit) LCD adalah jenis layar kristal cair (LCD) yang menggunakan protokol komunikasi I2C untuk berinteraksi dengan mikrokontroler seperti Arduino atau Raspberry Pi. Teknologi I2C memungkinkan komunikasi dengan banyak perangkat menggunakan hanya dua kabel (SDA untuk data dan SCL untuk clock), yang sangat menghemat pin pada mikrokontroler dibandingkan dengan metode paralel tradisional. LCD I2C sangat populer karena kemudahan dalam penghubungannya dan efisiensi penggunaan pin [11].

Piranti yang dihubungkan dengan system I2C bus dapat dioperasikan sebagai piranti slave. Master adalah piranti yang memulai transfer data pada I2C Bus dengan membentuk sinyal start, mengakhiri transfer data dengan membentuk sinyal stop, dan membangkitkan sinyal clock.



Gambar 2.11 Modul I2C

Dengan spesifikasi dari Module I2C sesuai dengan tabel 2.6 yang memungkinkan protokol I2C untuk berbagi dua jalur komunikasi antar beberapa perangkat, sehingga mengurangi kebutuhan pin pada mikrokontroler. LCD ini biasanya terdiri dari dua bagian utama: modul LCD standar dan modul konverter I2C yang memungkinkan komunikasi serial. Modul I2C ini mengubah sinyal paralel dari LCD menjadi sinyal serial yang dapat dipahami oleh mikrokontroler [11].

Tabel 2.6 Spesifikasi I2C Module

No	Nama	Spesifikasi
1	Tegangan kerja	VCC, GND, DO, AO
		Mendukung protokol I2C, coding lebih singkat
		Dilengkapi Trimpot pengatur lampu dan kontras layar
		Hanya 4 pin utk pengendalian (SDA, SCL, VCC dan GND)
2	Device Address	0x27 atau 0x3F
		Dapat digunakan untuk LCD 16x2 ataupun 20x4
3	Ukuran	41.5x19x15.3mm

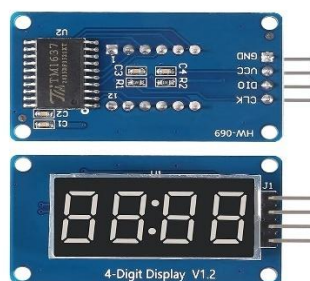
2.2.14 TM1637 Display

TM1637 display atau seven segment display merupakan salah satu jenis perangkat penampil angka yang tersusun dari tujuh buah elemen LED berbentuk batang (segment). Masing-masing segmen dapat dinyalakan atau dimatikan secara terpisah untuk membentuk karakter numerik 0–9. Secara umum, seven segment banyak digunakan pada perangkat elektronik sederhana seperti penghitung digital, jam, alat ukur, maupun sistem indikator

karena bentuknya yang mudah dikenali dan konsumsi dayanya relatif kecil [15].

Setiap segmen pada penampil ini diberi penamaan dari A hingga G untuk mempermudah proses pengendalian. Ketika kombinasi tertentu dari segmen tersebut diberi arus, maka angka tertentu akan muncul pada layar. Selain menampilkan angka, beberapa kombinasi juga dapat digunakan untuk membentuk huruf tertentu, meskipun tampilannya tidak sejelas karakter numerik. Seven segment display tersedia dalam dua jenis konfigurasi utama, yaitu common anode dan common cathode. Pada tipe common anode, semua anoda LED dihubungkan menjadi satu, sehingga segmen akan menyala ketika katodanya dihubungkan ke logika rendah. Sebaliknya, pada tipe common cathode, seluruh katoda disatukan dan segmen akan menyala jika anodanya diberi logika tinggi [15].

Dalam implementasinya, seven segment display biasanya dikendalikan melalui mikrokontroler atau rangkaian logika menggunakan teknik multiplexing untuk mengurangi jumlah pin yang diperlukan. Teknik ini memungkinkan beberapa digit seven segment ditampilkan menggunakan pin output yang lebih sedikit dengan cara menyalakan setiap digit secara bergantian dalam waktu sangat cepat sehingga terlihat menyala bersamaan oleh mata manusia. Penggunaan seven segment sangat umum dalam penelitian instrumentasi dan elektronika karena kemudahannya dalam integrasi, kebutuhan daya rendah, serta kejelasan tampilan pada jarak dekat hingga menengah.



Gambar 2.12 TM1637 Display

2.2.15 Panel Surya

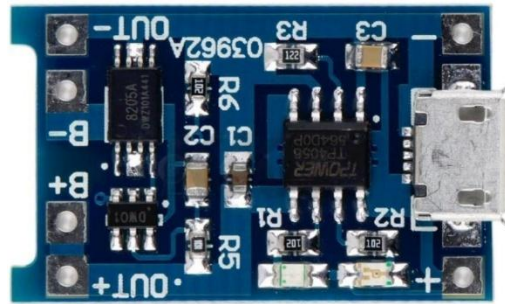
Panel Surya salah satu pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi matahari merupakan sumber energi yang menjanjikan mengingat energi matahari bersifat berkelanjutan disertai jumlahnya yang sangat besar. Matahari adalah sumber energi yang dapat mengatasi permasalahan kebutuhan energi masa depan setelah beberapa Sumber energi konvensional mulai berkurang secara perlahan, dan juga tidak ramah lingkungan. Diketahui kebutuhan energi total sebesar 10 TW, yang setara dengan 3×10^{20} Joule setiap tahunnya. Sementara itu, energi matahari yang tiba di permukaan bumi mencapai $2,6 \times 10^{24}$ Joule setiap tahunnya. Sebagai perbandingan, energi yang dihasilkan melalui proses fotosintesis di seluruh permukaan bumi adalah $2,8 \times 10^{21}$ Joule setiap tahunnya. Jika dibandingkan kebutuhan energi dengan energi matahari yang sampai di bumi, hanya dengan menutup 0,05% dari luas permukaan bumi (total luas permukaan bumi adalah $5,1 \times 10^8 \text{ km}^2$) menggunakan panel surya yang memiliki efisiensi 20%, maka seluruh kebutuhan energi di muka bumi bisa terpenuhi [12].



Gambar 2.13 Panel Surya

2.2.16 Modul Charge TP4056

TP4056 adalah modul untuk mengisi baterai isi ulang Lithium (Li-ion rechargeable battery) dengan arus 1 A dengan 2 lampu indikator, yang kedua indikator tersebut menunjukkan baterai saat mengisi ulang (charging) dan ketika baterai sudah terisi penuh (fully charged) [13].



Gambar 2.14 Modul Charger TP4056

2.2.17 Thingspeak Platform

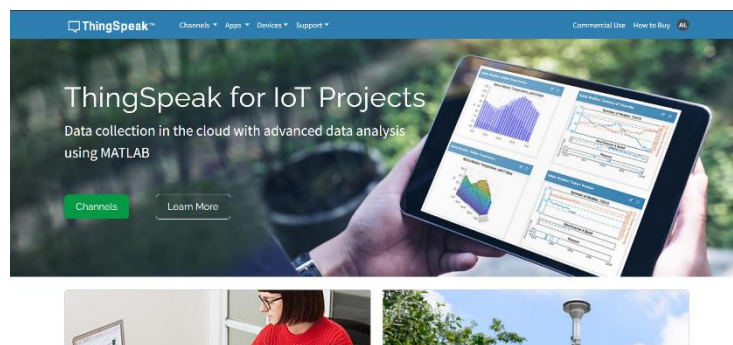
ThingSpeak merupakan salah satu platform Internet of Things (IoT) berbasis cloud yang digunakan untuk mengirim, menyimpan, dan menampilkan data sensor secara online. Platform ini disediakan secara gratis oleh MathWorks dan banyak digunakan oleh pemula maupun mahasiswa yang sedang belajar mengenai sistem pemantauan jarak jauh. Secara sederhana, ThingSpeak berfungsi sebagai tempat untuk menerima data dari perangkat atau sensor, kemudian data tersebut dapat dilihat dalam bentuk grafik, angka, maupun dianalisis lebih lanjut.

Dalam penggunaannya, ThingSpeak menyediakan fitur utama yang disebut channel. Setiap channel berisi beberapa field yang berfungsi sebagai tempat menampung data sensor. Misalnya, jika suatu proyek IoT memiliki sensor suhu dan kelembaban, masing-masing data tersebut dapat dimasukkan ke dalam field yang berbeda dalam satu channel. Dengan begitu, pemantauan data dapat dilakukan secara lebih terstruktur dan mudah dipahami.

ThingSpeak juga mendukung komunikasi menggunakan protokol HTTP maupun MQTT sehingga penggunaan ESP32 dapat didukung pada platform ini. Pengguna hanya perlu mengirimkan data melalui API Key yang diberikan oleh ThingSpeak pada setiap channel. Selain menampilkan data secara real-time, platform ini juga menyediakan fitur data logging sehingga data yang sudah dikirim akan tersimpan dan bisa dianalisis kembali.

Salah satu keunggulan ThingSpeak adalah adanya fitur MATLAB Analytics. Fitur ini memungkinkan pengguna melakukan analisis sederhana hingga kompleks menggunakan bahasa pemrograman MATLAB langsung

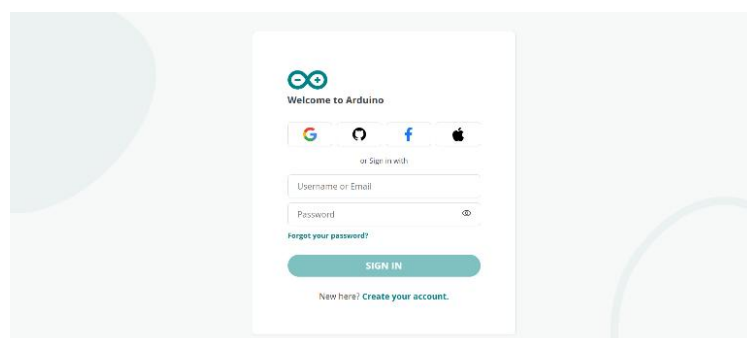
dari platform ThingSpeak tanpa harus membuka aplikasi MATLAB secara terpisah. Walaupun fitur ini tidak selalu digunakan oleh pemula, namun sangat membantu jika suatu penelitian memerlukan analisis data secara otomatis.



Gambar 2.15 Thingspeak

2.2.18 Arduino Cloud Platform

Arduino Cloud adalah platform yang dibuat oleh Arduino untuk memudahkan pembuatan proyek berbasis IoT. Sama seperti produk mikrokontroler Arduino lainnya, tampilan awal Arduino Cloud (seperti pada gambar 2.16) dirancang agar mudah digunakan. Arduino juga menyediakan beberapa jenis board yang sudah dilengkapi koneksi internet bawaan, misalnya Arduino MKR WiFi 1010 atau Arduino Uno WiFi. Dengan adanya board seperti ini, kita tidak perlu lagi menambahkan modul WiFi eksternal seperti ESP32 ketika menggunakan Arduino, karena fitur internet sudah tersedia langsung di dalam perangkatnya. [14].



Gambar 2.16 Tampilan Awal Arduino Cloud Web

Arduino Cloud menawarkan editor berbasis web untuk pemrograman dan pengelolaan kode secara langsung tanpa memerlukan Arduino IDE di komputer lokal. Semua komunikasi antara perangkat dan cloud dienkripsi menggunakan TLS untuk menjamin keamanan data. Platform ini juga mendukung berbagai kebutuhan proyek IoT, mulai dari pemantauan lingkungan, automasi rumah, hingga aplikasi industri dan pendidikan. Namun, penggunaan Arduino Cloud bergantung pada koneksi internet yang stabil dan, untuk beberapa fitur canggih, memerlukan langganan berbayar. Dengan antarmuka yang ramah pengguna, Arduino Cloud mempermudah pengembangan solusi IoT baik untuk pemula maupun profesional [14].

Arduino Cloud memiliki banyak fitur yang dapat digunakan. Adapun fitur utama dalam Arduino Cloud adalah sebagai berikut:

1. Real-time Monitoring

Arduino Cloud memungkinkan pengguna memantau sensor atau perangkat yang terhubung secara real-time melalui dashboard berbasis web atau aplikasi mobile.

2. Device Control

Pengguna dapat mengontrol perangkat yang terhubung ke Arduino Cloud dari jarak jauh, seperti menyalakan atau mematikan perangkat, mengubah parameter sistem, dan mengendalikan aktuator.

3. Visualisasi Data

Data dari sensor dan perangkat dapat ditampilkan dalam bentuk grafik atau visualisasi lainnya pada dashboard yang dapat dikustomisasi sesuai kebutuhan pengguna.

4. Automasi

Arduino Cloud mendukung automasi sederhana, di mana pengguna dapat membuat aksi tertentu yang dipicu oleh kondisi atau parameter sensor.

Selain memiliki banyak fitur penting, tentunya dalam penggunaan Arduino Cloud ada beberapa komponen utama yang harus diketahui, diantaranya:

1. Thing

Konsep utama di Arduino Cloud adalah Thing, yaitu representasi virtual dari perangkat fisik yang terhubung ke platform. Setiap Thing memiliki variabel-variabel yang dapat dipantau atau dikontrol secara jarak jauh.

2. Thing Properties

Setiap Thing memiliki properti yang merupakan variabel yang terkait dengan perangkat. Properti ini bisa berupa input (sensor) atau output (aktuator).

3. Dashboard

Arduino Cloud menyediakan fitur dashboard untuk memvisualisasikan dan mengontrol Thing secara real-time. Dashboard ini bisa diakses dari komputer atau perangkat mobile.

4. Sketch Editor

Platform Arduino Cloud terintegrasi dengan editor berbasis web untuk menulis dan mengunggah kode langsung ke perangkat yang terhubung. Pengguna tidak memerlukan IDE terpisah seperti Arduino IDE untuk memprogram perangkat.

5. API & Webhooks

Arduino Cloud mendukung penggunaan API dan webhook untuk integrasi dengan aplikasi pihak ketiga, memungkinkan pengembang menghubungkan perangkat dengan layanan cloud lain atau mengirim data ke server lain.