

BAB 2

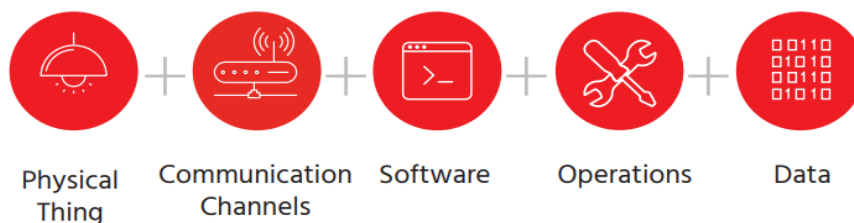
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

2.1.1 *Internet of Things*

Internet of Things (IoT) adalah gagasan yang bertujuan untuk menggunakan konektivitas internet untuk terhubung dengan perangkat, mesin dan benda fisik lainnya. Ini dapat dicapai melalui penggunaan jaringan, sensor dan aktuator. Dengan demikian, *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengumpulan dan pengelolaan data, yang memungkinkan mesin untuk bekerja sama dan bertindak sesuai dengan informasi yang baru mereka peroleh (Nahdi & Dhika, 2021). Kevin Ashton adalah pencipta *Internet of Things* (IoT) pada tahun 1999. *Internet of Things* (IoT) adalah kumpulan benda (*things*) yang terhubung melalui internet. Ini bisa berupa tag, sensor, manusia atau aktuator. *Internet of Things* (IoT) berfungsi untuk mengumpulkan data dan informasi dari lingkungan fisik (lingkungan), yang kemudian diproses untuk menjelaskan maknanya (Rifandi, 2021).

Pada Gambar 2.1 merupakan bentuk fisik dari *Internet of Things* (IoT) (Dunko et al., 2017).

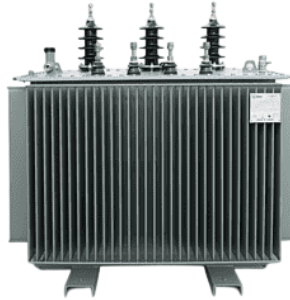


Gambar 2. 1 Sistem *Internet of Things* (IoT)
Sumber : (Dunko et al., 2017)

2.1.2 *Trafo*

Trafo atau transformator merupakan perangkat listrik yang berfungsi untuk mentransfer energi listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya melalui induksi elektromagnetik dengan tujuan menaikkan atau menurunkan tegangan listrik sesuai kebutuhan sistem distribusi. Transformator memiliki peranan penting dalam sistem tenaga listrik karena memastikan efisiensi penyaluran energi dari pembangkit ke konsumen akhir. Selain itu, trafo juga berfungsi menjaga stabilitas

tegangan agar tetap sesuai dengan standar operasional yang aman bagi peralatan listrik pengguna. Kondisi pembebanan yang tidak seimbang atau melebihi kapasitas nominal dapat menyebabkan peningkatan suhu pada belitan trafo yang berdampak pada menurunnya efisiensi dan umur pakainya. Oleh karena itu, pemantauan kondisi trafo secara berkala sangat penting untuk menjaga keandalan sistem distribusi listrik (Sihotang, 2024).

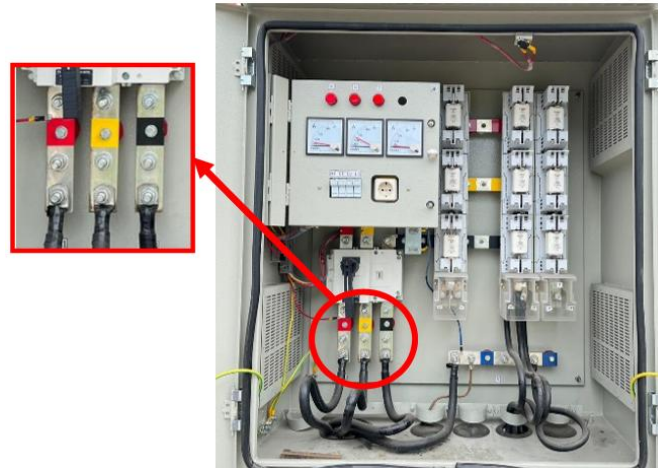


Gambar 2. 2 Trafo

Sumber : <https://www.pngegg.com/id/search?q=trafo>

2.1.3 Tegangan Tiga Fasa

Tegangan tiga fasa merupakan sistem penyaluran tenaga listrik yang menggunakan tiga sumber tegangan bolak-balik yang memiliki besar sama dan beda sudut fasa sebesar 120 derajat satu sama lain. Sistem ini banyak digunakan pada jaringan distribusi dan industri karena mampu menyalurkan daya listrik yang lebih besar dan lebih stabil dibandingkan sistem satu phasa. Dalam sistem tiga fasa, terdapat tiga penghantar fasa (R, S, dan T) serta satu penghantar netral, sehingga memungkinkan penyaluran energi listrik secara efisien dengan rugi-rugi daya yang lebih kecil. Pada penerapannya di PLN, khususnya pada jaringan distribusi, tegangan tiga fasa digunakan untuk melayani beban besar seperti motor listrik, peralatan industri, dan pelanggan dengan daya tinggi. Tegangan yang umum digunakan pada sisi tegangan rendah adalah 380/220 V, di mana 380 V merupakan tegangan antar fasa dan 220 V merupakan tegangan antara fasa dengan netral. Penggunaan sistem tiga fasa memberikan keuntungan berupa keseimbangan beban, peningkatan efisiensi sistem, serta keandalan penyaluran tenaga listrik.



Gambar 2. 3 Tegangan Tiga Fasa dari Trafo
Sumber : Dokumentasi Pribadi (2025)

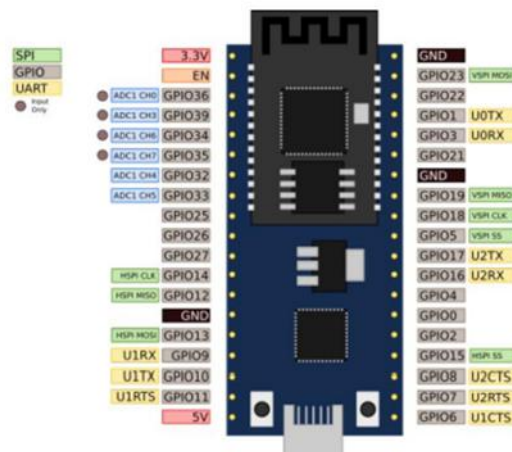
2.1.4 ESP32

Espressif Systems, perusahaan yang berbasis di Shanghai, China, membuat mikrokontroler bernama ESP32. ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara mikrokontroler dan jaringan *WiFi*. Mikrokontroler ini menggunakan prosesor *dual-core* yang berjalan pada instruksi Xtensa LX16, yang memiliki spesifikasi yang tercantum dalam Tabel 2.2 (Kusumah & Pradana, 2019).

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32

No	Atribut	Spesifikasi
1	Prosesor	<i>Dual-core</i> 32-bit, hingga 240 MHz
2	Memori	520 KB SRAM, hingga 16 MB <i>Flash</i>
3	GPIO	Hingga 34 pin GPIO
4	<i>Wi-Fi</i>	802.11 b/g/n
5	Bluetooth	v4.2 BR/EDR, BLE
6	ADC/DAC	12-bit ADC, 2 kanal 8-bit DAC
7	Tegangan Kerja	3.3 Volt
8	Kecepatan Clock	Hingga 240 MHz
9	Mode Daya	<i>Deep sleep, light sleep</i> , aktif
10	Suhu Kerja	-40°C hingga 85°C

Pada Tabel 2.2 menunjukkan bahwa mikrokontroler ESP32 memiliki antarmuka yang lengkap dan *WiFi* internal. Ini berarti bahwa ini adalah komponen yang tepat untuk alat peraga antarmuka mikrokontroler. Dengan fitur ini, itu cocok untuk alat peraga dan pelatihan *Internet of Things* (IoT). Output GPIO ESP32 ditunjukkan pada Gambar 2.3 (Kusumah & Pradana, 2019).



Gambar 2. 4 Pin Out Pada ESP32
Sumber : (Kusumah & Pradana, 2019)

2.1.5 Sensor Tegangan ZMPT101B

Sensor tegangan ZMPT101B adalah suatu modul yang dirancang untuk pengukuran tegangan AC hingga tingkat rumah tangga/industri ringan dengan akurasi tinggi dan isolasi galvanik yang memadai. Modul ini menggunakan transformator kecil dan rangkaian penguat sinyal sehingga menghasilkan keluaran analog yang proporsional terhadap tegangan primer yang diukur (Muni, L. S. A., & Lestari, C. D., 2022). Sensor ini sangat cocok diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino Uno sebagai bagian dari sistem monitoring tegangan secara real-time, karena modul telah dilengkapi dengan rangkaian penyesuaian sinyal (*summation amplifier*) yang memungkinkan pembacaan tegangan negatif dan positif serta pengolahan melalui ADC mikrokontroler (Muni, L. S. A., & Lestari, C. D., 2022).



Gambar 2. 5 Sensor Tegangan ZMPT101B
Sumber : (Muni, L. S. A., & Lestari, C. D., 2022)

2.1.6 Sensor Passive Infrared (PIR)

Sensor *Passive Infrared* (PIR) merupakan jenis sensor elektronik yang berfungsi mendeteksi adanya pergerakan objek berdasarkan perubahan radiasi inframerah yang dipancarkan oleh tubuh manusia atau makhluk hidup lainnya. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi perbedaan intensitas energi inframerah yang diterima oleh elemen piroelektrik di dalamnya, sehingga ketika terjadi perubahan suhu akibat gerakan objek di area deteksi, sensor akan menghasilkan sinyal keluaran berupa tegangan logika yang dapat diolah oleh mikrokontroler (Riskiono et al., 2018). Keunggulan utama sensor PIR adalah konsumsi daya yang rendah, jangkauan deteksi yang cukup luas, serta kemampuannya dalam mengidentifikasi gerakan tanpa perlu kontak langsung dengan objek. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Riskiono et al. (2018), sensor PIR memiliki tingkat sensitivitas tinggi dalam mendeteksi pergerakan manusia dan dapat diimplementasikan sebagai sistem peringatan otomatis, seperti peringatan dini bagi pengendara terhadap penyeberang jalan raya.



Gambar 2. 6 Sensor PIR
Sumber : (Riskiono et al., 2018)

2.1.7 Modul Step Down LM2596S Display

Modul *Step-Down LM2596S Display* merupakan rangkaian konverter tegangan DC-DC tipe *buck converter* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan input DC menjadi tegangan output DC yang lebih rendah dengan efisiensi tinggi. Modul ini menggunakan IC LM2596S sebagai pengendali utama dan dilengkapi dengan tampilan digital (*display voltmeter*) yang memungkinkan pengguna memantau nilai tegangan input maupun output secara langsung. Prinsip kerjanya didasarkan pada sistem *switching* regulator yang mengatur *duty cycle* sinyal PWM

untuk menjaga kestabilan tegangan keluaran. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Setiawan, Suryadi, dan Marindani (2020), modul LM2596 terbukti efektif dalam menurunkan tegangan input 12 volt menjadi 5 volt dengan tingkat kestabilan dan efisiensi yang baik, sehingga sangat cocok digunakan pada sistem berbasis mikrokontroler seperti Arduino dan ESP32.



Gambar 2. 7 Modul Step Down LM2596S Display

Sumber : <https://kitsguru.com/products/lm2596s>

2.1.8 Modul Auto Switch DC 5V-48V

Modul *auto switch* DC 5V–48V merupakan modul elektronika yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengendalikan aliran tegangan arus searah (DC) dalam rentang 5 volt hingga 48 volt. Modul ini umumnya digunakan untuk menghubungkan atau memutuskan catu daya ke suatu beban secara otomatis berdasarkan sinyal kontrol yang diberikan, baik dari mikrokontroler, sensor, maupun rangkaian logika tertentu. Dengan kemampuan bekerja pada rentang tegangan yang cukup lebar, modul ini dapat digunakan pada berbagai aplikasi sistem DC dengan kebutuhan tegangan yang berbeda-beda.



Gambar 2. 8 Modul Auto Switch DC

Sumber : <https://www.ubuy.co.id/en/product/>

2.1.9 Modul Charge Controller XH-M603

Modul *charge controller* XH-M603 merupakan modul pengendali pengisian baterai yang digunakan untuk berbagai jenis baterai, seperti baterai

lithium, lead acid, nickel cadmium, lithium-ion, dan polymer. Modul ini berfungsi untuk mengatur proses pengisian daya baterai dengan cara mengontrol batas tegangan minimum dan maksimum yang diizinkan selama proses pengisian berlangsung. Selain itu, modul XH-M603 juga berperan sebagai sistem proteksi baterai untuk mencegah terjadinya kondisi *overcharge* maupun *over discharge* yang dapat menyebabkan kerusakan pada baterai (Hizrian M.F., 2020).



Gambar 2. 9 Modul *charge controller* XH-M603

Sumber : (Hizrian M.F., 2020)

2.1.10 LCD 16×2 (Liquid Crystal Display)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah rangkaian elektronika yang digunakan untuk menampilkan informasi atau indikator yang diberikan ke mikrokontroler. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, LCD telah digunakan di banyak tempat, seperti televisi, kalkulator atau bahkan layar komputer. Salah satu aplikasi LCD yang digunakan adalah LCD *dot* matrik dengan ukuran karakter 16×2. LCD juga sangat baik sebagai penampil status kerja alat (Suryantoro, 2019).



Gambar 2. 10 LCD (Liquid Crystal Display)

Sumber : (Suryantoro, 2019)

2.1.11 Buzzer 12 Volt DC

Buzzer 12 Volt DC merupakan aktuator suara yang dirancang untuk menghasilkan alarm suara sebagai respons terhadap suatu kondisi sistem elektronik seperti deteksi gerakan, pelanggaran keamanan, atau gangguan

operasional. Cara kerja *buzzer* didasarkan pada getaran diafragma yang diakibatkan arus listrik melalui rangkaian kumparan, sehingga menghasilkan suara dengan frekuensi tertentu dan intensitas yang dapat didengar oleh manusia. Salah satu penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa *buzzer* efektif digunakan sebagai alarm dalam prototipe sistem keamanan berbasis IoT, di mana saat deteksi kondisi mencurigakan terjadi, mikrokontroler mengaktifkan *buzzer* sebagai pemberi peringatan langsung sekaligus dikombinasikan dengan notifikasi jarak jauh (Adetia, et al. 2025).



Gambar 2. 11 Buzzer 12 Volt

Sumber : <https://www.ubuy.co.id/id/product/11R7AZQ8-2-to-12v>

2.1.12 Modem 4G Telkomsel

Modem 4G Telkomsel merupakan perangkat akses internet bergerak (*mobile broadband*) yang memanfaatkan jaringan seluler generasi keempat (*Long Term Evolution*) untuk menyediakan koneksi data dengan kecepatan tinggi serta latensi yang rendah. Dengan menggunakan kartu SIM Telkomsel di dalam modem atau perangkat CPE (*Customer Premises Equipment*), perangkat ini memungkinkan pengguna memanfaatkan jaringan 4G di frekuensi seperti 2300 MHz untuk keperluan akses data multi-perangkat via WiFi atau USB *tethering*. Modem ini sangat cocok digunakan dalam skenario seperti pemantauan IoT dan sistem alarm berbasis jaringan karena kemampuannya untuk menjaga koneksi data yang terus-menerus dengan cakupan yang luas operator Telkomsel di Indonesia. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Wijaya, R.T., Arindawati, W.A., & Nurkinan (2024) mengenai “Motif Penggunaan Modem Orbit Telkomsel di Kabupaten Karawang”, ditemukan bahwa faktor utama pengguna memilih modem Telkomsel adalah kepercayaan terhadap kualitas jaringan, kemudahan

penggunaan, dan stabilitas koneksi hal yang juga relevan untuk aplikasi monitoring dan alarm berbasis IoT.



Gambar 2. 12 Modem Telkomsel 4G

Sumber : <https://www.tokopedia.com/supertechm/modem-4g-lte>

2.1.13 Push Button

Push button adalah komponen sakelar sementara yang berfungsi menghubungkan atau membuka aliran arus listrik ketika ditekan secara manual, kemudian kembali ke posisi semula setelah dilepaskan. Komponen ini sering digunakan sebagai input pengguna pada sistem elektronik, misalnya untuk memulai proses, melakukan reset, atau mengubah mode operasi. Dalam aplikasi sistem mikrokontroler, tombol biasanya dihubungkan ke pin digital pada mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 sebagai sinyal logika (*High/Low*) yang kemudian diproses oleh perangkat lunak pengontrol. Sebagai contoh, dalam penelitian oleh Putra, Raharja, dan Karjadi (2018) berjudul *Push Button Sistem Keamanan Pintu Rumah Berbasis Raspberry Pi* ditemukan bahwa tombol digunakan sebagai input utama untuk memicu sistem alarm dan membuka mekanisme penguncian solenoid secara efektif.

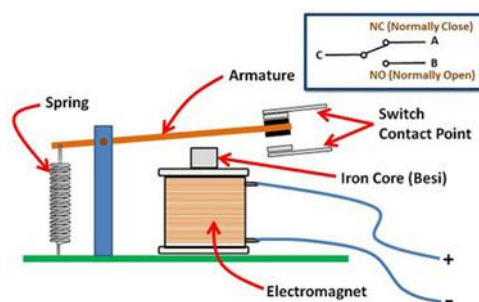


Gambar 2. 13 Push Button

Sumber : <https://jogjarobotika.com/switch/2207-push-button>

2.1.14 Modul Relay

Komponen elektronika yang terdiri dari saklar atau *switch* elektrik yang dioperasikan secara listrik dikenal sebagai relay. Relay digunakan untuk menggerakkan sejumlah kontak atau dikenal sebagai saklar secara elektrik yang biasa disebut relay elektromagnetik. Efek induksi magnet yang dihasilkan kumparan ketika listrik dialiri membuat kontak tertutup (*Normally Closed*) atau kontak terbuka (*Normally Open*). Pada dasarnya relay terdiri dari dua bagian yaitu koil dan kontak. Koil adalah gulungan kawat yang mendapatkan arus listrik, dan kontak adalah semacam saklar yang bekerja ketika ada atau tidaknya arus listrik pada koil. Dengan menggunakan prinsip elektromagnetik untuk menggerakkan saklar, relay dapat menghantarkan listrik bertegangan lebih tinggi dengan arus listrik yang kecil (Raharja & Ramadhon, 2021).



Gambar 2. 14 Rangkaian Relay



Gambar 2. 15 Modul Relay

Sumber : (Raharja & Ramadhon, 2021)

2.1.15 Buzzer

Buzzer adalah alat elektronika yang mengubah getaran listrik menjadi suara. Prinsip kerja *buzzer* hampir sama dengan *loudspeaker*. *Buzzer* terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian dialiri arus yang membuat kumparan menjadi elektromagnetik. Kumparan tersebut dapat tertarik ke

dalam atau keluar tergantung pada arah arus dan polaritas magnetnya yang nantinya akan menghasilkan suara (Raharja & Ramadhon, 2021).



Gambar 2. 16 Buzzer

Sumber : <https://udvabony.com/product/dc-12v-85db-mechanical-buzzer-alarm/>

2.1.16 Adaptor

Adaptor elektronik adalah alat yang memberikan daya kepada alat yang membutuhkannya. Adaptor yang digunakan dalam penelitian ini adalah adaptor 12V yang dapat mengubah arah arus dari AC ke DC atau sebaliknya serta mengubah tegangan dengan menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan alat (Kresnha et al., 2019).



Gambar 2. 17 Adaptor

Sumber : (Sutarti et al., 2022)

2.1.17 Baterai Lead Acid

Baterai *lead acid* merupakan salah satu jenis baterai sekunder (dapat diisi ulang) yang paling umum digunakan dalam sistem penyimpanan energi listrik. Baterai ini menggunakan timbal dioksida (PbO_2) sebagai elektroda positif (katoda), timbal (Pb) sebagai elektroda negatif (anoda), serta larutan asam sulfat (H_2SO_4) sebagai elektrolit. Baterai lead acid pertama kali ditemukan pada tahun 1859 dan hingga saat ini masih banyak digunakan karena konstruksinya yang sederhana serta kemampuannya dalam menyimpan dan menyuplai energi listrik dengan kapasitas yang cukup besar (Hizrian M.F., 2020).



Gambar 2. 18 Baterai *Lead Acid*
Sumber : (Hizrian M.F., 2020)

2.1.18 Box Plastik (*Enclosure*)

Box plastik atau *enclosure* merupakan kotak pelindung dari bahan plastik (sering ABS atau *polycarbonate*) yang berfungsi sebagai rumah bagi seluruh komponen elektronik, seperti mikrokontroler, sensor, modul komunikasi, dan catu daya. *Enclosure* ini penting dalam proyek *Internet of Things* (IoT) karena menyediakan proteksi terhadap debu, kelembapan, benturan ringan, dan intervensi fisik yang tidak diinginkan, sehingga meningkatkan keandalan dan umur perangkat (Supegina & Setiawan, 2017). Selain itu, penggunaan *enclosure* yang tepat memungkinkan manajemen termal yang lebih baik (melalui ventilasi atau pendingin internal), penyusunan *layout* komponen yang rapi, dan kemudahan instalasi di lapangan (dalam kondisi *indoor* ataupun *outdoor*).



Gambar 2. 19 Box Plastik (*Enclosure*)

Sumber : <https://toko.nale.co.id/produk/enclosure-box>

2.1.19 Jack Power DC Female

Jack power DC female merupakan komponen konektor listrik yang berfungsi sebagai terminal penerima catu daya arus searah (DC) dari adaptor atau

sumber tegangan eksternal. Komponen ini umumnya dipasangkan pada papan rangkaian seperti PCB untuk memudahkan penyambungan dan pelepasan sumber daya tanpa harus menyolder kabel secara langsung. *Jack power DC female* dirancang untuk menerima *plug DC male* dengan ukuran tertentu, yang paling umum digunakan adalah diameter 5,5 mm × 2,1 mm atau 5,5 mm × 2,5 mm.



Gambar 2. 20 *Jack power DC female*

Sumber : <https://circuit.rocks/products/dc-female-power-adapter-2-1mm>

2.1.20 *Universal Serial Bus (USB) Female*

Universal Serial Bus (USB) Female merupakan jenis konektor USB yang berfungsi sebagai terminal penerima (port) untuk perangkat USB lainnya. Konektor ini umumnya dipasang pada papan rangkaian elektronik atau panel perangkat dan digunakan untuk menghubungkan kabel USB *male* sebagai sumber daya maupun media komunikasi data. USB *Female* tersedia dalam beberapa tipe, seperti USB *Type-A*, *Type-B*, dan *Micro USB*, dengan fungsi utama sebagai jalur suplai tegangan 5 V serta jalur transmisi data.



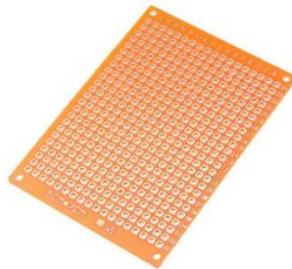
Gambar 2. 21 *Universal Serial Bus (USB) Female*

Sumber : <https://shopee.co.id/product/8082565/>

2.1.21 *PCB (Printed Circuit Board) Matrik*

PCB (*Printed Circuit Board*) matrik merupakan jenis papan rangkaian cetak yang memiliki pola lubang-lubang tersusun secara teratur membentuk baris dan kolom. PCB ini tidak memiliki jalur tembaga yang sudah ditentukan seperti pada PCB cetak khusus, sehingga pengguna dapat membentuk sendiri jalur

rangkaian sesuai dengan kebutuhan. Lubang-lubang pada PCB matrik berfungsi sebagai tempat pemasangan kaki komponen elektronik seperti resistor, kapasitor, IC, dan konektor, yang kemudian dihubungkan menggunakan timah solder dan kabel jumper.



Gambar 2. 22 PCB (*Printed Circuit Board*) matrik

Sumber : <https://www.amazon.co.uk/BiliDIY-Prototype-Universal>

2.1.22 *Adapter Charger*

Adaptor charger merupakan perangkat catu daya yang berfungsi untuk mengubah tegangan listrik arus bolak-balik (AC) dari sumber listrik menjadi tegangan arus searah (DC) yang sesuai dengan kebutuhan suatu perangkat elektronik. Proses konversi ini dilakukan melalui rangkaian internal yang terdiri dari penurun tegangan, penyearah, penyangkal, dan pengatur tegangan sehingga menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dan aman digunakan. Adaptor charger umumnya digunakan untuk menyuplai daya atau mengisi ulang baterai pada berbagai perangkat elektronik seperti ponsel, laptop, serta sistem elektronika berbasis mikrokontroler.



Gambar 2. 23 *Adaptor charger*

Sumber : <https://www.ruparupa.com/p/ataru-kepala-charger>

2.1.23 *Kabel USB (Universal Serial Bus) to Micro*

Kabel *USB to Micro* merupakan kabel penghubung yang digunakan untuk menyalurkan daya listrik dan data antara perangkat elektronik dengan sumber

daya atau perangkat lain yang memiliki *port* USB. Kabel ini terdiri dari konektor USB *Type-A* pada satu sisi dan konektor *Micro-USB* pada sisi lainnya. Fungsi utama kabel USB to *Micro* adalah sebagai media pengisian daya (*charging*) serta sebagai jalur komunikasi data, misalnya untuk proses pemrograman atau pertukaran data antara mikrokontroler dan komputer.



Gambar 2. 24 Kabel USB to *Micro*

Sumber : <https://digiwarestore.com/id/standard-cable-wire/>

2.1.24 *Arduino IDE (Integrated Development Environment)*

Arduino IDE (Integrated Development Environment) merupakan perangkat lunak yang digunakan sebagai media pemrograman untuk papan mikrokontroler *Arduino*. *Arduino IDE* berfungsi untuk membuat, mengedit, mengompilasi, serta mengunggah (*upload*) program ke board *Arduino* yang digunakan. Perangkat lunak ini menyediakan antarmuka yang sederhana sehingga memudahkan pengguna, khususnya pemula, dalam melakukan proses pemrograman dan pengujian rangkaian elektronika (Tyas, U. M., & Buckhari, A. A., 2023).



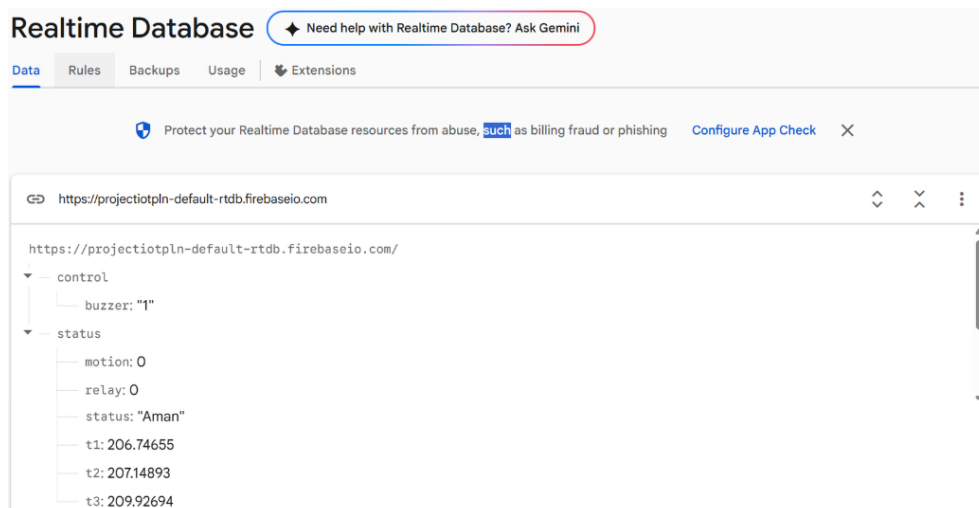
Gambar 2. 25 *Arduino Integrated Development Environment (IDE)*

Sumber : (Tyas, U. M., & Buckhari, A. A., 2023)

2.1.25 *Firebase Realtime Database*

Firebase Realtime Database merupakan layanan basis data berbasis *cloud* yang disediakan oleh *Google* dan bersifat *NoSQL*, di mana data disimpan dalam

bentuk struktur *JSON tree*. *Database* ini memungkinkan proses penyimpanan, pengambilan, dan sinkronisasi data secara *real-time*, sehingga setiap perubahan data yang terjadi dapat langsung diperbarui dan diterima oleh seluruh perangkat yang terhubung. Keunggulan utama *Firebase Realtime Database* adalah kemudahan integrasi, kecepatan akses data, serta kemampuan pembaruan data dalam hitungan milidetik pada seluruh perangkat yang terhubung. Berdasarkan penelitian Andrianto dan Munandar (2022), penggunaan *Firebase Realtime Database* sangat efektif diterapkan pada aplikasi berbasis Android karena mampu mendukung pertukaran data secara *real-time* dan meningkatkan efisiensi pengelolaan data aplikasi.



Gambar 2. 26 *Firebase Realtime Database*

Sumber : Dokumentasi Pribadi (2026)

2.1.26 *MIT APP Inventor*

MIT App Inventor merupakan platform pengembangan aplikasi Android berbasis web yang dikembangkan oleh *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) dengan pendekatan pemrograman visual berbasis *block programming*. *Platform* ini memungkinkan pengguna membuat aplikasi Android dengan cara menyusun blok-blok logika tanpa menuliskan kode pemrograman secara tekstual, sehingga lebih mudah dipahami oleh pemula. *MIT App Inventor* mendukung pembuatan antarmuka pengguna, pengolahan logika aplikasi, serta integrasi dengan berbagai fitur Android seperti sensor dan koneksi internet, sehingga

banyak digunakan dalam pengembangan aplikasi edukasi dan aplikasi berbasis sistem informasi (Fameska et al., 2023).



Gambar 2. 27 MIT App Inventor

Sumber : <https://appinventor.mit.edu/explore/hour-of-code>

2.1.27 Google Sheets

Google Sheets adalah aplikasi *spreadsheet* berbasis *cloud* yang digunakan untuk mencatat, menyimpan, dan mengelola data secara *online* dengan kemampuan kolaborasi *real-time* di antara pengguna. Dalam konteks manajemen data digital, *Google Sheets* telah digunakan sebagai alat untuk mempercepat proses pencatatan dan pengelolaan informasi karena fitur penyimpanan berbasis internet, akses multi-user tanpa batasan waktu atau lokasi, serta kemampuan integrasi dengan berbagai layanan lain seperti *Google Forms* dan API untuk pengambilan data secara otomatis. Studi menunjukkan bahwa penggunaan *Google Sheets* membantu meningkatkan efisiensi pengolahan data serta aksesibilitas informasi dalam berbagai kegiatan administratif dan digitalisasi data karena sifatnya yang mudah digunakan dan terhubung antar pengguna (Sugiarto & Supadi, 2024).



Gambar 2. 28 Google Sheets

Sumber : <https://medium.com/sysinfo/master-spreadsheet-9c44c7c45936>

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini, terdapat beberapa karya yang relevan terkait pengembangan sistem keamanan berbasis IoT yang menggunakan sensor PIR, *buzzer*, serta media notifikasi. Beberapa penelitian terdahulu fokus pada metode deteksi gerakan, penggunaan perangkat mikrokontroler, serta efektivitas sistem keamanan yang dikembangkan.

Penelitian pertama dilakukan oleh Prasetyo et al. (2020) dengan judul Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT PLN (Persero) Berbasis IoT. Penelitian ini memperkenalkan konsep *Distributed Transformer Management System* (DTMS) yang terdiri atas sistem tertanam (*embedded system*) untuk pengukuran dan pengiriman data, perangkat lunak *web service* untuk penerimaan data, serta antarmuka berbasis web untuk penyajian data dan sistem pendukung keputusan (*Decision Support System*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan peringatan dini terhadap anomali seperti *overload*, *over-voltage*, dan *black-out event*. Penelitian ini sangat relevan karena menunjukkan bahwa trafo distribusi sebagai aset strategis dapat dipantau secara *real-time* menggunakan teknologi IoT dan menjadi dasar bagi integrasi sensor tambahan seperti PIR dan ZMPT101B pada sistem yang akan dikembangkan.

Penelitian kedua dilakukan oleh Badruzzaman dan Razaqi (2023) dengan judul *Monitoring of Three-Phase Distribution Power Transformer Based on the Internet of Things* (IoT) and SCADA. Penelitian ini menggunakan sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, dan sensor suhu DS18B20 yang dikendalikan oleh Arduino Mega 2560, kemudian dihubungkan melalui jaringan WiFi ke sistem SCADA. Keunggulan sistem ini terletak pada kemampuannya melakukan pengukuran kondisi tiga *phase* transformator distribusi secara *real-time*. Relevansi penelitian ini terlihat pada penggunaan sensor tegangan *phase* dan pemantauan kondisi tiga *phase*, yang juga menjadi bagian penting dalam sistem yang dirancang dalam penelitian ini.

Penelitian ketiga dilakukan oleh Ridho et al. (2023) dengan judul Perancangan *Monitoring Arus dan Tegangan pada Trafo Distribusi Berbasis Internet of Things* (IoT) di PT PLN (Persero) ULP Medan Baru. Penelitian ini menggunakan modul ESP32 sebagai mikrokontroler utama untuk memantau arus,

tegangan, dan daya pada trafo distribusi, serta mengirimkan data hasil pengukuran ke *platform daring* secara otomatis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berbasis ESP32 dan IoT dapat melakukan pemantauan parameter trafo secara otomatis, efisien, dan jarak jauh. Penelitian ini memiliki keterkaitan langsung dengan rancangan alat pada penelitian ini yang juga menggunakan ESP32 dan sensor tegangan, serta menekankan pentingnya pemantauan kondisi arus dan tegangan pada sistem trafo.

Penelitian keempat dilakukan oleh Hidayati et al. (2024) dengan judul Sistem Keamanan Trafo Gardu Induk 150 kV dari Hewan Kera di PT PLN UPT Kaltimara. Penelitian ini menggunakan sensor PIR dan sensor ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan hewan di area trafo, kemudian mengaktifkan modul klakson atau *buzzer* sebagai sistem alarm. Walaupun objek yang dideteksi berupa hewan dan bukan manusia, metode deteksi gerakan dengan sensor PIR dan sistem alarm lokal yang digunakan sangat relevan dengan penelitian ini, karena memiliki prinsip kerja serupa dalam mendeteksi pergerakan di sekitar trafo sebagai indikasi aktivitas mencurigakan.

Penelitian kelima dilakukan oleh Adi dan Kurniawan (2024) dalam artikel berjudul Implementasi Keamanan Ruangan Berbasis IoT dengan Sensor PIR, Telegram, dan Peringatan Suara. Penelitian ini mengembangkan sistem keamanan ruangan menggunakan mikrokontroler NodeMCU/ESP8266, sensor PIR sebagai pendeteksi gerakan, serta fitur notifikasi melalui aplikasi Telegram dan alarm suara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sensor PIR memiliki tingkat deteksi hingga 93,33% dalam jangkauan lima meter. Aspek ini relevan dengan penelitian ini karena sistem yang dikembangkan juga menggunakan sensor PIR dan *buzzer* sebagai alarm peringatan, serta memanfaatkan sistem notifikasi berbasis IoT (melalui *firebase realtime database*) untuk mendeteksi aktivitas di sekitar trafo.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

Penulis	Judul	Metode	Hasil
Prasetyo et al. (2020)	Sistem <i>Monitoring</i> Trafo Distribusi PT PLN (Persero) Berbasis IoT	Menggunakan konsep <i>Distributed Transformer Management System (DTMS)</i> yang terdiri dari <i>embedded system</i> , <i>web service</i> , dan	Sistem mampu memberikan peringatan dini terhadap anomali seperti <i>overload</i> , <i>over-voltage</i> , dan <i>black-out event</i> secara <i>real-time</i> .

Penulis	Judul	Metode	Hasil
		antarmuka web untuk pengawasan data trafo.	
Badruzzaman & Razaqi (2023)	<i>Monitoring of Three-Phase Distribution Power Transformer Based on the Internet of Things (IoT) and SCADA</i>	Menggunakan sensor ZMPT101B, ACS712, dan DS18B20 dengan Arduino Mega 2560 yang terhubung ke sistem SCADA melalui WiFi.	Sistem mampu melakukan pengukuran kondisi tiga <i>phase transformator</i> secara <i>real-time</i> dan terintegrasi dengan sistem SCADA.
Ridho, Sibuea, & Siagian (2023)	Perancangan Monitoring Arus dan Tegangan pada Trafo Distribusi Berbasis IoT di PT PLN (Persero) ULP Medan Baru	Menggunakan ESP32 untuk memantau arus, tegangan, dan daya pada trafo serta mengirim data ke platform daring berbasis IoT.	Sistem berbasis ESP32 dapat memantau kondisi trafo secara otomatis dan jarak jauh dengan akurasi tinggi.
Hidayati et al. (2024)	Sistem Keamanan Trafo Gardu Induk 150 kV dari Hewan Kera di PT PLN UPT Kaltimara	Menggunakan sensor PIR dan ultrasonik untuk mendeteksi keberadaan hewan di area trafo dan mengaktifkan alarm klakson.	Sistem mampu mendeteksi keberadaan hewan di sekitar trafo dan memberikan peringatan dini melalui bunyi alarm.
Adi & Kurniawan (2024)	Implementasi Keamanan Ruangan Berbasis IoT dengan Sensor PIR, Telegram, dan Peringatan Suara	Menggunakan NodeMCU / ESP8266, sensor PIR, dan Telegram untuk notifikasi <i>real-time</i> serta buzzer sebagai alarm lokal.	Sistem dapat mendeteksi gerakan dengan akurasi 93,33% dalam jangkauan 5 meter dan mengirim notifikasi melalui Telegram.

Berdasarkan Tabel 2.1 Metode dan Hasil Penelitian Terdahulu, diperoleh dasar yang kuat dalam pengembangan sistem keamanan dan *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) pada bidang kelistrikan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa integrasi sensor, mikrokontroler, serta sistem komunikasi data *real-time* dapat meningkatkan efektivitas pengawasan dan keamanan terhadap aset penting, termasuk transformator distribusi dan gardu listrik. Beberapa penelitian terdahulu fokus pada pemantauan kondisi trafo tiga fasa menggunakan sensor ZMPT101B dan modul ESP32, serta penerapan sensor PIR untuk deteksi gerakan di lingkungan gardu guna mencegah gangguan dari luar.

Namun, penelitian ini memiliki perbedaan signifikan karena difokuskan pada perancangan sistem alarm pendeteksi pencurian aset sekaligus deteksi gangguan tegangan tiga phase pada trafo listrik berbasis IoT. Sistem yang dirancang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang mengintegrasikan sensor PIR sebagai pendeteksi pergerakan mencurigakan, sensor ZMPT101B sebagai pendeteksi gangguan tegangan, serta koneksi *firebase database realtime* untuk pengiriman data dan notifikasi secara *real-time* kepada petugas di lapangan. Dengan pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem keamanan yang lebih responsif, terintegrasi, dan sesuai dengan kebutuhan operasional PLN, sehingga mampu memberikan perlindungan yang lebih optimal terhadap infrastruktur dan aset kelistrikan di lapangan.