

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini berfokus pada studi-studi terdahulu yang berkaitan dengan sistem yang akan dirancang oleh penulis. Kajian terhadap penelitian sebelumnya dilakukan untuk memperoleh pemahaman mengenai metode, teknologi, serta strategi yang telah digunakan dalam sistem pemantauan dan perlindungan jaringan distribusi. Hal ini bertujuan untuk memberikan landasan teoritis serta menjadi acuan dalam merancang sistem yang lebih efektif dan relevan dengan kondisi di lapangan.

Berdasarkan penelitian tugas akhir yang berjudul: “RANCANG BANGUN DETEKSI PENCURIAN KABEL POWER PADA GARDU DISTRIBUSI JARINGAN TEGANGAN RENDAH 3 PHASE” yang dilakukan oleh Muhammad Khoirurrijal pada Laporan Tugas Akhir 2023, diketahui bahwa penelitian ini membahas tentang sebuah alat yang dapat mendeteksi pencurian kabel power pada output trafo menuju panel distribusi. Penelitian ini menggunakan 2 parameter, yaitu parameter tegangan dan waktu. Kelemahan dari penelitian ini adalah parameter waktu yang tidak bisa menjadi patokan pasti durasi pencuri memotong kabel jika dengan metode pencurian yang berbeda. Pada penelitian ini juga belum dilengkapi fitur yang dapat mendeteksi gerakan atau aktivitas pencurian di dekat panel distribusi. Selain itu, penelitian ini belum dilengkapi modem wifi pada alat agar alat tersebut memiliki jaringan internet tersendiri, sehingga dapat ditempatkan di wilayah yang tidak terdapat Wi-Fi [1].

Berdasarkan penelitian yang berjudul: “SISTEM KEAMANAN RUANGAN MENGGUNAKAN SENSOR PIR DENGAN BUZZER ALARM DAN EMAIL NOTIFIKASI PADA SMAN 15 KOTA BEKASI” yang dilakukan oleh Yushi Sulistari dan Fata Nidaul Khasanah pada Jurnal Teknologi Informatika & Komputer Vol. 3 No. 2 Agustus 2022, diketahui bahwa penelitian ini membahas tentang sistem keamanan dengan menggunakan sensor gerak untuk mengetahui tindak kejahatan yang terjadi dengan menggunakan metode prototipe, sensor PIR (Passive Infrared

Receiver) sebagai sensor untuk mendeteksi gerak manusia sehingga, pada saat terdeteksi adanya pergerakan manusia yang terdeteksi oleh sensor PIR akan membunyikan alarm dan mengirimkan notifikasi pesan melalui email, sehingga user dapat mengetahui adanya tindakan secara cepat. Pada penelitian ini, sistem telah berhasil membuat notifikasi dengan buzzer dan email yang berfungsi untuk memberikan notifikasi kepada pengguna. Kelemahan dari penelitian ini adalah terletak pada penggunaan email sebagai media notifikasi dalam sistem monitoring dan keamanan. Notifikasi email sering kali tidak langsung terbaca oleh pengguna karena bisa masuk ke folder spam, promosi, atau tertumpuk oleh banyak email lain di kotak masuk [2].

Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, masih terdapat sejumlah kelemahan yang menjadi dasar pengembangan dalam penelitian ini. Penelitian ini dirancang untuk mengintegrasikan sensor PIR (Passive Infrared Receiver) sebagai pendeteksi aktivitas gerakan manusia di sekitar panel distribusi saat terjadi kehilangan tegangan. Penelitian ini menggunakan ESP32 yang terhubung langsung ke internet untuk mengirimkan notifikasi secara real-time melalui aplikasi Telegram. Selain itu, sistem ini tidak lagi menggunakan parameter waktu sebagai acuan utama, melainkan mengandalkan kondisi tegangan antar fasa dan keadaan sensor PIR untuk mendeteksi pencurian kabel output transformator menuju PHB-TR pada gardu distribusi tipe portal berbasis IoT.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gardu Distribusi

Gardu Distribusi tenaga listrik adalah suatu bangunan gardu listrik yang dipasok dengan tegangan menengah 20 kV dari saluran kabel tegangan menengah atau saluran udara tegangan menengah. Berisi atau terdiri dari Instalasi Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Menengah (PHB-TM), Transformator Distribusi (TD) dan Perlengkapan Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHB-TR) untuk memasok kebutuhan tenaga listrik bagi pelanggan baik dengan tegangan Menengah (TM 20 kV) maupun Tegangan Rendah (TR 220/380V) [3].

Gardu Distribusi (GD) berfungsi mengubah tegangan listrik dari jaringan distribusi primer menjadi tegangan terpakai yang digunakan untuk konsumen dan disebut sebagai jaringan distribusi sekunder. Kapasitas transformator yang digunakan pada GD ini tergantung pada jumlah beban yang akan dilayani dan luas daerah pelayanan beban. Bisa berupa transformator satu fasa dan bisa juga berupa transformator tiga fasa [4].

Gardu Distribusi meliputi sebuah kumpulan gabungan dari perlengkapan hubung bagi baik tegangan menengah dan tegangan rendah sesuai dengan jenis konstruksi gardunya tersebut. Adapun macam-macam jenis gardu distribusi, antara lain :

1. Gardu Pasangan Luar : Gardu Portal dan Gardu Cantol.
2. Gardu Pasangan Dalam : Gardu Beton dan Gardu Kios.



Gambar 2. 1 Gardu Distribusi Tipe Portal

Dalam penelitian ini akan berfokus pada jenis Gardu Pasangan Luar, yaitu Gardu Distribusi Tipe Portal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1. Penggunaan Gardu Portal sebagai salah satu dari jenis konstruksi gardu tiang, yaitu gardu distribusi tenaga listrik tipe terbuka (Out-door), dengan memakai konstruksi dua tiang. Tempat kedudukan transformatornya juga memiliki sekurang-kurangnya 3 meter di atas permukaan tanah. Transformator dipasang pada bagian atas dan lemari panel/PHB-TR pada bagian bawah. Sistem proteksi di bagian atas dan papan hubung bagi tegangan di bagian bawah juga dapat memudahkan kerja teknis dan pemeliharannya. Perencanaan gardu Portal ini mengacu pada lampiran Keputusan Direksi PT PLN (Persero), Nomor: 605.K/DIR/2010 Buku 4 tentang Standar Konstruksi Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik [5].

2.2.2 Kabel Output Transformator Pada Gardu Distribusi Tipe Portal

Kabel Pada Gardu Distribusi Tipe Portal merupakan sebutan dari penghantar yang digunakan untuk mendistribusikan energi listrik dari bushing sekunder trafo sampai ke PHB-TR (Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah). Hubungan antara terminal tegangan rendah transformator dengan PHB-TR memakai kabel inti jenis NYY [6]. Penghantar ini umumnya menggunakan konduktor berbahan tembaga (Cu) yang memiliki kode kabel NYY $4 \times 70 \text{ mm}^2$ dan NYY $4 \times 95 \text{ mm}^2$. Ada beberapa alasan mengapa konduktor jenis ini untuk dijadikan media penghantar listrik pada jaringan distribusi. Diantaranya adalah karena memiliki nilai KHA (Kemampuan Hantar Arus) yang baik dan fleksibilitas bahan tersebut.

Kemampuan hantar arus adalah kemampuan suatu penghantar dalam mengalirkan arus listrik hingga nilai tertentu. Nilai KHA suatu penghantar dipengaruhi oleh dua aspek, yaitu bahan penghantar dan luas penampang penghantar. Kemampuan hantar arus (KHA) kabel sekurang-kurangnya adalah sebesar 115% dari arus maksimal transformator [6]. Konduktor berbahan tembaga memiliki sifat fisik yang fleksibel, sehingga konduktor ini dapat dengan mudah ditekuk sedemikian rupa mengikuti ruang yang tersedia di PHB-TR maupun di pipa pembungkus penghantar. Karena beberapa kelebihan di atas, konduktor berbahan

tembaga ini memiliki harga yang lebih mahal daripada konduktor berbahan lainnya, seperti aluminium.

2.2.3 Pencurian Kabel Output Transformator Pada Gardu Portal



Gambar 2. 2 Kabel yang telah putus akibat pencurian

Pencurian kabel pada sistem distribusi listrik merupakan tindakan ilegal yang melibatkan pemutusan dan pengambilan kabel listrik yang digunakan untuk mengalirkan daya dari transformator ke Panel Hubung Bagi Tegangan Rendah (PHBTR). Kabel ini umumnya merupakan kabel tembaga berukuran besar yang memiliki nilai ekonomi tinggi, sehingga sering menjadi target pencurian. Terdapat banyak kasus pencurian kabel output transformator pada gardu distribusi tipe portal yang sering terjadi. Berikut adalah beberapa kasus pencurian yang terjadi:

- **Kasus Pencurian 1**

Pada hari Selasa, tanggal 4 Juli 2023 berlokasi di Gresik, 4 pelaku pencurian kabel berhasil ditangkap. Sepanjang April-Juni 2023, komplotan pencuri kabel sudah beraksi sebanyak 42 kali di wilayah kerja PLN UP3 Mojokerto, yaitu

meliputi Kabupaten dan Kota Mojokerto, Jombang dan Nganjuk. Aksi komplotan pencuri ini tergolong nekat karena mereka menggunakan alat sekadarnya untuk memotong kabel NYY yang menghantarkan listrik dari transformator distribusi ke papan hubung bagi tegangan rendah (PHBTR). Padahal, listrik yang keluar dari trafo mempunyai tegangan 220V. Dalam setiap aksinya, mereka berbagi tugas agar pencurian kabel berjalan cepat. Pelaku pertama melakukan tugasnya memanjat gardu untuk memotong kabel dari sisi transformator. Pelaku tersebut hanya memakai sarung tangan dan gunting pemotong yang gagangnya dilapisi karet ban. Kemudian pelaku kedua bagian memotong dan menarik kabel dari bawah sebelum masuk ke PHB-TR dan memotongnya menjadi 80 cm. Pelaku ketiga memindahkan potongan kabel ke mobil. Pelaku keempat adalah bagian bersiap untuk mengemudi mobil. Komplotan ini mencuri 4 kabel penghubung transformator distribusi ke papan hubung bagi tegangan rendah (PHBTR) di setiap gardu PLN. Jika satu gardu kabelnya dijual menghasilkan uang Rp 1,8 juta. Maka jika 4 gardu per malam, hasil mereka sekitar Rp 7,2 juta [7].

- Kasus Pencurian 2

Terdapat kasus pencurian kabel lain yang serupa. Pada hari Jumat, tanggal 23 Juni 2023 dini hari sekitar jam 03.00 WIB kabel NYY di gardu portal Desa Brayublandong, Kecamatan Dawarblandong, Kabupaten Mojokerto, juga digasak pencuri. Kejadian ini menyebabkan listrik di 2 desa sempat padam. Para pelaku memotong kabel berinti tembaga penghubung transformator distribusi dengan papan hubung bagi tegangan rendah (PHBTR) di gardu portal. Terdapat 4 kabel NYY yang digasak kawanan maling dari gardu portal Desa Brayublandong. Masing-masing panjangnya sekitar 7-8 meter. Pada kasus ini, pihak berwajib melakukan olah TKP sekitar jam 09.00 WIB dan PLN melakukan pembenahan dengan memakan waktu sekitar 2 jam listrik baru menyala lagi [8].

- Kasus Pencurian 3

Terdapat kasus yang sama dan baru-baru ini terjadi, yaitu pada Hari Rabu, tanggal 5 Februari 2025 yang menyebabkan pemadaman listrik beberapa jam.

Pencurian tersebut terjadi di gardu listrik di Kampung Benda Cisalak, Kelurahan Nagarasari, Kecamatan Cipedes, Kota Tasikmalaya. Salah satu warga mengungkapkan bahwa listrik padam sejak pukul 05.00 WIB. Awalnya warga mengira pemadaman ini merupakan gangguan teknis biasa. Ternyata padamnya listrik dikarenakan hilangnya kabel pada gardu PLN karena dicuri. Sekitar pukul 09.00 WIB petugas PLN datang bersama polisi di tempat kejadian pencurian. Listrik baru kembali menyala sekitar pukul 11.00 WIB setelah perbaikan dilakukan oleh tim PLN. [9]

- Kasus Pencurian 4



Gambar 2. 3 Proses Perbaikan Kabel Akibat Pencurian

Pada tanggal 20 Januari 2025 juga terjadi pencurian kabel pada instalasi gardu listrik terjadi di wilayah Talang Jambe pukul 05.00 WIB. Kejadian ini menyebabkan padamnya aliran listrik yang memengaruhi sejumlah warga di Talang Jambe dan sekitarnya. PLN diperkirakan mengalami kerugian yang mencapai belasan juta rupiah akibat tindakan pencurian tersebut. Merespon kejadian tersebut, pihak PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Sukrami langsung bergerak cepat melakukan penggantian kabel untuk mengembalikan pasokan listrik ke wilayah yang terdampak. Proses penggantian kabel memakan waktu beberapa jam hingga listrik akhirnya dapat dinormalkan kembali untuk seluruh pelanggan [10].

- Kasus Pencurian 5

Warga Kelurahan Semarang Kota Bengkulu terpaksa sementara waktu tak dapat menggunakan aliran listrik akibat instalasi kabel gardu PLN Kelurahan Semarang hilang dicuri. Kejadian ini diperkirakan terjadi pada hari Senin, tanggal 21 November 2022 pukul 02.00 dini hari. Menurut penuturan warga sekitar, mereka sempat melihat sejumlah orang di gardu tersebut. Namun warga tak curiga dan mengira mereka adalah petugas PLN yang sedang memperbaiki aliran listrik. Warga baru menyadari pada senin pagi, saat melihat kabel listrik di gardu tersebut sudah terputus dan aliran listrik mereka padam sejak senin dini hari. Pencurian kabel listrik seperti ini bukan kali pertama terjadi. PLN menyebut, setidaknya sudah empat kali kejadian seperti ini terjadi di Kota Bengkulu. Akibat pencurian kabel sepanjang 9 meter ini, PLN mengalami kerugian lebih dari 10 juta rupiah [11].

- Kasus Pencurian 6

Pencurian kabel listrik milik PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) juga terjadi di wilayah Unit Layanan Pelanggan (ULP) Bogor Timur. Selain memicu pemadaman listrik, pencurian kabel itu juga rentan memicu kerusakan peralatan elektronik warga dan menimbulkan kerugian bagi PLN. Petugas harus mengganti kabel yang rusak dan melakukan perbaikan listrik. Pada hari Jumat, tanggal 27 Desember 2024, terjadi pencurian kabel jaringan listrik dari trafo ke rak pembagi yang berada di tiang gardu listrik terkunci di daerah Cijayanti, Kecamatan Babakan Madang. Akibatnya listrik padam di sekitar lokasi gardu sejak pukul 03:20 WIB hingga pukul 10:00 WIB pasca perbaikan oleh petugas PLN. Syafii salah satu Staff Teknik PLN ULP Bogor Timur menjelaskan bahwa kejadian pencurian ini memang lagi marak terjadi dan bukan hanya di wilayah PLN ULP Bogor Timur saja, tapi khususnya di PLN di wilayah lain, seperti di wilayah Leuwiliang dan Jasinga kebetulan memang lagi marak pencurian kabel jaringan PLN. Jam-jam yang riskan terjadi pencurian kabel adalah sekitar antara jam 3 pagi sampai jam 5 subuh. Pencuri menunggu jam-jam lengah seperti yang terjadi pada wilayah Cijayanti dan Cadasngampar [12].

Beberapa faktor yang menyebabkan pencurian kabel power pada gardu distribusi antara lain:

- **Harga Tembaga yang Tinggi**
Kabel listrik umumnya menggunakan tembaga sebagai konduktor utama, yang memiliki nilai jual tinggi.
- **Keamanan yang Kurang**
Banyak gardu distribusi, terutama yang berada di daerah terpencil atau minim pengawasan, tidak memiliki sistem keamanan yang memadai.
- **Kesempatan dan Modus Operasi**
Pelaku pencurian biasanya beroperasi pada malam hari atau saat kondisi sepi, dengan berpura-pura sebagai petugas listrik.

Pencurian kabel power pada gardu distribusi dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, di antaranya:

- **Gangguan Pasokan Listrik**
Hilangnya kabel power menyebabkan aliran listrik dari transformator ke pelanggan terputus, sehingga dapat mengakibatkan pemadaman listrik dalam skala kecil hingga luas.
- **Kerugian Finansial**
Perusahaan listrik harus mengganti kabel yang hilang serta melakukan perbaikan instalasi yang memerlukan biaya besar.
- **Bahaya Keselamatan**
Pemotongan kabel secara ilegal dapat menyebabkan korsleting, percikan api, atau bahkan sengatan listrik yang membahayakan pelaku maupun orang di sekitar.

2.2.4 Mikrokontroler ESP 32

Mikrokontroler adalah sebuah komputer kecil yang dikemas dalam bentuk chip IC (Integrated Circuit) dan dirancang untuk melakukan tugas atau operasi tertentu. Pada dasarnya, sebuah IC Mikrokontroler terdiri dari satu atau lebih Inti Prosesor (CPU), Memori (RAM dan ROM) serta perangkat INPUT dan OUTPUT yang dapat diprogram. Dalam pengaplikasiannya, Pengendali Mikro yang dalam

bahasa Inggris disebut dengan *Microcontroller* ini digunakan dalam produk ataupun perangkat yang dikendalikan secara otomatis seperti sistem kontrol mesin mobil, perangkat medis, pengendali jarak jauh, mesin, peralatan listrik, mainan dan perangkat-perangkat yang menggunakan sistem tertanam lainnya. Salah satu jenis mikrokontroler yang sering digunakan adalah ESP32.



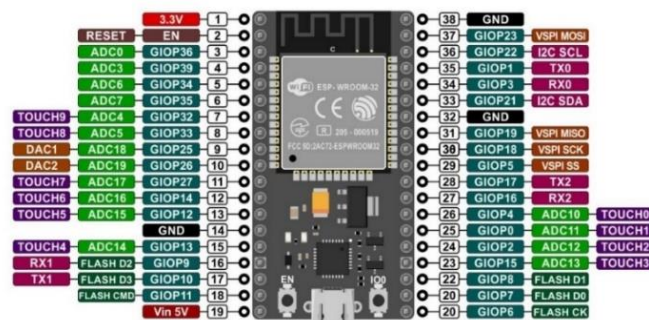
Gambar 2. 4 Mikrokontroler ESP 32

Gambar 2.4 merupakan bentuk fisik dari Modul ESP32. ESP32 merupakan sebuah modul mikrokontroler dengan fitur mode ganda yakni Wifi dan bluetooth yang digunakan untuk mempermudah pengguna dalam membuat berbagai sistem aplikasi dan proyek berbasis IoT (Internet of Things). ESP32 adalah mikrokontroler yang diperkenalkan oleh Espressif System dan merupakan penerus dari ESP8266, ESP32 memiliki banyak fitur tambahan dan keunggulan dibandingkan generasi sebelumnya. Pada ESP32 terdapat inti CPU serta Wi-Fi yang lebih cepat, GPIO yang lebih banyak, dan dukungan terhadap Bluetooth 4.2, serta konsumsi daya yang rendah, sehingga sangat cocok untuk membuat beberapa proyek-proyek elektronika berbasis Internet of Things [13]. Berikut adalah spesifikasi ESP32 WROOM 32 ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

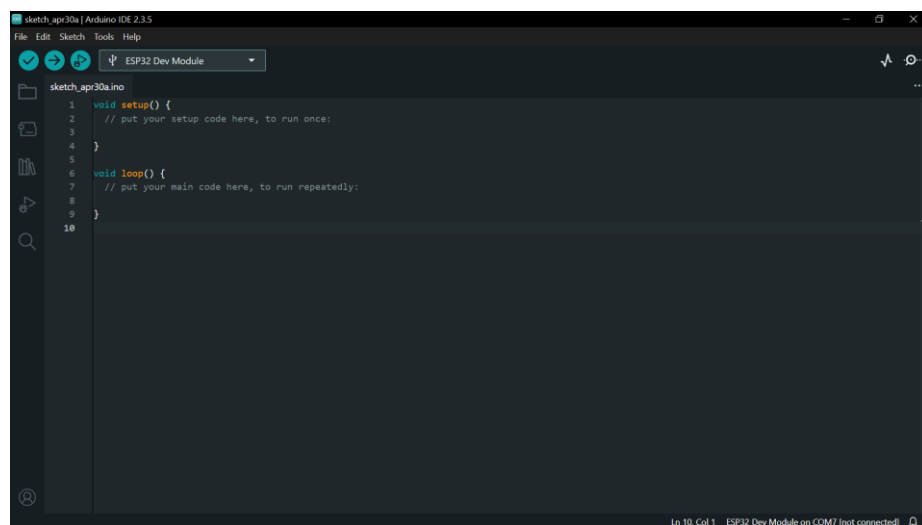
No.	Kategori	Spesifikasi
1.	Model	NodeMCU ESP32 Development Board
2.	Tipe USB	Type-C
3.	Chipset USB ke Serial	CP2102
4.	Prosesor	Dual Core Tensilica LX6
5.	Kecepatan Prosesor	Hingga 240MHz
6.	Memori	RAM 520KB SRAM dan Flash 4MB
7.	Konektivitas	Wi-fi: 802.11 b/g/n. Bluetooth: Dual Mode Bluetooth (Bluetooth Classic dan BLE)
8.	Tegangan Operasional	3.3 V (Regulator Internal dari 5V USB)
9.	GPIO	34 Pin
10.	Antarmuka	UART, SPI, I2C, PWM, ADC, DAC
11.	Sensor	Hall Sensor, Sensor Suhu Internal

Keunggulan mikrokontroler ESP32 dibanding dengan mikrokontroler yang lain, terlihat dari pin out nya yang lebih banyak, pin analog lebih banyak, memori yang lebih besar, terdapat bluetooth 4.0 low energy serta tersedia Wifi yang memungkinkan untuk mengaplikasikan Internet of Things (IoT) dengan mikokontroler ESP32. Berikut diagram pin – pin pada development board ESP32 ditunjukkan pada Gambar 2.5.

**Gambar 2. 5 Pin Out Mikrokontroler ESP32**

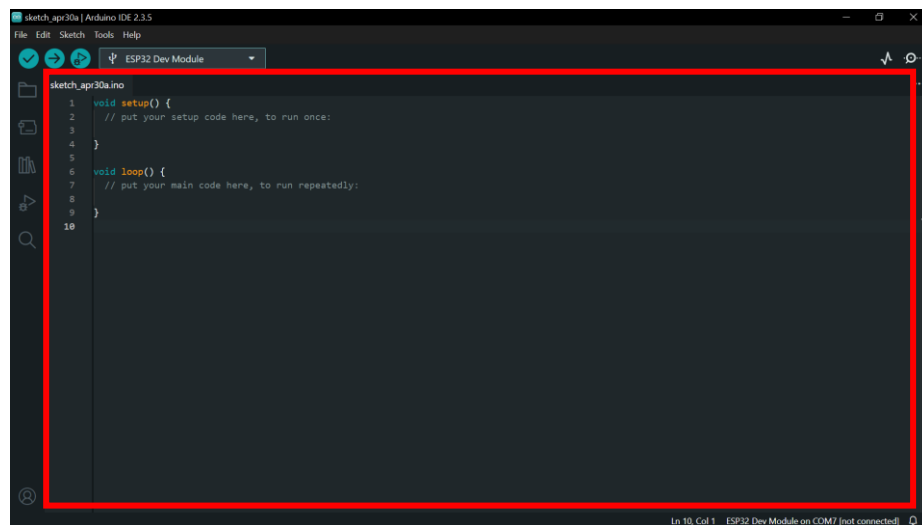
2.2.5 Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin diprogram. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, meng-upload ke board yang ditentukan, dan meng-coding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah. Berikut adalah tampilan software Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.6.



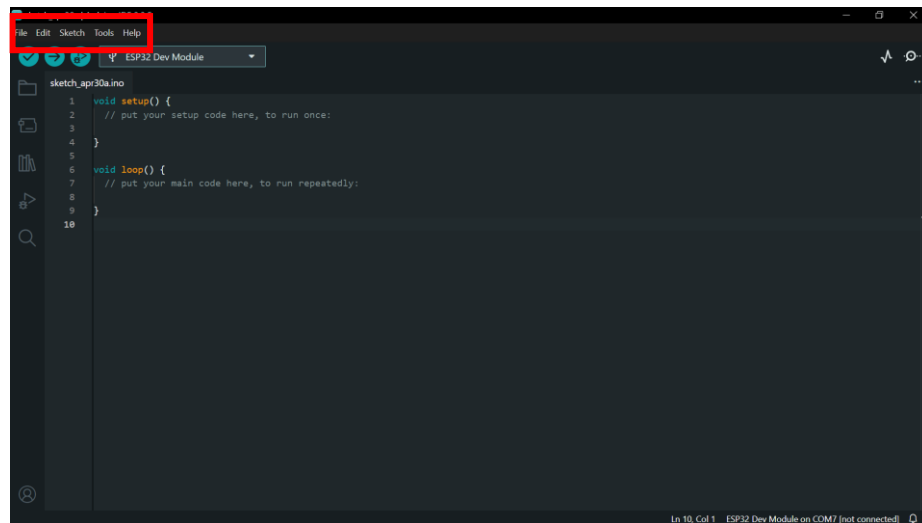
Gambar 2. 6 Tampilan Software Arduino IDE

Salah satu fitur utama dalam Arduino IDE adalah workspace atau area kerja. Workspace merupakan tempat pengguna menulis, menyunting, dan mengelola kode program (sketch). Workspace biasanya terdiri atas fungsi `setup()` dan `loop()`, yang merupakan struktur dasar dalam pemrograman Arduino. Fungsi `setup()` akan dijalankan satu kali saat sistem dinyalakan, sedangkan `loop()` akan dijalankan terus-menerus selama mikrokontroler menyala. Workspace mendukung penulisan berbagai fungsi dan logika sistem, seperti pembacaan sensor, pengolahan data, pengendalian aktuator, dan komunikasi data. Selain itu, workspace mendukung highlighting sintaks, sehingga mempermudah dalam menulis dan membaca kode program.. Tampilan *workspace* pada software Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.7.



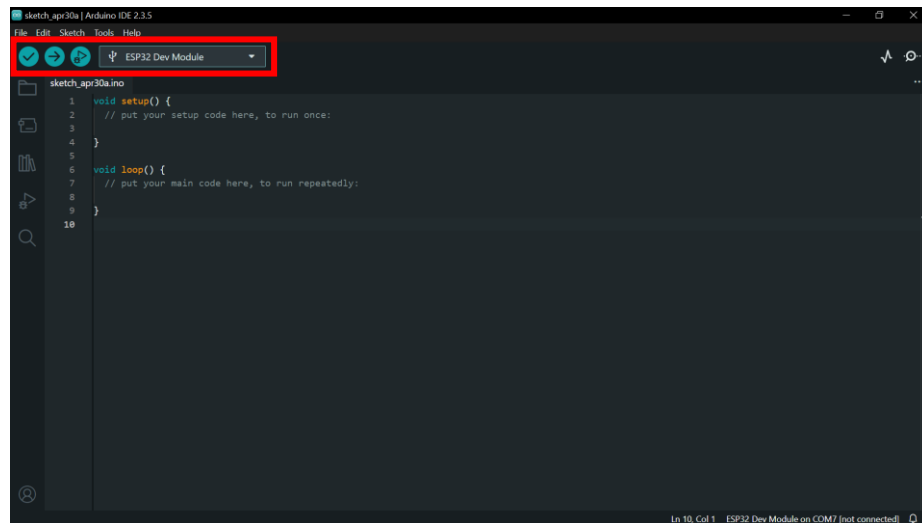
Gambar 2. 7 Bagian workspace software Arduino IDE

Selanjutnya, menu bar yang terletak di bagian atas Arduino IDE menyediakan berbagai perintah penting yang mendukung seluruh proses pemrograman. Menu *File* digunakan untuk membuat sketch baru, membuka proyek yang sudah ada, menyimpan file, dan mengakses contoh program. Menu *Edit* menyediakan fungsi penyuntingan teks seperti cut, copy, paste, serta fitur auto format dan pencarian kata. Menu *Sketch* memungkinkan pengguna untuk melakukan verifikasi dan unggah program, mengelola library, serta menambahkan file header. Menu *Tools* sangat penting karena di sinilah pengguna dapat memilih jenis board yang digunakan (seperti ESP32 atau Arduino Uno), port komunikasi yang tersedia, mengatur programmer, hingga membuka serial monitor dan serial plotter. Sementara itu, menu *Help* menyediakan dokumentasi dan informasi mengenai versi IDE serta dukungan komunitas.. Bagian menu bar pada software Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.8.



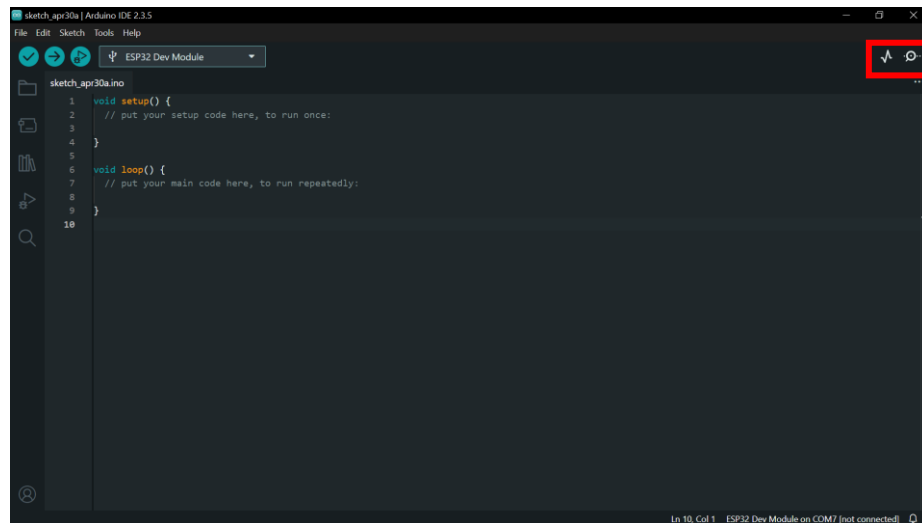
Gambar 2. 8 Bagian Menu Bar software Arduino IDE

Untuk akses cepat, Arduino IDE dilengkapi dengan toolbar, yakni deretan ikon shortcut yang mempercepat penggunaan fungsi dasar. Di antaranya terdapat tombol *Verify* (cek), yang digunakan untuk memeriksa sintaks dan kesalahan penulisan program sebelum diunggah ke board. Tombol *Upload* digunakan untuk mengirimkan kode ke mikrokontroler melalui port USB. Tombol *Start Debugging* digunakan untuk menjalankan fitur debugging pada board yang mendukung, memungkinkan pengguna melacak jalannya program secara lebih terstruktur. Toolbar juga menampilkan dropdown untuk memilih jenis *board* dan *port* secara langsung, yang sangat penting agar proses upload berjalan lancar dan tidak terjadi kesalahan koneksi antara komputer dan perangkat. Bagian tools bar pada software Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Bagian Tools Bar software Arduino IDE

Selain fungsi penulisan dan pengunggahan program, Arduino IDE juga menyediakan fitur untuk memantau dan menganalisis data dari perangkat secara *real-time*. Salah satunya adalah Serial Monitor, yang memungkinkan pengguna melihat output dari mikrokontroler dalam bentuk teks. Fitur ini sangat berguna dalam proses debugging, terutama untuk melihat status sensor, variabel, atau hasil logika program. Data yang dikirim melalui komunikasi serial (biasanya `Serial.print()` atau `Serial.println()`) akan muncul di Serial Monitor, dan pengguna dapat pula mengirimkan input balik ke mikrokontroler dari jendela ini. Di sisi lain, Serial Plotter menyajikan data serial dalam bentuk grafik secara langsung. Fitur ini sangat efektif untuk memantau nilai sensor analog atau parameter yang berubah secara kontinyu, karena memvisualisasikan data dalam bentuk garis terhadap waktu. Bagian serial monitor dan serial plotter pada software Arduino IDE ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Bagian Serial Monitor dan Plotter software Arduino IDE

2.2.6 Sensor PZEM-004T V3.0 (100A)



Gambar 2. 11 Sensor PZEM-004T-V3.0 (100A)

Modul Sensor PZEM-004T V3.0 (100A) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.11 adalah sensor yang dapat mengukur nilai arus, tegangan, daya dan energi dari penggunaan listrik AC dengan tingkat akurasi pengukuran yang cukup baik. Sensor ini juga dibekali CT yang sudah terintegrasi. Sensor ini mengeluarkan output dengan komunikasi serial. Modul PZEM-004T V3.0 membutuhkan 5 VDC sebagai catu daya, modul ini menggunakan komunikasi serial RX TX untuk mengirim dan menerima data ke mikrokontroler. Modul PZEM-004T V3.0 ini merupakan pembaruan dari modul PZEM-004T V2.0 dimana modul ini memiliki tingkat akurasi yang lebih baik jika dibandingkan dengan versi sebelumnya. Sensor

tersebut dapat digunakan untuk mikrokontroler arduino, ESP8266, ESP32, Raspberry Pi atau platform open source lainnya. Berdasarkan rating arus yang dapat dibaca oleh modul, terdapat 2 jenis modul, yaitu PZEM-004T V3.0 10 A dan PZEM-004T V3.0 100A [14].

Dimensi fisik dari papan PZEM 004T adalah 3,1 x 7,4 cm. Modul PZEM 004T dibundel dengan kumparan trafo arus diameter 3mm yang dapat digunakan untuk mengukur arus maksimal sebesar 100A. Untuk dapat bekerja modul sensor PZEM004T dihubungkan dengan sumber tegangan AC sehingga nilai daya dan energi listrik dapat diketahui oleh modul sensor PZEM-004T tersebut. Sesuai datasheet, modul sensor PZEM-004T memiliki spesifikasi sebagai berikut:

a. Tegangan

- Rentang pengukuran 80 ~ 260 V
- Ketepatan ukur 0.5%
- Resolusi 0.1 V.

b. Arus

- Mulai mengukur arus 0.01 A untuk sensor PZEM-004 T-10A dan 0.02 untuk sensor PZEM-004 T-100A
- Rentang pengukuran 0 ~ 10 A untuk sensor PZEM-004 T-10A dan 0 ~ 100 A untuk sensor PZEM-004 T-100A
- Ketepatan ukur 0.5%
- Resolusi 0.001 A.

c. Daya

- Mulai mengukur daya 0.4 W
- Rentang pengukuran 0 ~ 2.3 kW untuk sensor PZEM-004 T-10A dan 0 ~ 23 kW untuk sensor PZEM-004 T-100A
- Ketepatan ukur 0.5%
- Resolusi 0.1 W

d. Faktor Daya

- Rentang pengukuran 0.00 ~ 1.00
- Ketepatan ukur 1%
- Resolusi 0.01.

e. Frekuensi

- Rentang pengukuran 45 Hz ~ 65 Hz
- Ketepatan ukur 0.5%
- Resolusi 0.1 Hz.

f. Energi

- Rentang pengukuran 0 ~ 9999.99 kWh
- Ketepatan ukur 0.5%
- Resolusi 1 Wh

PZEM-004T V3.0 100A memiliki 8 pin dimana 2 pin dihubungkan ke CT, 2 pin dihubungkan paralel ke rangkaian beban dan 4 pin lainnya digunakan sebagai media komunikasi antara modul dengan mikrokontroler. Berikut adalah pinout dari sensor PZEM 004T V3.0 ditunjukkan pada Gambar 2.12 dan dijelaskan pada Tabel 2.2:



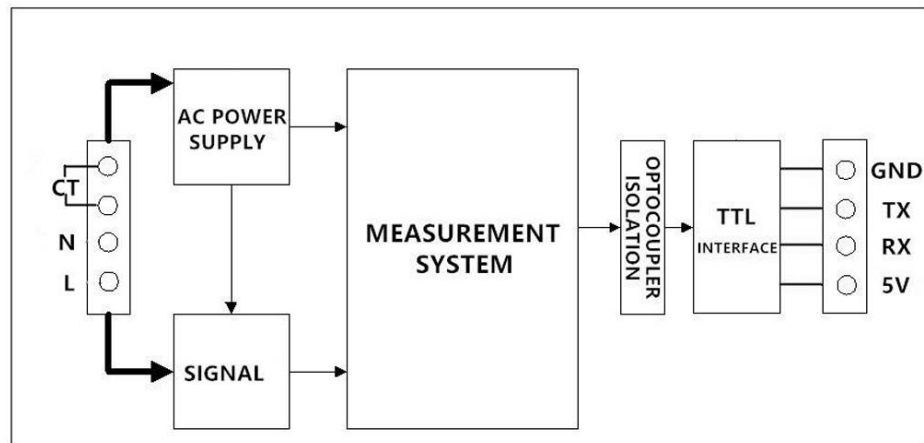
Gambar 2. 12 Pin Out Sensor PZEM-004T-V3.0

Tabel 2. 2 Fungsi Pin Out Sensor PZEM-004T-V3.0

No.	Pin	Fungsi
1.	L	Pin ini merupakan input untuk tegangan fasa (L) dari jaringan listrik AC. Digunakan untuk mengukur nilai tegangan AC yang mengalir ke beban. Pin ini harus dihubungkan secara paralel dengan kabel fasa pada rangkaian listrik yang ingin dimonitor.
2.	N	Pin ini adalah input untuk tegangan netral (N) dari jaringan listrik AC. Pasangan dari pin L, pin ini juga dihubungkan secara paralel ke rangkaian beban untuk mendeteksi perbedaan tegangan terhadap fasa dan melengkapi pengukuran tegangan.

No.	Pin	Fungsi
3.	CT +	Pin ini digunakan untuk menghubungkan kabel positif dari sensor arus (Current Transformer). Sensor ini berfungsi mendeteksi nilai arus AC yang mengalir di kabel listrik yang dipasang CT tanpa menyentuh langsung konduktor.
4.	CT -	Pin ini merupakan koneksi kabel negatif dari sensor arus (CT). Bersama dengan CT+, pin ini membentuk rangkaian tertutup dari sensor arus clamp eksternal untuk mengukur arus listrik secara induktif.
5.	5V	Pin ini adalah input tegangan DC 5V yang digunakan untuk memberikan catu daya ke modul PZEM-004T. Modul ini membutuhkan daya eksternal agar dapat mengaktifkan sirkuit internal dan sensor.
6.	GND	Merupakan pin ground atau referensi tegangan yang harus dihubungkan ke ground dari mikrokontroler atau power supply. Pin ini menjadi titik acuan untuk seluruh sinyal dan catu daya di dalam modul.
7.	TX	Pin ini digunakan untuk mengirim data dari modul PZEM ke mikrokontroler, seperti data tegangan, arus, daya, dan energi. Komunikasi dilakukan melalui protokol UART, dengan kecepatan baudrate standar 9600 bps.
8.	RX	Pin ini digunakan untuk menerima perintah dari mikrokontroler ke modul PZEM. Melalui pin ini, mikrokontroler dapat mengirimkan perintah untuk membaca data atau mereset nilai energi yang telah tercatat.

Diagram blok fungsional modul PZEM-004T V3.0 100A ditunjukkan pada Gambar 2.13 berikut:



Gambar 2. 13 Diagram Blok Sensor PZEM-004T-V3.0

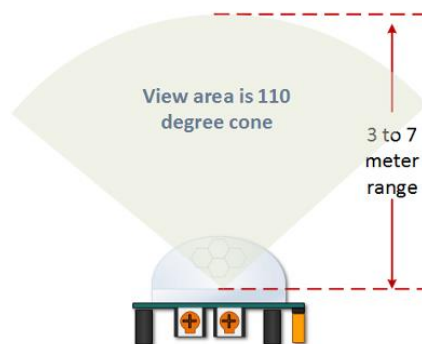
Cara kerja dari modul PZEM-004T ini dalam pembacaan nilai tegangan AC Modul sensor PZEM-004T V3.0 bekerja dengan cara mengukur tegangan AC secara langsung dari sumber listrik melalui terminal Line (L) dan Netral (N). Ketika tegangan AC 220V masuk ke modul, sinyal ini tidak langsung dikirim ke bagian elektronik digital, melainkan terlebih dahulu diturunkan dan diisolasi menggunakan rangkaian pembagi tegangan serta komponen isolator seperti transformator kecil atau optocoupler. Tujuannya adalah untuk melindungi sirkuit digital dari tegangan tinggi sekaligus menjaga akurasi pengukuran. Setelah tegangan diturunkan dan diisolasi, sinyal analog tersebut masuk ke dalam chip pengukur internal yang berfungsi mengubah sinyal AC menjadi data digital berupa nilai tegangan efektif (RMS). Chip ini melakukan proses perhitungan tegangan secara terus-menerus dan menghasilkan data digital yang stabil dan akurat. Data hasil pengukuran ini kemudian dikirimkan melalui jalur komunikasi UART (TX dan RX) ke mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino. Mikrokontroler yang telah diprogram dengan pustaka (library) yang sesuai akan menerima data ini, memprosesnya, dan menampilkannya dalam bentuk nilai tegangan aktual, misalnya 230 volt. Seluruh proses ini terjadi secara otomatis dan berulang, sehingga memungkinkan sistem monitoring bekerja secara *real-time*.

2.2.7 Sensor PIR (Passive Infrared Receiver) tipe HC-SR501



Gambar 2. 14 Sensor PIR HC-SR501

Gambar 2.14 merupakan gambar sebuah sensor PIR HC-SR501. Sensor PIR (Passive Infrared Receiver) merupakan sebuah sensor yang biasa digunakan untuk sistem alarm. Sensor PIR merupakan sebuah sensor yang mendeteksi pancaran sinyal inframerah yang dikeluarkan oleh tubuh manusia yang memiliki panas didalam tubuhnya. PIR merupakan kombinasi sebuah kristal pyroelectric, filter dan lensa Fresnel. Sensor ini sangat sensitif terhadap perubahan temperatur pada tubuh manusia yang memiliki panas didalam tubuhnya dengan sudut deteksi kurang dari 120 derajat dan rentang deteksi sejauh 3-7 meter [15]. Sudut deteksi dan rentang deteksi ditunjukkan pada Gambar 2.15.



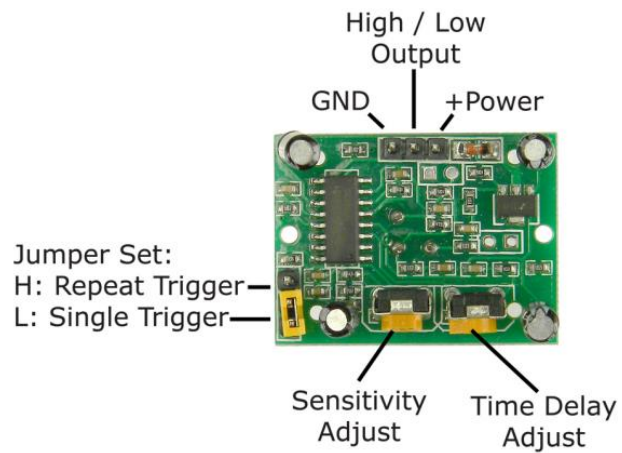
Gambar 2. 15 Sudut Deteksi dan Rentang Jarak Sensor PIR HC-SR501

Berikut adalah spesifikasi sensor PIR HC-SR501 ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Spesifikasi sensor PIR HC-SR501

No.	Kategori	Spesifikasi
1	Tegangan	5V-20V
2	Konsumsi Daya	65mA
3	Keluaran TTL	3.3V, OV
4	Waktu tunda	Dapat disesuaikan (.3->5 menit)
5	Waktu kunci	0,2 detik
6	Metode pemicu	L - menonaktifkan pemicu berulang, H mengaktifkan pemicu berulang
7	Jangkauan penginderaan	kurang dari 120 derajat, dalam jarak 7 meter
8	Suhu	-15 ~ +70
9	Dimensi	32x24 mm, jarak antar sekrup 28mm, M2, Dimensi lensa dalam diameter: 23mm.

Untuk memahami lebih lanjut cara kerja dan konfigurasi sensor PIR HC-SR501, penting untuk mengetahui fungsi masing-masing pin serta komponen pengatur yang terdapat pada modul ini. Penjelasan berikut akan menguraikan pinout sensor, fungsi pengaturan sensitivitas dan waktu tunda, serta mode operasi yang dapat dipilih melalui jumper. Pin Out Sensor PIR HC-SR501 ditunjukkan pada Gambar 2.16 dan di jelaskan pada Tabel 2.4.



Gambar 2. 16 Pin Out Sensor PIR HC-SR501

Tabel 2. 4 Fungsi Pin Out Sensor PIR HC-SR501

No.	Pin	Fungsi
1.	+Power (VCC)	Pin ini digunakan untuk memberikan suplai daya (tegangan) ke sensor PIR. Biasanya, pin ini dihubungkan ke sumber tegangan DC 5V.
2.	GND	Pin ini digunakan untuk menghubungkan ground atau negatif dari sistem dengan sensor PIR.
3.	Output	Pin ini merupakan pin keluaran (output) dari sensor PIR. Ketika sensor mendeteksi gerakan, pin ini akan memberikan sinyal output (biasanya tegangan tinggi atau 5V), yang dapat digunakan untuk mengaktifkan atau memicu proses lainnya, seperti menghidupkan alarm atau mengirimkan notifikasi.
4.	Sensitivitas	Sensor PIR HC-SR501 dilengkapi dengan potensiometer yang dapat digunakan untuk mengatur sensitivitas sensor. Sensitivitas ini mengontrol seberapa jauh sensor PIR dapat mendeteksi gerakan dari sumber inframerah, seperti tubuh manusia atau hewan

No.	Pin	Fungsi
5.	Waktu Delay	Sensor PIR HC-SR501 juga dilengkapi dengan potensiometer yang berfungsi untuk mengatur waktu delay (waktu tunda). Waktu delay ini menentukan berapa lama setelah sensor mendeteksi gerakan, output sensor tetap aktif (tinggi) sebelum kembali ke keadaan awal (rendah).
6.	Jumper Set H	Mode Repeatable (H) adalah mode default pada sensor PIR HC-SR501 dan memungkinkan sensor untuk beroperasi dalam mode berulang.
7.	Jumper Set L	Mode Non-Repeatable (L), yang diaktifkan dengan mengatur jumper ke posisi L, memungkinkan sensor untuk hanya memberikan sinyal output tinggi (HIGH) satu kali setelah mendeteksi gerakan.

2.2.8 Modul Buck Converter LM2596

Modul buck converter LM2596 merupakan salah satu variasi dari konverter DC-DC yang bertujuan untuk mengurangi tegangan input ke tingkat yang lebih rendah untuk output. Cara kerja buck converter bergantung pada pengaturan siklus duty cycle dari sinyal PWM (Pulse Width Modulation) yang mengatur saklar (biasanya berupa MOSFET atau transistor) untuk mentransfer energi dari sumber menuju beban melalui induktor [16]. Bentuk Modul Buck Converter LM2596 ditunjukkan pada Gambar 2.17.



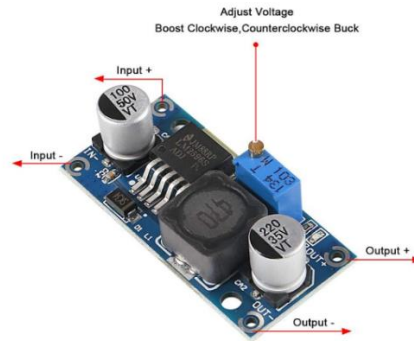
Gambar 2. 17 Modul Buck Converter LM2596

Modul ini termasuk dalam kategori *switching regulator*, yang menggunakan teknik konversi daya yang efisien dibandingkan linear regulator. Regulator step-down menurunkan tegangan input (misalnya, 12V dari baterai) ke tegangan yang lebih rendah (misalnya, 5V untuk mikrokontroler) dengan efisiensi tinggi menggunakan teknik switching [17]. Spesifikasi dari buck converter lm2596 ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Buck Converter LM2596

No.	Kategori	Spesifikasi
1	Tegangan Masukan	DC 3-40 V
2	Tegangan Keluaran	DC 1,5 - 35 V
3	Arus Keluaran	3A (MAKS) Disarankan untuk menggunakan di bawah 2A.
4	Rasio penyesuaian	beban: +/-0,5%
5	Rasio penyesuaian	tegangan: +/-2,5%
6	Efisiensi transfer	92% Maks (semakin tinggi tegangan output, semakin tinggi efisiensinya)
7	frekuensi	150kHz
8	Riak keluaran	200mV
9	Fitur modul	buck dan non-terisolasi
	Metode perbaikan	perbaikan non-sinkron

Modul Buck Converter LM2596 memiliki 4 pin yang memiliki fungsi masing-masing. Gambar pinout buck converter lm2596 ditunjukkan pada gambar 2.18 dan dijelaskan dalam Tabel 2.6



Gambar 2. 18 Pinout Buck Converter LM2596

Tabel 2. 6 Fungsi Pinout Buck Converter LM2596

No.	Pin	Fungsi
1.	Input +	Jalur masuk tegangan positif dari sumber daya (misalnya adaptor, baterai, PSU).
2.	Input -	Jalur ground (negatif) dari sumber daya.
3.	Output +	Jalur keluar tegangan positif yang sudah diturunkan (step-down).
4.	Output -	Ground (negatif) dari keluaran.
5.	Adjust Voltage	Untuk mengatur besar tegangan output.

2.2.9 Modul Pengisian Baterai Otomatis Tipe XH-M604



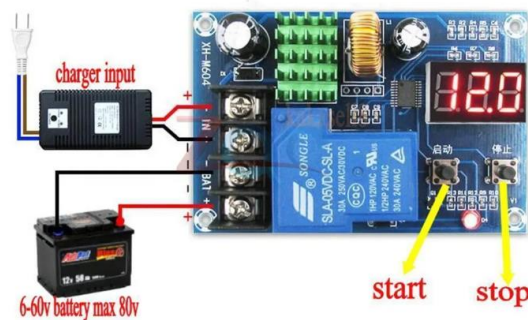
Gambar 2. 19 Modul Pengisian Baterai XH-M604

Gambar 2.19 adalah gambar Modul XH-M604 yang merupakan sebuah rangkaian elektronik yang dirancang untuk mengontrol proses pengisian baterai secara otomatis dengan sistem pemutusan daya berdasarkan batas tegangan yang ditentukan. Modul ini bekerja dengan mendeteksi tegangan output dari baterai, lalu mengaktifkan atau menonaktifkan relay pengisian sesuai dengan nilai tegangan batas bawah (start voltage) dan batas atas (stop voltage) yang telah disetel pengguna. Ketika tegangan baterai turun di bawah tegangan batas bawah, relay akan tertutup sehingga arus dari sumber pengisian mengalir ke baterai. Sebaliknya, ketika tegangan mencapai batas atas, relay akan terbuka dan menghentikan proses pengisian untuk mencegah overcharging.

Modul ini mendukung rentang tegangan operasi yang luas, yaitu dari 6V hingga 60V DC, sehingga kompatibel untuk berbagai jenis baterai seperti lithium-ion, baterai timbal-asam, atau sistem penyimpanan energi terbarukan. Pengaturan nilai tegangan dapat dilakukan melalui dua tombol kontrol dan tampilan 3-digit 7-segment. Dengan karakteristik tersebut, modul XH-M604 sangat cocok digunakan dalam aplikasi monitoring dan proteksi baterai pada sistem tenaga listrik berbasis mikrokontroler maupun sistem mandiri. Untuk memahami lebih lanjut kemampuan dan batasan dari modul XH-M604 dalam mengatur proses pengisian baterai, perlu dijabarkan spesifikasi teknis dari modul ini. Spesifikasi modul XH-M604 tertera pada Tabel 2.7.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Modul XH-M604

No.	Kategori	Spesifikasi
1	Model	XH-M604
2	Tegangan Input	DC 6-60V (maksimal 80V)
3	Ketepatan Tampilan	0,1 V
4	Ketepatan Kontrol	0.1V
5	Jenis Output	Output Langsung
6	Toleransi Tegangan	$\pm 0.1V$
7	Dimensi	81x54x18mm
8	Arus Keluaran Maks	30A
9	Bidang Aplikasi	6-60 V Baterai

**Gambar 2. 20 Komponen Modul XH-M604**

Gambar 2.20 merupakan komponen modul XH-M604. Modul pengisian baterai model XH-M604 hanya memiliki 4 pin/terminal, yaitu dijelaskan pada Tabel 2.8.

Tabel 2. 8 Fungsi Terminal Pada Modul XH-M604

Pin/Terminal	Fungsi
B+	Terminal positif baterai. Sambungkan ke kutub positif baterai yang akan diisi. Modul memantau tegangan di sini.
B-	Terminal negatif baterai. Sambungkan ke kutub negatif baterai.

Pin/Terminal	Fungsi
IN+	Terminal positif input. Sambungkan ke kutub positif sumber pengisian (misalnya adaptor DC)
IN-	Terminal negatif input. Sambungkan ke kutub negatif sumber pengisian.

Cara mengatur tegangan awal (start) dan tegangan berhenti (stop) pada modul XH-M604:

1. Atur tegangan start

Tekan tombol start sekali untuk menampilkan tegangan pengisian awal. Tekan dan tahan tombol start selama 3 detik, digit pada voltage display akan berkedip, gunakan tombol start dan stop untuk mengatur nilai tegangan pengisian awal atau mulai mengisi daya.

2. Atur tegangan stop

Tekan tombol stop sekali untuk menampilkan tegangan pengisian berhenti. Tekan lama tombol stop selama 3 detik, digit pada voltage display akan berkedip, gunakan tombol start dan stop untuk mengatur nilai tegangan pengisian stop atau berhenti mengisi daya.

3. Kembalikan pengaturan pabrik

Tekan dan tahan tombol start dan stop secara bersamaan saat daya menyala, tampilan digital 888, hal tersebut menandakan modul sudah dikembalikan ke pengaturan pabrik.

2.2.10 Baterai Lithium-Ion Tipe 18650

Baterai lithium-ion merupakan salah satu jenis baterai sekunder (rechargeable battery) yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai-baterai yg berkembang lebih dahulu yaitu baterai NI-Cd dan Ni-MH. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai sekunder jenis lain, yaitu memiliki stabilitas penyimpanan energi yang sangat baik (daya tahan sampai 10 tahun atau lebih), energi densitas tinggi, tidak ada memori efek dan berat yang relatif lebih ringan

dibandingkan dengan baterai jenis lain. Sehingga dengan berat yang sama energi yang dihasilkan baterai lithium dua kali lipat dari baterai jenis lain [18].

Selain itu, baterai lithium-ion juga memiliki keunggulan ramah lingkungan karena tidak mengandung racun, tingkat self-discharge yang rendah, dan tegangan pelepasan yang stabil. Selain kelebihan, baterai lithium-ion tentunya juga memiliki kekurangan, antara lain biayanya yang relatif mahal dibandingkan baterai NiCd/NiMH, bentuk baterai yang tidak sama dengan baterai standar (AA) seperti baterai NiMH/NiCd dan memerlukan pengamanan. sirkuit perlindungan kelebihan beban. Dengan kata lain, baterai lithium adalah baterai yang dapat diisi ataudikosongkan berkali-kali. Baterai jenis ini biasa digunakan pada perangkat elektronik seperti handphone, laptop dan masih banyak lainnya [18]. Bentuk dari baterai lithium-ion 18650 ditunjukkan pada Gambar 2.21.



Gambar 2. 21 Baterai Lithium-Ion 18650

Untuk memastikan kompatibilitas dan keamanan dalam penggunaannya, penting untuk memahami spesifikasi teknis dari baterai ini secara detail. Spesifikasi baterai li-ion 18650 ditunjukkan pada Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Spesifikasi Baterai Lithium-Ion 18650

No.	Kategori	Spesifikasi
1	Tegangan	3.7V
2	Jenis baterai	Lithium Ion / Li-Ion
3	Tipe	18650
4	Kapasitas	15.000 mAh

No.	Kategori	Spesifikasi
5	Resistansi	<40mΩ
7	Dimensi	Diameter 18mm x 65mm
8	Berat	45 gr
9	Siklus Hidup	300-500 siklus pengisian
10	Arus Pengisian Maksimal	1.5A – 2A
11	Arus Discharge Maksimal	5A
12	Suhu Operasional:	-20°C hingga 60°C

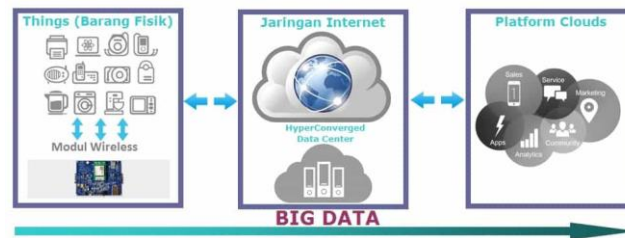
2.2.11 Internet Of Things

Internet of Things atau dikenal juga dengan singkatan IoT, merupakan sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memungkinkan kita untuk menghubungkan mesin, peralatan, dan benda fisik lainnya dengan sensor jaringan dan aktuator untuk memperoleh data dan mengelola kinerjanya sendiri, sehingga memungkinkan mesin untuk berkolaborasi dan bahkan bertindak berdasarkan informasi baru yang diperoleh secara independen [19].

Internet Of Things atau sering disebut IoT adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. misalnya CCTV yang terpasang di sepanjang jalan dihubungkan dengan koneksi internet dan disatukan di ruang kontrol yang jaraknya mungkin puluhan kilometer. Selain itu, sebuah rumah cerdas yang dapat dimanage lewat smartphone dengan bantuan koneksi internet. Pada dasarnya perangkat IoT terdiri dari sensor sebagai media pengumpul data, sambungan internet sebagai media komunikasi, dan server sebagai pengumpul informasi yang diterima sensor dan untuk analisa [19].

Konsep IoT ini sebetulnya cukup sederhana dengan cara kerja mengacu pada 3 elemen utama pada arsitektur IoT, yakni: Barang Fisik yang dilengkapi modul IoT, Perangkat Koneksi ke Internet seperti Modem dan Router Wireless

Speedy, dan Cloud Data Center tempat untuk menyimpan aplikasi beserta data base. [19]. Konsep IoT ditunjukkan pada Gambar 2.22.



Gambar 2. 22 Konsep IoT

Dasar prinsip kerja perangkat IoT adalah benda di dunia nyata diberikan identitas unik dan dapat dikali di sistem komputer dan dapat di representasikan dalam bentuk data di sebuah sistem komputer. Pada awal-awal implementasi gagasan IoT pengenalan yang digunakan agar benda dapat diidentifikasi dan dibaca oleh komputer adalah dengan menggunakan kode batang (Barcode), Kode QR (QR Code) dan Identifikasi Frekuensi Radio (RFID). Dalam perkembangannya sebuah benda dapat diberi pengenalan berupa IP address dan menggunakan jaringan internet untuk bisa berkomunikasi dengan benda lain yang memiliki pengenalan IP address [19].

Cara Kerja Internet of Things yaitu dengan memanfaatkan sebuah argumentasi pemrograman yang dimana tiap-tiap perintah argumennya itu menghasilkan sebuah interaksi antara sesama mesin yang terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan dalam jarak berapa pun. Internetlah yang menjadi penghubung di antara kedua interaksi mesin tersebut, sementara manusia hanya bertugas sebagai pengatur dan pengawas bekerjanya alat tersebut secara langsung [19].

2.2.12 Power Supply

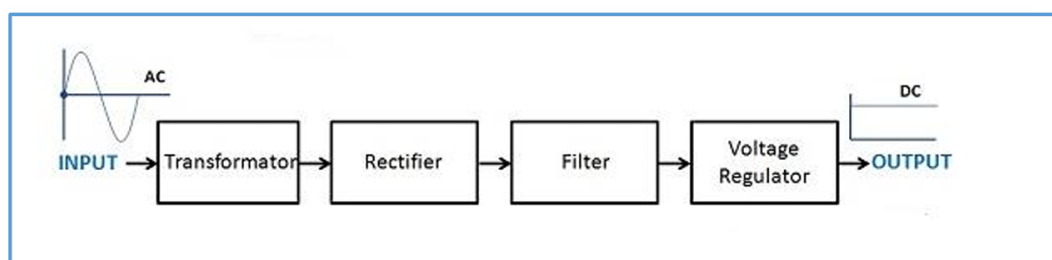
Power supply atau catu daya merupakan suatu rangkaian elektronik yang berfungsi sebagai pengubah arus AC (bolak-balik) menjadi DC (arus listrik searah). Jenis jenis power supply yaitu, DC power supply, AC power supply dan switch mode power supply. DC power supply adalah catu daya yang menyediakan

tegangan dalam bentuk DC dan memiliki polaritas yang tetap yaitu positif dan negatif. Sedangkan AC power supply berguna untuk mengubah tegangan AC dari satu nilai tegangan ke nilai tegangan yang lain dan switch mode power supply berguna untuk menyearahkan dan menyaring tegangan input AC untuk mendapatkan tegangan DC yang dapat diatur. Catu daya sendiri biasa digunakan pada komponen elektronik yang membutuhkan supply arus searah atau DC [20]. Gambar power supply DC ditunjukkan pada Gambar 2.23.



Gambar 2. 23 Power Supply 9V 2A

Sebuah DC Power Supply atau Adaptor pada dasarnya memiliki 4 bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Keempat bagian utama tersebut diantaranya adalah Transformator, Rectifier, Filter dan Voltage Regulator [21]. Keempat komponen tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.24.



Gambar 2. 24 Diagram Prinsip Kerja Power Supply

Proses ini dimulai ketika listrik AC masuk ke dalam power supply melalui kabel daya. Di dalam unit power supply, terdapat sebuah transformator yang menurunkan tegangan AC ke tingkat yang lebih rendah. Setelah itu, gelombang AC yang diturunkan ini diubah menjadi gelombang DC melalui proses penyearahan, yang biasanya dilakukan oleh sebuah jembatan penyearah. Selanjutnya, arus DC ini

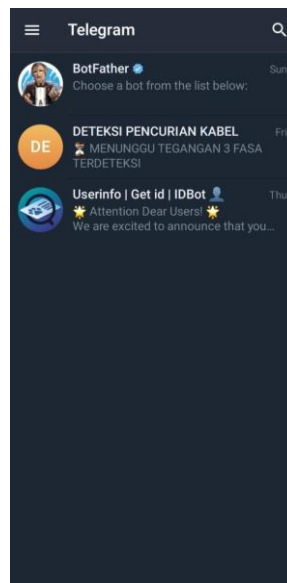
disaring oleh kapasitor untuk menghilangkan fluktuasi. Terakhir, arus DC yang telah difilter masuk ke voltage regulator, yaitu komponen yang menjaga agar tegangan output tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban atau tegangan input. Akhirnya, power supply mendistribusikan arus DC ini ke berbagai komponen elektronik dalam sistem. [21]

Dalam penelitian ini, digunakan power supply DC 9V 2A sebagai sumber tegangan input untuk modul pengisian baterai otomatis XH-M604. Modul XH-M604 berfungsi untuk mengatur pengisian baterai secara otomatis, dengan batas atas dan batas bawah tegangan yang dapat disesuaikan sesuai kebutuhan baterai. Tegangan 9V dipilih karena masih berada dalam rentang tegangan input yang direkomendasikan oleh modul XH-M604, yaitu sekitar 6V–28V DC. Dengan arus maksimum 2A, power supply ini mampu memberikan arus pengisian yang cukup stabil untuk mengisi baterai (misalnya baterai 2S Li-ion) secara aman. Spesifikasi Power Supply yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 Spesifikasi Power Supply

No.	Kategori	Spesifikasi
1	Model	B417
2	Input	AC 100-240 V
3	Frekuensi	50/60 Hz
4	Output	DC 9V
5	Arus	2A
7	Berat	150gr
8	Tipe Connector	5,5 mm

2.2.13 Telegram Bot



Gambar 2. 25 Tampilan Aplikasi Telegram

Gambar 2.25 menunjukkan tampilan aplikasi Telegram. Telegram merupakan aplikasi berkirim pesan instan sumber terbuka (open-source) yang memberikan kebebasan kepada penggunanya untuk mengembangkan kode sumber (source code) dari aplikasi tersebut. Selain itu juga, kelebihan dari Telegram dibanding aplikasi pesan instan lain seperti WhatsApp adalah dukungan bot, berbasis cloud, edit pesan yang telah dikirim, open API, grup publik yang mampu menampung hingga 200.000 anggota, login di banyak perangkat, dan terdapat juga fitur saluran yang di sediakan secara default oleh aplikasi Telegram yang berguna untuk berbagi informasi berupa pesan broadcast kepada pelanggan saluran tersebut [22].

Telegram Bot adalah program komputer yang diintegrasikan ke dalam aplikasi Telegram melalui Telegram API (Application Programming Interface). Bot ini dapat melakukan berbagai tugas dan memberikan layanan otomatis kepada pengguna Telegram. Dalam konteks Telegram, bot adalah akun khusus yang dikendalikan oleh kode, bukan oleh pengguna manusia. Bot Telegram adalah program otomatis yang berjalan di dalam platform Telegram dan dapat melakukan berbagai tugas seperti memberikan informasi, merespons perintah pengguna,

hingga mengontrol perangkat IoT. Bot ini berinteraksi dengan pengguna melalui pesan teks atau perintah tertentu yang dikirim melalui aplikasi Telegram.

Bot Telegram menggunakan Telegram Bot API, yaitu antarmuka yang disediakan oleh Telegram agar bot dapat berkomunikasi dengan server Telegram. Untuk membuat bot, pengguna harus berinteraksi dengan akun resmi bernama @BotFather, yang digunakan untuk mendaftarkan dan mengelola bot. Setelah mendaftarkan bot, pengguna akan mendapatkan sebuah token API, yaitu kode unik yang digunakan oleh sistem (misalnya mikrokontroler seperti ESP32) untuk mengakses dan mengontrol bot tersebut.

Dalam konteks sistem IoT, Bot Telegram sering digunakan untuk mengirimkan notifikasi secara real-time dari perangkat ke pengguna. Misalnya, ketika sensor mendeteksi kondisi tertentu seperti kehilangan tegangan atau gerakan, sistem akan langsung mengirimkan pesan melalui bot ke akun Telegram pengguna, sehingga pengguna bisa langsung mendapatkan informasi penting tanpa membuka aplikasi lainnya. Bot Telegram memiliki berbagai keunggulan, seperti:

- Gratis dan mudah digunakan
- Dapat diakses di berbagai platform (Android, iOS, desktop, web)
- Real-time messaging
- Aman, karena komunikasi antar pengguna dan bot dienkripsi

Dengan kemampuannya yang fleksibel dan real-time, bot Telegram menjadi salah satu solusi komunikasi yang populer dalam pengembangan sistem monitoring dan kendali berbasis IoT.