

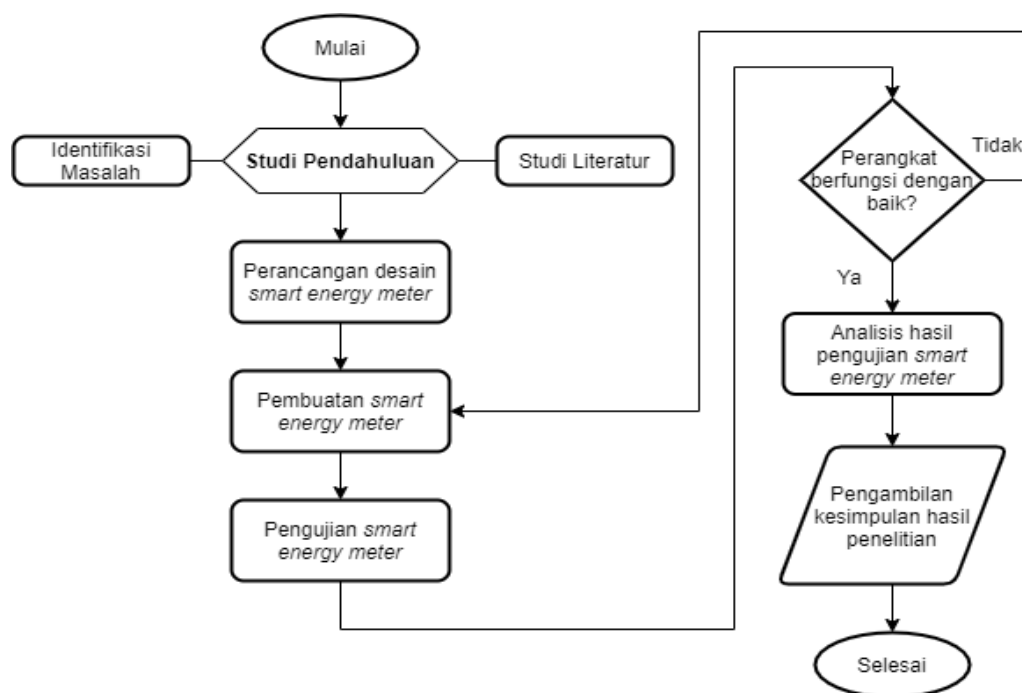
BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam tugas akhir ini menggunakan metode deskriptif dan eksperimental. Melalui metode deskriptif penulis membahas kajian literatur yang berkaitan dengan penelitian ini. Sedangkan untuk metode eksperimental penulis merancang dan membangun sistem *smart energy meter* berbasis *internet of things* dengan kemampuan membaca dan mengirim data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya secara *real time*; mengontrol dan memantau penggunaan energi listrik; mendeteksi tegangan abnormal; manajemen penggunaan energi listrik menggunakan *fuzzy logic controller* (FLC). Secara umum penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap yaitu studi pendahuluan, perancangan dan pembuatan, pengujian, dan pelaporan hasil penelitian.

3.2 Prosedur Penelitian

Flowchart menunjukkan tahapan dalam penelitian secara sistematis dari mulai studi pendahuluan sampai penyusunan laporan. *Flowchart* disajikan pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 *Flowchart* Penelitian

Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Berdasarkan gambar diatas dapat dilihat bahwa tahapan dalam penelitian dimulai dengan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi masalah dan mencari referensi penelitian serupa, setelah cukup mendapatkan referensi selanjutnya yaitu proses perancangan dan pembuatan *smart energy meter*. Setelah proses perancangan dan pembuatan selesai, pengujian perangkat dilakukan untuk menguji apakah perangkat dapat berfungsi dengan baik. Apabila perangkat masih belum dapat berfungsi dengan baik, dilakukan langkah pembuatan kembali perangkat. Langkah selanjutnya, menganalisis hasil pengujian perangkat dan langkah terakhir merupakan pengambilan kesimpulan hasil penelitian.

3.2.1 Studi Pendahuluan

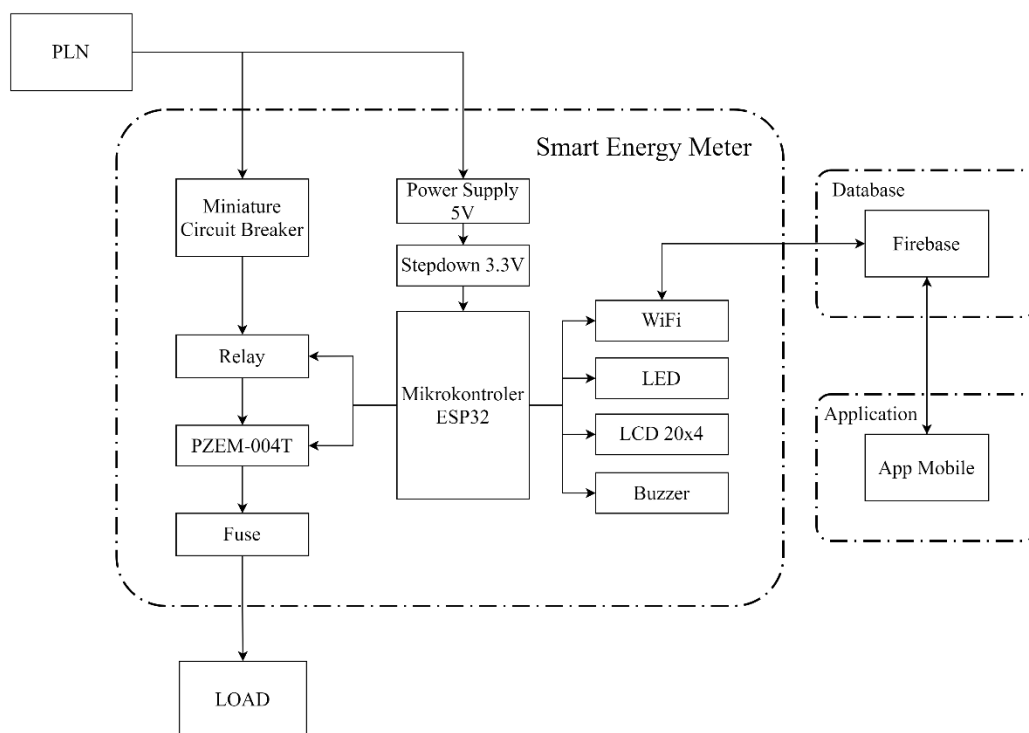
Pada tahap ini penulis melakukan studi pendahuluan untuk mengidentifikasi masalah dan mencari referensi pendukung penelitian. Sumber referensi yang digunakan adalah jurnal-jurnal penelitian yang berasal dari IEEE, IOP, *ScienceDirect*, dan jurnal penelitian nasional.

3.2.2 Perancangan dan Pembuatan *Smart Energy Meter*

Berdasarkan hasil studi pendahuluan, peneliti merancang sebuah perangkat manajemen penggunaan energi listrik yang terintegrasi berbagai komponen untuk dapat membaca dan mengirim data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya secara *real time*, mendeteksi jumlah konsumsi energi listrik, mengontrol *switch* on/off beban listrik, menghitung jumlah pemakaian, pendeteksi tegangan abnormal pada konsumen, dan manajemen penggunaan energi listrik menggunakan *fuzzy logic controller* (FLC).

3.2.2.1 Diagram Blok Alat

Diagram blok alat *smart energy meter* disajikan pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Diagram Blok Alat

Sistem dibagi menjadi 3 bagian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 3.2. bagian *smart energy meter* merupakan bagian yang berisikan perangkat SEM yang diletakkan antara sumber listrik dan beban pada konsumen. SEM memiliki komponen utama yaitu esp32 sebagai *data processing*; LCD, relay, dan buzzer sebagai *output*, dan PZEM sebagai *input*. SEM berfungsi untuk membaca dan mengirim data hasil pengukuran tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya secara *real time*; mengontrol dan memantau penggunaan energi listrik; mendeteksi tegangan abnormal; manajemen penggunaan energi listrik menggunakan *fuzzy logic controller* (FLC). Selain itu, bagian SEM berfungsi pula sebagai pengirim data penggunaan energi listrik ke *database*. Bagian *database* merupakan bagian yang berfungsi sebagai pusat penyimpanan data. *Database* yang digunakan pada pembuatan SEM ini adalah mysql. Bagian *application* merupakan bagian yang berfungsi sebagai pusat manajemen penggunaan energi listrik. Pada bagian *application*, penulis menggunakan aplikasi android yang terintegrasi dengan device SEM.

Wahyudin, 2021

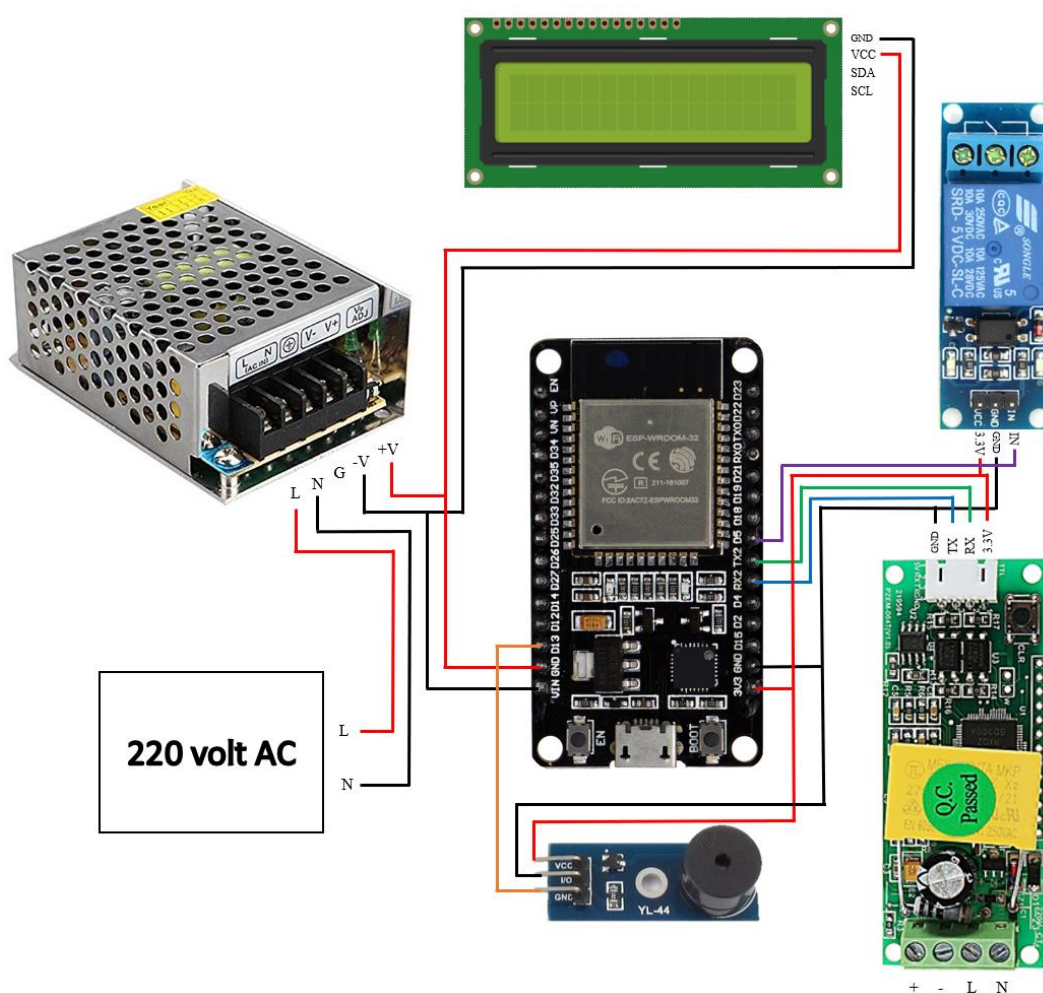
RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.2.2.2 Perancangan Hardware

Perancangan dan pembuatan *hardware* terbagi menjadi 3 yaitu, perancangan *layout PCB smart energy meter* menggunakan *software* Eagle 9.6.1, perancangan diagram pengawatan menggunakan *software* ms. visio 2013, dan Perancangan rangkaian menggunakan *software* Fritzing.

Komponen yang digunakan dalam pembuatan SEM adalah power supply 220 VAC to 5 VDC 3 ampere, step down 5V to 3V 5 ampere, mikrokontroler esp32, relay 3.3V, LCD I2C, buzzer, dan PZEM-004T. Perancangan rangkaian disajikan pada gambar 3.3 berikut:

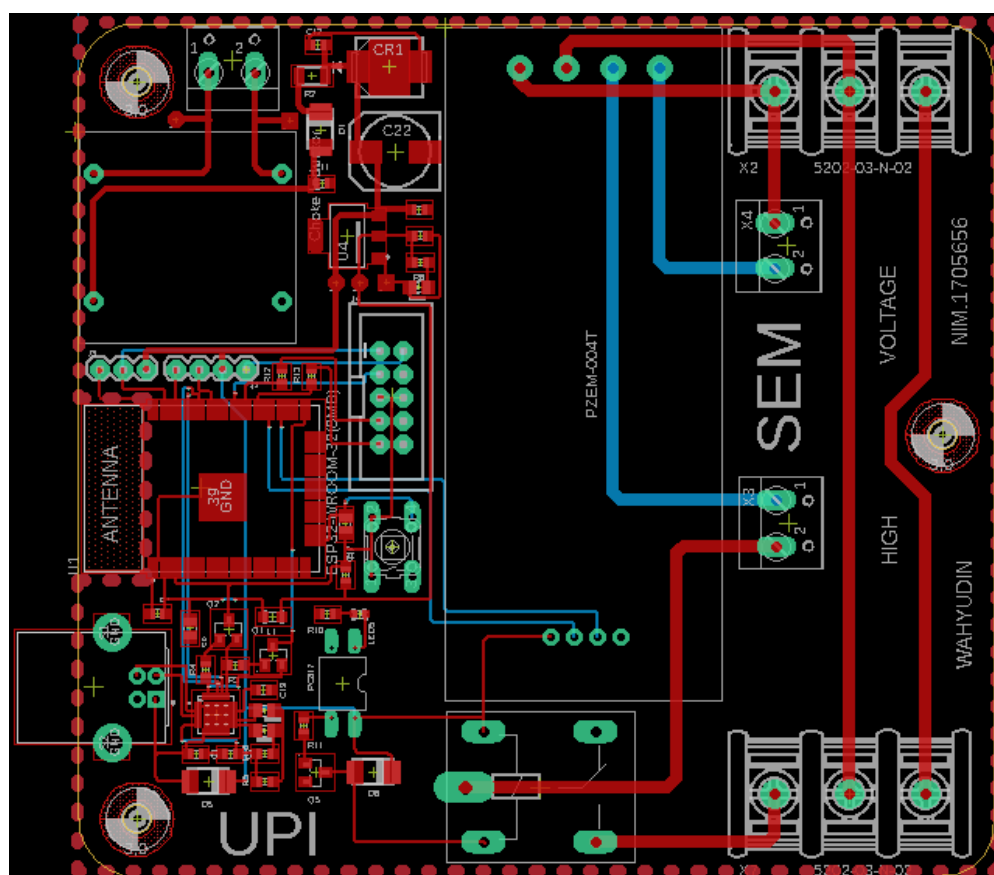


Gambar 3.3 Rangkaian *Smart Energy Meter*

Wahyudin, 2021

RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada perancangan pembuatan *layout* PCB, penulis merancang pembuatan PCB dengan menggunakan rangkaian *Emi Filter* untuk mengantisipasi terjadinya gangguan elektromagnetik, *step down 5V to 3.3V* untuk menurunkan tegangan dari 5V ke 3.3 V, sistem minimum mikrokontroler esp32 untuk mengontrol pengoperasian *smart energy meter*, *relay active 3.3V* untuk *switch on/off* arus ke beban, *liquid crystal display I2C* untuk menampilkan hasil pembacaan sensor, buzzer untuk indikator suara, dan PZEM-004T untuk membaca nilai tegangan, arus, daya, energi, dan factor daya dari beban. Perancangan *layout* PCB dibuat dengan model *double layer* dengan ukuran 10 cm x 10 cm. *Layout* PCB dapat dilihat di gambar 3.4 berikut:



Gambar 3.4 *Layout* PCB *Smart Energy Meter*

Setelah *layout* PCB dicetak dan dilubangi, kemudian masuk ke tahap perakitan komponen dan penyolderan.

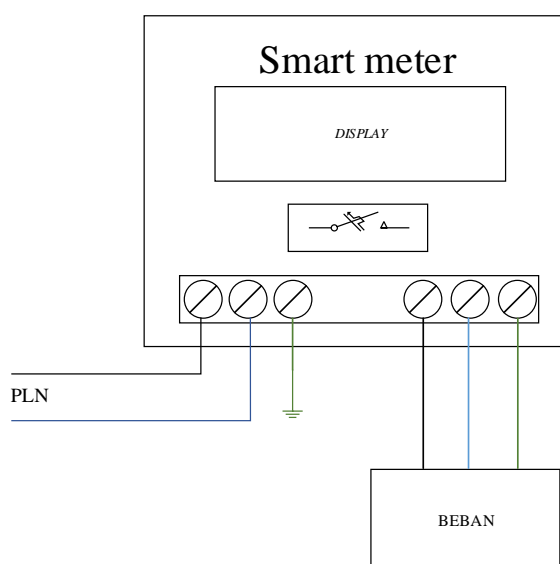
Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

1. Perancangan dan Pembuatan Rangkaian Pengawatan

Rangkaian pengawatan SEM dibuat pada sebuah papan berukuran 100 cm x 80 cm dan terdiri dari PCB *smart energy meter* 1 fasa, MCB 6A, fuse dan terminal blok. Rangkaian pengawatan berfungsi untuk pedoman penggunaan instalasi smart meter. Diagram pengawatan smart meter disajikan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram Pengawatan *Smart Energy Meter*

2. Spesifikasi Alat

Pada tabel 3.1 disajikan spesifikasi *device* pada *smart energy meter* yang terdiri dari komponen dan deskripsi. Spesifikasi alat pada *smart energy meter* berbasis *Internet of Things* adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Alat

No	Komponen	Deskripsi
1	Power Supply 220 VAC to 5 VDC	Input: AC 110/220 \pm 15%
		Output: DC 5V 5A \pm 10%
		Ukuran: 86 x 58 x 34 mm
2	ESP32 WROOM DEVKIT V1	Tegangan operasi: 3.3V
		Tegangan Masukan: 7-12 V
		Pin Digital: 25 pin
		Pin Analog: 8 pin
		Resolusi ADC 12-bit

Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

		UART: 3 buah
3	PZEM-004T	Tegangan Kerja: 100-240 VAC
		Frekuensi Kerja: 45-65Hz
		Rating Daya: 22000W
		Maks Arus Kerja: 100A
4	LCD 20x4	Tegangan Kerja: 5VDC
		<i>Backlight</i> : Ada
		Jumlah Karakter: 20
		Jumlah Baris: 4
5	Relay Active 5VDC SPDT	Tegangan Kerja: 5VDC
		Tegangan Beban: 125-250 VAC
		Arus Beban: 10 A
		Dimensi: 19 x 15.5 x 15 mm
6	Buzzer	Tegangan Operasi: 3-24 VDC
		Arus Beban: < 30mA
		Keluaran Suara: > 90dB
		Dimensi: 2.8 x 1.5 cm
7	MCB	6 A
8	Fuse	6 A
9	Daya Terpasang	1300 VA

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa smart meter ini diperuntukkan untuk pelanggan golongan R-1/TR Rumah tangga kecil dengan daya nominal 1300 VA.

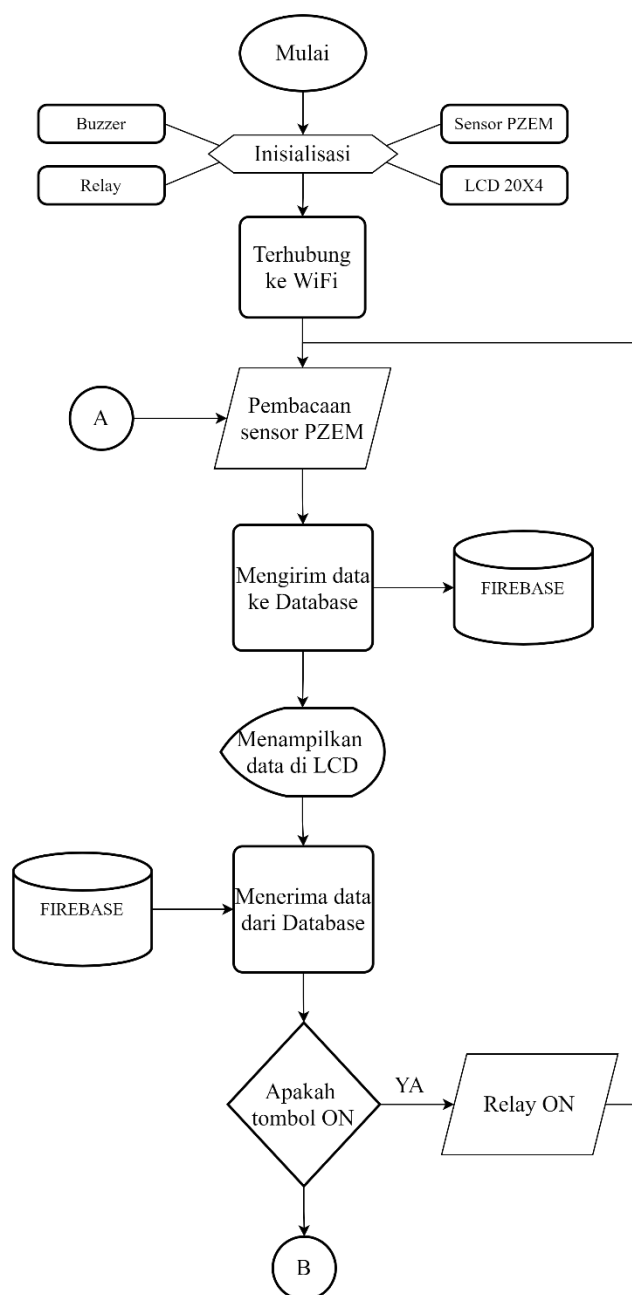
3.2.2.3 Perancangan *Software*

Proses perancangan dan pembuatan perangkat lunak terdiri dari tiga bagian, yaitu perancangan dan pembuatan algoritma *fuzzy logic controller* (FLC) menggunakan *software* Arduino IDE; perancangan dan pemrograman mikrokontroler ESP32 menggunakan *software* Arduino IDE; dan perancangan dan pembuatan aplikasi android menggunakan *software* Android Studio.

3. Perancangan dan pemrograman mikrokontroler

Proses perancangan dan pembuatan program mikrokontroler ESP32 menggunakan software Arduino IDE. Pin pada ESP32 yang digunakan untuk pengiriman dan pembacaan sensor PZEM-004T adalah pin TX1 dan RX1. PZEM-004T merupakan salah satu sensor yang menggunakan komunikasi serial, jadi harus menggunakan pin TX dan RX pada mikrokontroler. Pin yang digunakan untuk menampilkan data pada LCD adalah SDA dan SCL.

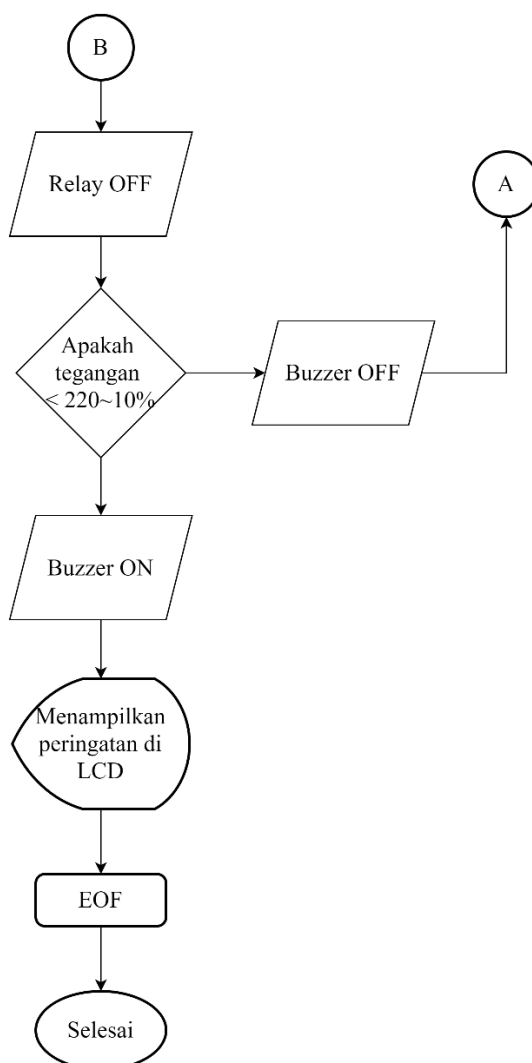
Diagram alir pemrograman mikrokontroler disajikan pada gambar 3.6.



Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



Gambar 3.6 *Flowchart* pemrograman mikrokontroler

Berdasarkan gambar *flowchart* diatas dapat dilihat alir pemrograman mikrokontroler di mulai dengan mendeklarasikan PZEM, LCD, buzzer, relay, dan *user id* WiFi. Langkah selanjutnya, smart energy meter akan terhubung dengan *user id* WiFi yang telah di deklarasikan. SEM akan melakukan pembacaan data tegangan, arus, daya, energi, dan faktor daya pada sensor PZEM kemudian akan mengirimkan data tersebut ke database dan menampilkannya di LCD. Berikutnya SEM akan menerima data kontrol relay dari database, jika tombol ON maka relay akan *active*, akan tetapi jika tombol OFF maka relay *not-active*. Kemudian SEM akan mendeteksi apakah tegangan pada pelanggan normal, apabila normal buzzer indikator tidak akan menyala, akan tetapi jika tidak normal maka buzzer indikator akan berbunyi dan menampilkan peringatan di LCD.

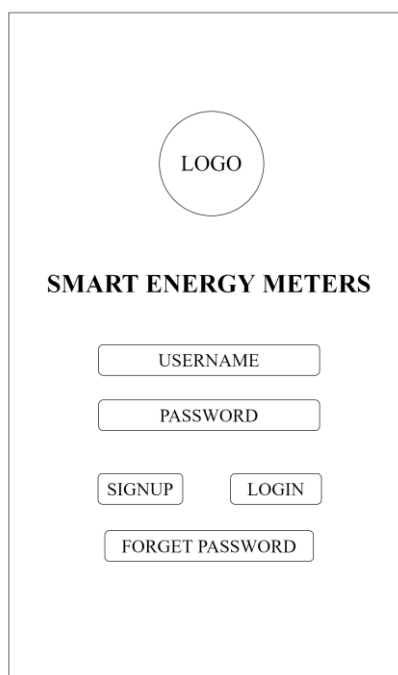
Wahyudin, 2021

RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

4. Perancangan dan Pembuatan Aplikasi Android

Aplikasi android pada SEM berfungsi untuk mengontrol dan memantau penggunaan energi listrik berbasis *internet of things* menggunakan metode fuzzy logic. Perancangan aplikasi android ini dibuat menggunakan software draw.io dan untuk pembuatannya akan menggunakan software android studio. Pembuatan *front end* pada aplikasi disesuaikan dengan kebutuhan dan fungsinya. Pada gambar 3.7 disajikan tampilan Login dari aplikasi android SEM.



Gambar 3.7 Tampilan Login

Berdasarkan gambar 3.7 dapat diketahui bahwa tampilan awal pada aplikasi android SEM adalah tampilan login. Pada tampilan login ini terdapat logo dan tulisan SEM sebagai identitas dan pembeda dengan aplikasi android lainnya, terdapat dua *textview* yang berisikan *USERNAME* dan *PASSWORD*, tombol SIGN UP untuk mendaftar akun baru, tombol LOGIN untuk masuk ke dashboard utama jika sudah memiliki akun, dan tombol FORGET PASSWORD untuk mendapatkan *password* yang baru jika terjadi lupa *password* yang lama. Jika pengguna belum mempunyai akun, maka bisa menekan tombol SIGN UP untuk masuk ke tampilan SIGN UP berikut ini.

Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

REGISTRATION

USER ID

FULL NAME

EMAIL

NUMBER PHONE

PASSWORD

CONFIRM PASSWORD

SIGNUP

Gambar 3.8 Tampilan SIGN UP

Pada tampilan *sign up* ini terdapat terdapat enam *textview* yang berisikan *USER ID*, *FULL NAME*, *EMAIL*, *NUMBER PHONE*, *PASSWORD* dan *COMFIRM PASSWORD* sebagai identitas dari pengguna. Kemudian terdapat satu tombol *SIGN UP* untuk mendaftar akun baru. Jika aku sudah berhasil dibuat, maka pengguna akan masuk kedalam tampilan *Home* berikut ini.

A

SMART ENERGY METERS

REMAINING ENERGY ENERGY USED

1.09 kWh 0.01 kWh

VIEW GRAPH

MONITORING

VOLTAGE CURRENT

1.09 kWh 1.09 kWh

POWER ENERGY

1.09 kWh 1.09 kWh

POWER FACTOR

1.09 kWh

CONTROL HOME DATA

Wahyudin, 2021

**RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK
RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3.9 Tampilan Home

Pada tampilan *home* terdapat terdapat tujuh *textview* yang berisikan *REMAINING ENERGY* berfungsi untuk menampilkan jumlah energi yang tersisa, *ENERGY USED* berfungsi untuk menampilkan jumlah energi yang telah terpakai, *VOLTAGE* berfungsi untuk menampilkan tegangan yang di supply oleh PLN, *CURRENT* berfungsi untuk menampilkan arus yang digunakan oleh beban, *POWER* berfungsi untuk menampilkan daya yang telah digunakan oleh beban, *ENERGY* berfungsi untuk menampilkan energi yang digunakan oleh beban, dan *POWER FACTOR* berfungsi untuk menampilkan *power factor* dari beban yang digunakan. sebagai identitas dari pengguna. Kemudian terdapat satu tombol SIGN UP untuk mendaftar akun baru. Jika aku sudah berhasil dibuat, maka pengguna akan masuk kedalam tampilan *Home* berikut ini. Selain itu, terdapat 4 tombol yaitu *VIEW GRAPH* berfungsi untuk menampilkan grafik dari jumlah energi yang digunakan per satuan waktu, *CONTROL* berfungsi untuk mengontrol parameter-parameter tertentu dari *device SEM*, *HOME* berfungsi sebagai tampilan utama dari aplikasi android SEM, dan *DATA* berfungsi untuk melihat jumlah data energi yang telah digunakan. Berikut adalah tampilan *CONTROL* yang telah dibuat.

CONTROL		
TURN ON DEVICE	TURN OFF DEVICE	
<input type="button" value="BUTTON ON"/>	<input type="button" value="BUTTON OFF"/>	
WIFI ID	WIFI PASSWORD	
<input type="text" value="-----"/>	<input type="password" value="*****"/>	
SEND DATA	MAKS ENERGY/DAY	
<input type="button" value="5 MINUTE"/>	<input type="button" value="4 kWh"/>	
CONTROL	HOME	DATA

Gambar 3.10 Tampilan Control

Wahyudin, 2021

RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Pada tampilan *control* terdapat empat *textview* yang berisikan *WIFI ID* berfungsi untuk mengganti WiFi id yang telah diprogram di *device SEM*, *WIFI PASSWORD* berfungsi untuk mengganti *WiFi password* yang telah diprogram di *device SEM*, *SEND DATA* berfungsi untuk mengatur waktu kirim data yang akan dikirim ke database aplikasi android SEM, dan *MAKS ENERGY/DAY* berfungsi untuk mengatur jumlah penggunaan energi listrik selama satu hari menggunakan metode fuzzy logic. Selain itu, terdapat 2 tombol yaitu *TURN ON DEVICE* berfungsi untuk mematikan aliran listrik ke rumah, dan *TRUN OFF DEVICE* berfungsi untuk menghidupkan aliran listrik ke rumah.

Tampilan Berikutnya adalah tampilan *DATA* yang menampilkan data penggunaan energi listrik yang telah diperoleh dari *device SEM*. Pada tampilan data terdapat *textview* yang berisikan *USAGE DATA* berfungsi untuk menampilkan data yang di peroleh dari SEM. Berikut adalah tampilan *DATA* yang telah dibuat.



Gambar 3.11 Tampilan Data

3.3 Pengujian Alat

Pengujian alat bertujuan untuk membuktikan hasil perancangan dan pembuatan alat berfungsi sesuai dengan tujuan pembuatan alat. Langkah-langkah pengujian alat adalah sebagai berikut.

Wahyudin, 2021

RANCANG BANGUN SMART ENERGY METER UNTUK MANAJEMEN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.3.1 Pengujian Fungsi Alat dan Aplikasi Android

Pengujian fungsi alat terbagi menjadi 2 yaitu pengujian fungsi pada alat dan aplikasi android melalui perangkat *internet of things*. Pengujian alat meliputi pengujian *power supply*, sensor, dan aktuator. Pengujian fungsi pada aplikasi android adalah pengujian data yang diterima oleh aplikasi android SEM dari *device* SEM.

1. Pengujian *power supply* dilakukan dengan cara mengukur tegangan menggunakan multimeter pada komponen utama pada perangkat antara lain, power supply AC to DC 5 V, ESP32, Relay, LCD, buzzer dan sensor PZEM-004T. Pengujian fungsi sensor PZEM-004T dengan cara melihat hasil pembacaan sensor PZEM-004T di serial monitor. Pengujian aktuator dengan dilakukan pengukuran pada *output* relay pada saat diberikan *logic* 1 (HIGH) dan *logic* 0 (LOW) dengan menggunakan multimeter.
2. Pengujian aplikasi SEM terbagi menjadi 2 bagian. Bagian pertama dengan cara membandingkan data yang dikirim oleh SEM dengan data yang diterima oleh aplikasi SEM. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai yang muncul di serial monitor dengan nilai yang muncul di aplikasi SEM. Bagian kedua dengan cara melakukan fungsi kontrol mematikan dan menghidupkan beban listrik rumah tangga menggunakan aplikasi SEM. Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan *output* menuju beban listrik rumah tangga menggunakan multimeter.

3.3.2 Langkah-Langkah Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor merupakan suatu proses pengaturan dan penyesuaian nilai pembacaan sensor dan membandingkan hasil pembacaan sensor PZEM-004T dengan multimeter yang telah dikalibrasi sebelumnya. Pada proses kalibrasi diperlukan beberapa peralatan diantaranya tang ampere merk kyoritsu, beban listrik dengan daya yang berbeda-beda. Beban listrik yang digunakan adalah lampu (15W), *hairdryer* (500W), magic com (Cook 300W ~ Warm 35W), solder uap (solder 60W ~ blower 650W).

Langkah-langkah untuk mengkalibrasi sensor adalah dengan mengukur tegangan dan arus beban dengan multimeter digital. Kemudian dicatat dan dihitung

selisih pembacaan sensor dengan multimeter digital. Langkah tersebut dilakukan berulang kali dengan beban yang berbeda-beda.

3.3.2 Pengujian Fuzzy Logic

Pengujian *fuzzy logic controller* (FLC) merupakan proses pengujian yang dilakukan untuk mengetahui apakah algoritma pemrograman *fuzzy logic controller* (FLC) pada *device* SEM berjalan dengan baik. Pengujian ini dilakukan dengan cara membandingkan *output* kendali dari *device* SEM dengan aplikasi SEM. *Fuzzy logic controller* (FLC) melihat perbandingan penggunaan energi terhadap waktu dari maksimum penggunaan energi harian yang telah diatur di aplikasi SEM.

3.4 Analisis

Data yang didapat dari proses pengujian di analisis berdasarkan kajian literatur yang telah digunakan. Analisis dideskripsikan dalam bentuk alasan - alasan yang bersifat ilmiah.

3.5 Pelaporan Hasil Penelitian

Tahap Akhir dari penelitian ini adalah pengambilan kesimpulan berdasarkan tujuan, rumusan masalah, serta pembahasan dari perangkat yang telah dibuat.