

BAB III

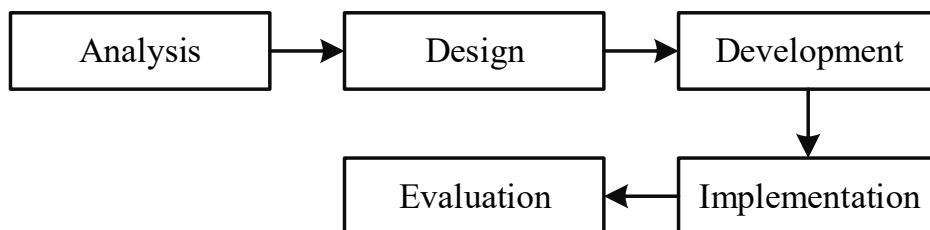
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development (R&D)*, yaitu metode penelitian yang bertujuan untuk menghasilkan suatu produk tertentu serta menguji efektivitas produk tersebut. Menurut [24], metode penelitian dan pengembangan adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan produk baru dan menguji keefektifan produk tersebut agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Pendekatan R&D dalam penelitian ini digunakan untuk mengembangkan sistem *monitoring* daya listrik disekolah berbasis *Internet of Things (IoT)* yang terintegrasi dengan notifikasi *Whatsapp*. Produk yang dikembangkan berupa sistem yang dapat melakukan pengukuran parameter listrik secara *real-time* dan memberikan peringatan otomatis kepada pengguna apabila daya melebihi batas yang ditentukan.

Model pengembangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan utama yaitu *Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation* [25]. Model ADDIE dipilih karena memiliki alur pengembangan yang sistematis, sederhana, dan sesuai untuk penelitian pengembangan sistem perangkat keras dan perangkat lunak berbasis IoT.



Gambar 3. 1 Diagram Blok Perancangan

Tahapan penelitian ini menggunakan model *Research and Development* (R&D) yang diadaptasi dari ADDIE yang merupakan model pengembangan yang banyak digunakan dalam penelitian pengembangan karena memberikan tahapan yang jelas dan terstruktur. Setiap tahap dalam model ADDIE saling berkaitan dan berkesinambungan, sehingga memungkinkan pengembangan produk dilakukan secara bertahap dan terkontrol. Alur tahapan ditunjukkan pada diagram perancangan yang terdiri dari lima tahap utama, yaitu:

3.1.1 Tahap *Analysis* (Analisis)

Tahap analisis dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan dan kebutuhan sistem. Permasalahan yang ditemukan adalah kurangnya sistem pemantauan penggunaan daya listrik di lingkungan sekolah yang dapat mendeteksi beban berlebih secara cepat dan memberikan peringatan dini kepada pengguna. Kondisi ini berpotensi menyebabkan pemborosan energi serta risiko gangguan instalasi listrik.

Analisis kebutuhan dilakukan dengan mengumpulkan data melalui studi literatur, observasi langsung, dan penelaahan penelitian terdahulu terkait sistem *monitoring* listrik berbasis IoT. Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem memerlukan sensor pengukur parameter listrik yang akurat, mikrokontroler dengan konektivitas internet, perangkat pengaman, serta media notifikasi yang mudah diakses oleh pengguna. Berdasarkan analisis tersebut, dipilih sensor PZEM-004T sebagai pengukur parameter listrik, ESP32 sebagai mikrokontroler utama, modul relay sebagai pengaman, serta *Whatsapp API* sebagai media notifikasi.

3.1.2 Tahap *Design* (Perancangan)

Tahap perancangan bertujuan untuk merancang sistem sesuai dengan kebutuhan yang telah dianalisis. Perancangan meliputi pembuatan diagram blok sistem, perancangan rangkaian perangkat keras, serta perancangan alur kerja perangkat lunak.

Pada tahap ini dijelaskan hubungan dan fungsi masing-masing komponen, yaitu sensor PZEM-004T sebagai pembaca tegangan, arus, daya, dan energi listrik, ESP32 sebagai pengolah data, relay sebagai pemutus arus otomatis, serta LCD 20x4 sebagai media tampilan informasi. Selain itu, dirancang pula mekanisme komunikasi data antara ESP32 dan alur pengiriman notifikasi otomatis ke *Whatsapp* apabila daya listrik melebihi ambang batas yang ditetapkan. Hasil dari tahap ini berupa desain sistem yang siap untuk direalisasikan.

3.1.3 Tahap *Development* (Pengembangan)

Tahap pengembangan merupakan tahap realisasi dari desain yang telah dibuat. Pada tahap ini dilakukan perakitan perangkat keras sesuai dengan rancangan rangkaian, meliputi pemasangan sensor PZEM-004T, relay, dan LCD 20x4 pada mikrokontroler ESP32.

Setelah perakitan perangkat keras selesai, dilakukan pemrograman sistem menggunakan Arduino IDE. Pemrograman meliputi pembacaan data sensor, pengolahan data oleh mikrokontroler, pengendalian relay, penampilan data pada LCD, serta pengiriman notifikasi ke *Whatsapp* melalui API. Hasil dari tahap ini adalah prototipe sistem *monitoring* daya listrik yang telah berfungsi dan siap untuk diuji.

3.1.4 Tahap *Implementation* (Implementasi)

Tahap implementasi dilakukan dengan menerapkan sistem yang telah dikembangkan pada kondisi nyata, yaitu pada instalasi listrik di lingkungan sekolah. Sistem dioperasikan untuk memantau parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara *real-time*.

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi beban listrik, yaitu beban rendah, sedang, dan tinggi, untuk mengetahui respons sistem terhadap perubahan konsumsi daya. Data hasil pengukuran ditampilkan pada LCD dan dikirimkan kepada pengguna melalui notifikasi *Whatsapp*. Tahap ini bertujuan untuk memastikan sistem dapat bekerja secara stabil dan sesuai dengan fungsi yang dirancang.

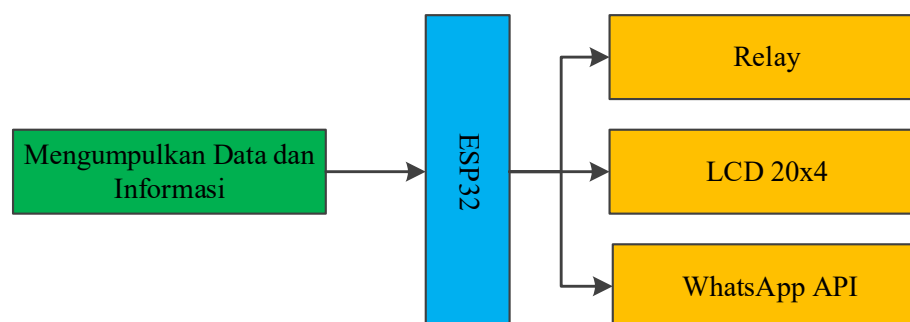
3.1.5 Tahap *Evaluation* (Evaluasi)

Tahap evaluasi dilakukan untuk menilai kinerja sistem setelah diimplementasikan. Evaluasi meliputi analisis akurasi pembacaan sensor PZEM-004T, kestabilan koneksi data, kecepatan pengiriman notifikasi *Whatsapp*, serta keandalan relay dalam memutus daya secara otomatis ketika terjadi beban berlebih.

Hasil evaluasi digunakan untuk mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan sistem. Apabila ditemukan kekurangan, dilakukan perbaikan dan penyempurnaan baik pada perangkat keras maupun perangkat lunak agar sistem *monitoring* daya listrik dapat bekerja secara optimal.

3.2 Analisa Perancangan Sistem

Perancangan sistem merupakan langkah penting yang dilakukan untuk mempermudah proses pembuatan alat serta memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsi yang diharapkan. Pada tahap ini dilakukan analisis dan perancangan terhadap sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan notifikasi *Whatsapp*. Konsep perancangan sistem ini digambarkan melalui diagram blok yang dapat dilihat pada Gambar 3.2. Diagram tersebut menunjukkan hubungan antar komponen utama serta alur kerja sistem secara keseluruhan.



Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menjelaskan bagaimana setiap komponen saling terhubung untuk membentuk satu kesatuan sistem *monitoring* daya listrik. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, modul relay, LCD 20x4 I2C, dan *Whatsapp* API sebagai media pengiriman notifikasi. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk membaca nilai tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi listrik (kWh) dari beban di sekolah SMPN 3. Data hasil pembacaan tersebut dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 untuk diproses dan dianalisis.

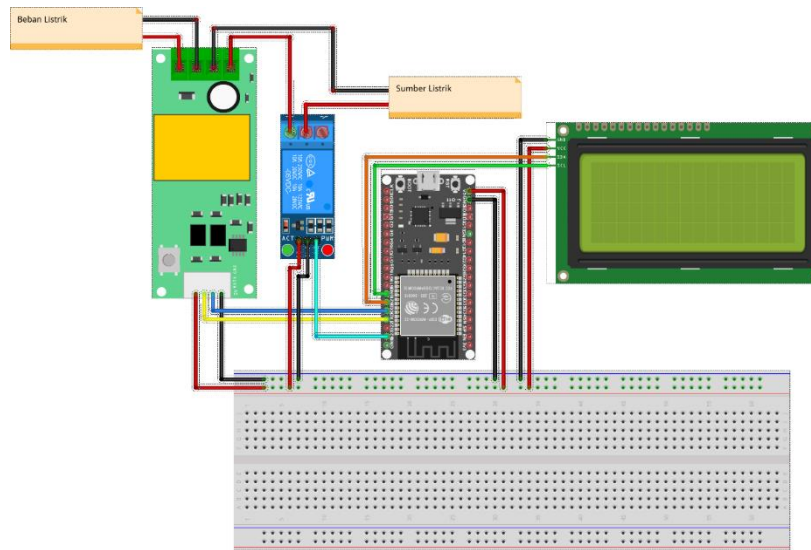
Mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali (*controller*) yang memproses data dari sensor dan menentukan kondisi sistem. Jika daya listrik

terdeteksi melebihi batas yang telah ditentukan, maka modul relay akan diaktifkan untuk memutus aliran listrik secara otomatis, sehingga mencegah terjadinya beban berlebih atau *korsleting*. Selain itu, data hasil pengukuran juga ditampilkan secara langsung melalui LCD 20x4, sehingga pengguna dapat memantau parameter listrik tanpa membuka aplikasi.

ESP32 yang terhubung ke jaringan *Wi-Fi* akan mengirimkan hasil *monitoring* ke *server* IoT dan secara bersamaan mengaktifkan layanan notifikasi *Whatsapp API*. Melalui integrasi ini, pengguna akan menerima pesan otomatis berisi informasi status konsumsi daya listrik, peringatan kelebihan beban, atau laporan harian energi listrik. Dengan demikian, pengguna dapat memantau kondisi listrik di sekolah dari jarak jauh secara *real-time*.

Secara keseluruhan, sistem ini dirancang agar dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan informatif, dengan dukungan teknologi IoT yang memungkinkan komunikasi dua arah antara perangkat dan pengguna melalui *platform Whatsapp*. Implementasi sistem ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam menghemat energi, meningkatkan keamanan listrik di sekolah SMPN 3, serta mempermudah pemantauan penggunaan daya listrik dari mana saja.

3.2.1 Skema Rangkaian Alat



Gambar 3. 3 Skema Rangkaian

Skema rangkaian alat ini menunjukkan hubungan antara komponen-komponen utama yang digunakan dalam sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan notifikasi *Whatsapp*. Sistem ini terdiri dari sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, modul relay, dan LCD 20x4 I2C sebagai komponen utama yang saling terhubung membentuk satu kesatuan sistem.

Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mendeteksi parameter kelistrikan seperti tegangan (volt), arus (ampere), daya (watt), dan energi (kWh) pada beban listrik di sekolah SMPN 3. Data hasil pengukuran dari sensor ini dikirimkan ke mikrokontroler ESP32 melalui jalur komunikasi *serial* (TX/RX) untuk diproses. Berdasarkan hasil pembacaan tersebut, mikrokontroler akan menampilkan informasi daya listrik secara *real-time* pada LCD 20x4, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi kelistrikan secara langsung pada alat.

Selain menampilkan data pada LCD, ESP32 juga mengontrol modul relay yang berfungsi sebagai pengaman sistem. Apabila daya listrik yang terdeteksi melebihi batas yang telah ditentukan, maka relay akan memutus aliran listrik secara

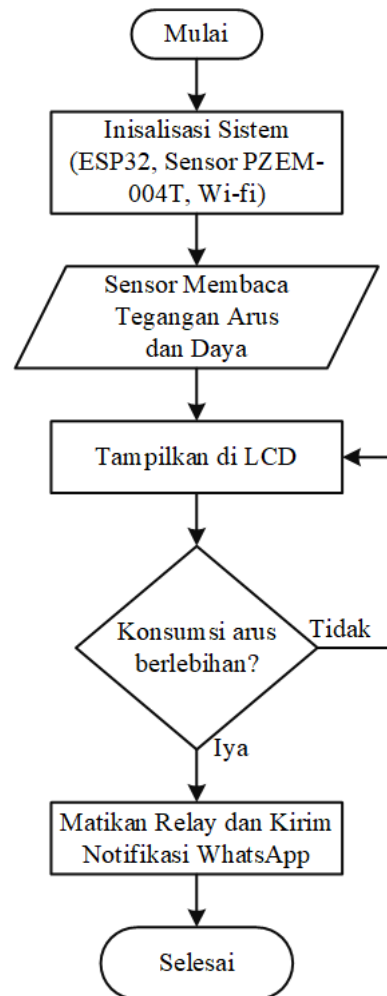
otomatis guna mencegah terjadinya kelebihan beban atau potensi *korsleting*. Sistem ini dirancang agar mampu bekerja secara mandiri tanpa campur tangan manual dari pengguna.

Lebih lanjut, ESP32 yang memiliki koneksi *Wi-Fi* akan mengirimkan data hasil pengukuran ke *platform* notifikasi *Whatsapp API*. Melalui integrasi ini, pengguna akan menerima pesan otomatis berupa informasi konsumsi daya, kondisi beban, maupun peringatan jika penggunaan listrik melebihi batas aman. Dengan demikian, pengguna dapat memantau dan mengontrol kondisi kelistrikan di sekolah secara jarak jauh dan *real-time* melalui *smartphone*.

Seluruh sistem didukung oleh catu daya 5V DC, yang disuplai menggunakan *adaptor eksternal* dan disesuaikan melalui *regulator internal* untuk memenuhi kebutuhan tegangan masing-masing komponen. Rangkaian ini dirancang agar stabil, aman, dan efisien, sehingga dapat diimplementasikan secara praktis dalam pemantauan dan pengendalian daya listrik di sekolah SMPN 3.

3.2.2 Flowchart Sistem

Untuk menjalankan sebuah sistem pada perangkat dan aplikasi, diperlukan sebuah diagram yang memudahkan pemahaman alur sistem, sesuai dengan alat yang telah disiapkan, dan akan dirakit berdasarkan perangkat yang tersedia. Berikut ini adalah diagram alur (*flowchart*) yang menggambarkan proses tersebut, seperti yang terlihat pada gambar 3.4 berikut:



Gambar 3. 4 Flowchart Sistem

Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 3.4, proses kerja sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis IoT dimulai dengan inisialisasi sistem, yang meliputi pengaktifan mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan koneksi Wi-Fi. Setelah sistem aktif, sensor PZEM-004T akan mulai membaca nilai tegangan, arus, serta daya listrik yang digunakan oleh beban di sekolah SMPN 3. Data hasil pembacaan tersebut kemudian ditampilkan pada LCD 20x4 secara *real-time* agar pengguna dapat memantau kondisi listrik secara langsung.

Selanjutnya, mikrokontroler akan melakukan analisis terhadap data daya listrik yang diterima. Jika sistem mendeteksi bahwa konsumsi daya listrik melebihi

batas ambang yang telah ditentukan, maka modul relay akan diaktifkan untuk memutus aliran listrik secara otomatis, sehingga mencegah terjadinya kelebihan beban atau kerusakan pada peralatan listrik. Pada saat yang sama, ESP32 akan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi *Whatsapp* kepada pengguna yang berisi informasi bahwa daya listrik telah melebihi batas aman dan sistem telah memutus aliran daya.

Sebaliknya, jika nilai daya masih berada dalam kondisi normal, sistem akan melanjutkan proses pemantauan secara berkelanjutan. Seluruh proses ini berlangsung secara otomatis dan berulang terus-menerus selama sistem aktif, sehingga pengguna dapat memperoleh informasi konsumsi daya listrik secara cepat, akurat, dan *real-time* melalui tampilan LCD maupun notifikasi *Whatsapp*.

3.3 Analisa Kebutuhan

Dalam merancang sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan notifikasi *Whatsapp*, diperlukan beberapa alat dan bahan agar sistem dapat bekerja dengan baik dan efisien. Analisis kebutuhan ini mencakup alat yang digunakan selama proses perancangan serta bahan yang menjadi komponen utama sistem.

A. Alat yang diperlukan

Adapun alat-alat yang akan digunakan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 1 Alat

NO	ALAT	JUMLAH
1	Laptop / PC	1
2	ESP32 DevKit Board	1
3	Kabel Data Micro USB	1
4	Multimeter Digital	1
5	Breadboard	1
6	Solder dan Timah	1 set
7	Adaptor 5V 2A	1
8	Obeng dan tang kombinasi	1 set

B. Bahan yang diperlukan

Adapun bahan yang akan digunakan pada perancangan ini adalah sebagai berikut:

Tabel 3. 2 Bahan

NO	BAHAN	JUMLAH
1	Mikrokontroler ESP32	1
2	Sensor PZEM-004T V3.0	1
3	LCD 20x4 I2C	1
4	Modul Relay 1 Channel 5V	1
5	Kabel <i>Jumper Male-Female</i>	Secukupnya
6	Breadboard	1
7	Resistor & kabel penghubung	Secukupnya
8	Modul <i>Whatsapp API (callmebot)</i>	1 Akun
9	Beban listrik uji coba	1

C. Tahapan Proses Sistem

1. Inisialisasi Sistem

- a. Mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, dan koneksi *Wi-Fi* diaktifkan.
- b. Sistem mempersiapkan komunikasi data antar perangkat (UART dan I2C).

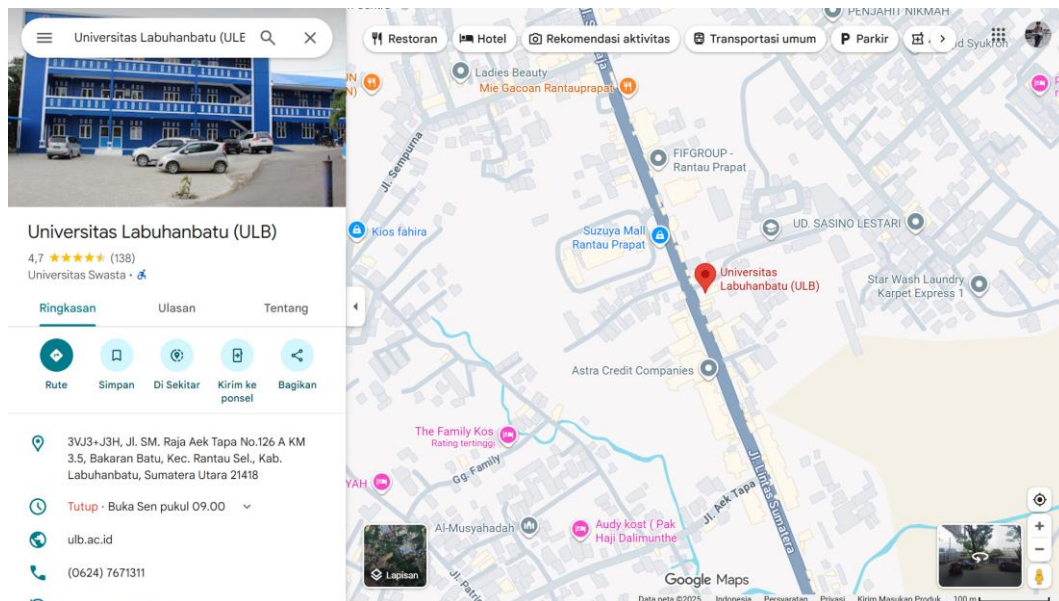
2. Pembacaan Data Sensor
 - a. Sensor PZEM-004T membaca parameter listrik berupa tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (kWh).
 - b. Data hasil pengukuran dikirim ke mikrokontroler ESP32 untuk diolah.
3. Pengolahan dan Pengambilan Keputusan
 - a. ESP32 menganalisis nilai daya dan membandingkannya dengan batas maksimum yang telah ditentukan.
 - b. Jika daya listrik melebihi ambang batas, maka relay akan aktif untuk memutus aliran listrik secara otomatis.
 - c. Jika daya normal, sistem tetap dalam mode pemantauan.
4. Pengiriman Data ke *Whatsapp*
 - a. Setelah pengolahan data, sistem mengirimkan notifikasi otomatis melalui *Whatsapp API* berisi informasi status daya listrik, kondisi beban, dan peringatan bila terjadi kelebihan daya.
 - b. Notifikasi dikirim ke nomor pengguna yang telah terdaftar di sistem.
5. *Looping* dan *Monitoring* Berkelanjutan
 - a. Sistem terus melakukan pembacaan sensor secara berkala (*looping*).
 - b. Proses *monitoring* dan pengiriman data berlangsung *real-time* selama alat beroperasi.
 - c. Jika sistem dimatikan atau koneksi Wi-Fi terputus, alat akan mencoba reconnect otomatis ke jaringan sebelum melanjutkan pembacaan data.

Dengan analisis kebutuhan ini, seluruh alat dan bahan yang digunakan dapat dirakit secara terstruktur dan efisien. Sistem diharapkan mampu bekerja secara otomatis dalam memantau konsumsi daya listrik, mengirimkan notifikasi *real-time*

melalui *Whatsapp*, serta membantu pengguna dalam mengendalikan penggunaan energi di sekolah tangga secara lebih aman dan cerdas.

3.4 Tempat dan Waktu

Rencana penelitian dan perancangan ini dilaksanakan pada bulan November 2024 sampai Februari 2026 di Universitas Labuhanbatu.



Gambar 3. 5 Tempat Penelitian

Tabel 3. 3 Jadwal Penelitian

NO	Tahapan Kegiatan	Tahun 2025		Tahun 2026	
		November	Desember	Januari	Februari
1	Mengumpulkan Data dan Informasi				
2	Merancang Desain Prototipe Awal				
3	Merakit dan Memprogram Komponen				
4	Implementasi Sistem				
5	Mengumpulkan Data untuk Bahan Evaluasi				

3.5 Implementasi

Setelah seluruh alat dan bahan terkumpul, langkah selanjutnya adalah melakukan implementasi dari sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan notifikasi *Whatsapp* yang telah dirancang. Pada tahap ini, rancangan sistem diwujudkan dalam bentuk perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara terintegrasi untuk memantau konsumsi daya listrik secara *real-time* dan memberikan notifikasi otomatis kepada pengguna.

Implementasi sistem dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu implementasi perangkat keras dan implementasi perangkat lunak.

3.5.1 Implementasi Perangkat Keras

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan merakit seluruh komponen fisik sesuai dengan skema rangkaian sistem yang telah dirancang. Komponen utama yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, modul relay, dan LCD 20x4 I2C. Langkah-langkah implementasi perangkat keras adalah sebagai berikut:

1. Pemasangan Sensor PZEM-004T

Hubungkan sensor PZEM-004T ke sumber listrik dan beban (misalnya lampu di sekolah) untuk mengukur tegangan, arus, daya, serta energi listrik. Sambungkan pin TX dan RX sensor ke pin GPIO16 (RX2) dan GPIO17 (TX2) pada ESP32. Pastikan jalur AC dan DC terpisah agar sistem aman digunakan.

2. Pemasangan Modul Relay

Hubungkan modul relay 1 channel ke pin GPIO25 pada ESP32. Relay berfungsi untuk memutus aliran listrik ketika daya melebihi batas yang ditentukan.

Jalur *input* relay dihubungkan ke sumber listrik (*fase*), sedangkan *output* relay terhubung ke beban uji.

3. Pemasangan LCD 20x4 I2C

Sambungkan pin SDA dan SCL LCD ke pin GPIO21 dan GPIO22 pada ESP32. LCD digunakan untuk menampilkan nilai tegangan, arus, daya, dan energi secara langsung kepada pengguna.

4. Koneksi Catu Daya Sistem

Gunakan *adaptor 5V DC* untuk memberi daya ke ESP32, sensor PZEM-004T, LCD, dan relay. Pastikan semua komponen memiliki *ground* bersama (*common GND*) agar komunikasi antarperangkat berjalan stabil.

5. Pemeriksaan Koneksi dan Pengujian Awal

Periksa seluruh sambungan kabel menggunakan *multimeter* untuk memastikan tidak ada koneksi yang terputus. Setelah itu, lakukan uji awal menggunakan *Arduino IDE Serial Monitor* untuk memastikan ESP32 dapat membaca data dari sensor PZEM-004T dengan benar.

3.5.2 Implementasi Perangkat Lunak

Implementasi perangkat lunak dilakukan dengan menulis program pada *Arduino IDE* untuk ESP32, serta mengintegrasikannya dengan *Whatsapp API* (seperti *CallMeBot*) agar sistem dapat mengirimkan notifikasi otomatis kepada pengguna. Langkah-langkah implementasi perangkat lunak sebagai berikut:

1. Persiapan *Whatsapp API*

Daftarkan nomor *Whatsapp* pengguna pada *platform API* (misalnya *CallMeBot*). Dapatkan *API key* dan *URL endpoint* untuk digunakan dalam program pengiriman pesan otomatis.

2. Peningstalan *Library Arduino*

Pasang *library* yang diperlukan melalui Arduino IDE, antara lain:

- a. PZEM004Tv30.h untuk komunikasi sensor daya,
- b. LiquidCrystal_I2C.h untuk tampilan LCD,
- c. WiFi.h dan HTTPClient.h untuk koneksi Wi-Fi dan komunikasi HTTP,
- d. ArduinoJson.h jika menggunakan format JSON untuk pengiriman data.

3. Pembuatan Program Utama

Tulis program utama yang berfungsi untuk:

- a. Menginisialisasi koneksi *Wi-Fi* dan sensor PZEM-004T,
- b. Membaca nilai tegangan, arus, daya, dan energi,
- c. Menampilkan data ke LCD,
- d. Melakukan perbandingan nilai daya terhadap ambang batas maksimum,
- e. Mengirimkan pesan *Whatsapp* otomatis berisi informasi status daya atau peringatan jika terjadi kelebihan beban.

4. *Upload Program* ke ESP32

Setelah program selesai ditulis, lakukan *upload* ke mikrokontroler ESP32 menggunakan Arduino IDE. Pastikan *port* dan *board* sudah terdeteksi dengan benar. Setelah diunggah, sistem akan langsung melakukan pembacaan sensor secara otomatis.

5. Pengujian Fungsional Sistem

Lakukan pengujian untuk memastikan bahwa data dari sensor PZEM-004T terbaca dengan benar di LCD dan dikirim ke *Whatsapp* sesuai kondisi aktual. Uji pula skenario kelebihan daya untuk memastikan relay aktif dan notifikasi terkirim secara otomatis ke pengguna.

6. *Monitoring* dan Evaluasi Sistem

Amati hasil pembacaan daya listrik dan pesan notifikasi yang diterima pengguna secara berkala. Pastikan sistem mampu beroperasi secara stabil, responsif, dan *real-time*. Jika ditemukan kesalahan, lakukan evaluasi dan perbaikan terhadap logika program maupun pengkabelan.

Dengan implementasi perangkat keras dan perangkat lunak tersebut, sistem *monitoring* daya listrik di sekolah berbasis IoT dengan notifikasi *Whatsapp* dapat bekerja secara terintegrasi. Sistem mampu menampilkan data kelistrikan secara *real-time* melalui LCD, serta mengirimkan peringatan otomatis kepada pengguna untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan penggunaan energi listrik di sekolah tangga.