

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM

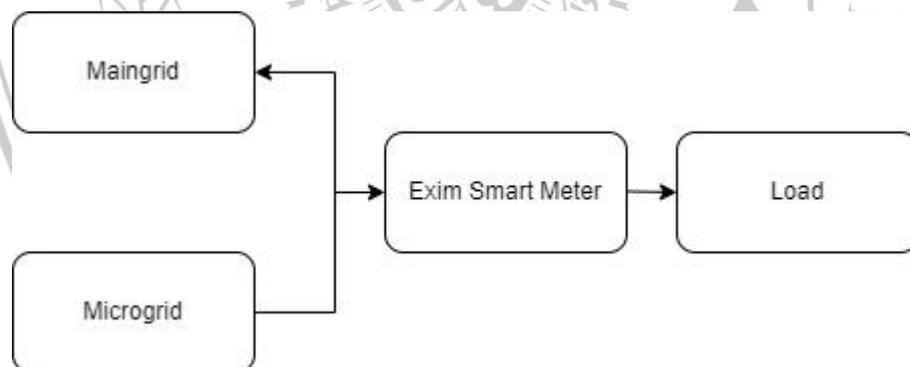
### 3.1 Perancangan Sistem

#### 3.1.1 Penjabaran Level Sistem

Penjabaran level sistem adalah proses memecah sistem hardware dan software menjadi bagian tahapan yang lebih kecil atau lebih rinci, yang disebut level, untuk memahami dan mengelola sistem dengan lebih baik. Penjabaran level sistem membantu mengidentifikasi dan memahami bagian-bagian penting dari sistem yang saling terhubung dan berinteraksi antara sistem satu dengan yang lainnya untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

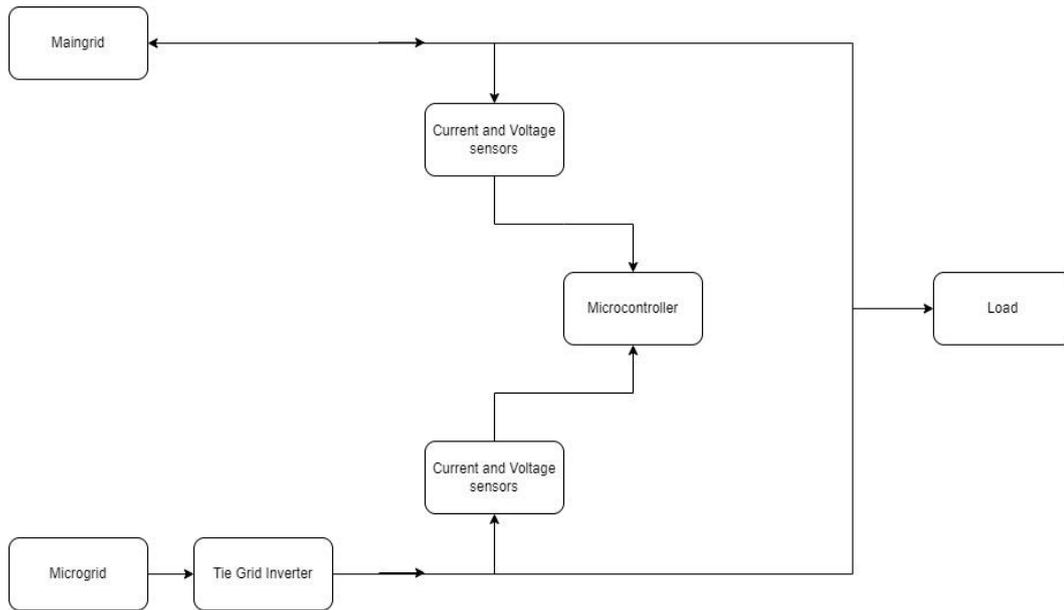
#### 3.1.2 Sistem Level 0

Pada produk exim smart meter untuk softintegrated *maingrid* dan *microgrid* berbasis esp8266 terdapat penjabaran sistem level yang dilakukan dengan menggunakan data flow diagram (DFD). Sistem ini memerlukan masukan dari pengguna untuk menyalakan dan mematikan system, dan juga memerlukan sumber daya untuk menjalankan proses seperti pengambilan data dari sensor. Dimana nilai output dari sensor akan dikirim dan disimpan ke database.



Gambar 3.1 Data Flow Diagram Sistem Level 0

### 3.1.3 Sistem Level 1



Gambar 3.2 Data Flow Diagram Sistem Level 1

#### 3.1.3.1 Masukan (*Input*)

Input data supply energi dari *maingrid* dalam bentuk AC dan juga supply energi dari *microgrid* dalam bentuk DC yang akan diubah ke bentuk AC melalui inverter dimana inverter ini yang akan mengubah sumber energi DC menjadi AC sehingga sistem ini tidak terjadi korleting listrik. Ketika sudah dapat supply dari *maingrid* dan *microgrid* akan terhubung ke sensor untuk mendeteksi parameter listrik seperti arus, tegangan, daya, frekuensi dan power factor dengan beban yang sudah terhubung. Data dari sensor yang digunakan sebagai data primer.

#### 3.1.3.2 Proses (*Process*)

Proses dalam sistem ini yaitu melalui ESP8266 yang telah dihubungkan dengan kedua sensor PZEM004 yang masing-masing terhubung dengan 2 sumber yaitu *maingrid* dan *microgrid*. Setelah mendapatkan data dari sensor, kemudian akan melakukan proses pengambilan data dan akan mengirimkannya ke database melalui koneksi WiFi.

#### 3.1.3.3 Keluaran (*Output*)

Hasil atau keluaran sistem ini akan berupa data table yang dibagi menjadi beberapa bagian sesuai dengan program yang di input di Arduino IDE. Pada database MySQL data yang disimpan adalah waktu, sumber energi, sumber ID, arus, tegangan, daya, frekuensi dan power factor yang mana data table

yang telah tersimpan pada *database* tersebut dapat di *export* menggunakan file csv.

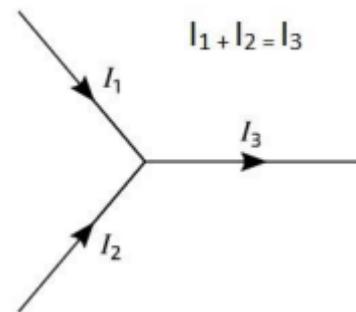
### 3.2 Pendahuluan Metode

Pengembangan Exim Smart meter menerapkan metode hukum kirchoff dan gerbang logika. Berikut penjabaran dari metode yang digunakan dalam menjalankan program sistem exim smart meter:

#### 3.2.1 Metode Hukum Kirchoff

Rangkaian Kirchoff merupakan prinsip kerja yang digunakan *Smart meter* untuk menggabungkan dua sumber energi listrik AC dan DC pada satu beban. Pada rangkaian ini terdapat sumber 1 *maingrid* (PLN) dan sumber 2 *microgrid* (*renewable energy*), dengan mengikuti Hukum Rangkaian Kirchoff 1 yang menyatakan jumlah arus listrik yang masuk melalui titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan jumlah arus yang keluar[10], *Smart meter* dapat mendistribusikan 2 sumber pada waktu bersamaan, sekaligus dapat mendeteksi dan menghitung aliran daya dari tiap sumber menggunakan prinsip Khirchof I ini. Secara umum rumus hukum Kirchoff 1 dapat dituliskan sebagai berikut.

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$$



Gambar 3.3 Rangkaian Hukum Kirchoff

Berdasarkan gambar pada rangkaian diatas hukum kirchoff berbunyi:

1. Hukum Kirchoff 1

“Jumlah arus listrik yang masuk ditiap titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan jumlah arus yang keluar melalui titik percabangan tersebut” Umumnya rumus hukum Kirchoff 1 dijabarkan sebagai berikut:

$$\sum I \text{ masuk} = \sum I \text{ keluar}$$

## 2. Hukum Kirchoff 2

“Pada setiap rangkaian tertutup, jumlah beda potensialnya wajib sama dengan nol”. Hukum Kirchoff 2 juga dinamakan hukum simpal (*loop rule*), sebab beda potensial di tiap dua titik percabangan dalam satu rangkaian saat keadaan tunak ialah konstan”

Dimana :

- Imasuk : Arus yang masuk
- Ikeluar : Arus yang keluar
- I1 : Arus yang dari *maingrid*
- I2 : Arus yang dari *microgrid*
- I3 : Arus yang keluar atau arus ke beban

### 3.2.2 Metode Gerbang Logika

Gerbang Logika merupakan pemrosesan *input* bilangan biner menggunakan teori matematika boolean [11]. Gerbang logika yang digunakan pada penelitian ini yaitu Gerbang logika OR, prinsip dari Gerbang logika OR untuk *Smart meter* yaitu dua inputan daya listrik. Bilangan biner terdiri dari angka 1 dan 0. Gerbang logika pada *Smart meter* ini dijabarkan menggunakan tabel kebenaran yaitu:

Tabel 3.1 Gerbang Logika

I1	I2	I3	Biner	Keterangan
0	0	0	000	Tidak aktif
1	0	0	100	Aktif
1	0	1	101	<i>Import</i>
1	1	0	110	I-E
1	1	1	111	Aktif

Berdasarkan tabel diatas dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### a. Biner 000

Tidak ada arus atau tegangan yang mengalir di setiap cabang. Jadi, *exim smart meter* tidak bisa berfungsi dengan baik. Artinya, *exim smart meter* dalam keadaan off atau belum bisa digunakan.

#### b. Biner 100

Sumber listrik dari *maingrid* (I1) aktif (bernilai 1), *microgrid* (I2) tidak aktif (bernilai 0), dan tidak ada arus yang mengalir ke beban (I3). Jadi, *Smart meter* aktif tapi tidak ada konsumsi atau produksi listrik yang terjadi (import/export).

c. Biner 101

Sumber listrik dari *maingrid* (I1) aktif (bernilai 1), *microgrid* (I2) tidak aktif (bernilai 0), tapi ada arus yang mengalir ke beban (I3) yang berarti beban sedang menggunakan listrik dari *maingrid*. Jadi, *exim smart meter* sedang mengimpor listrik (konsumsi).

d. Biner 110

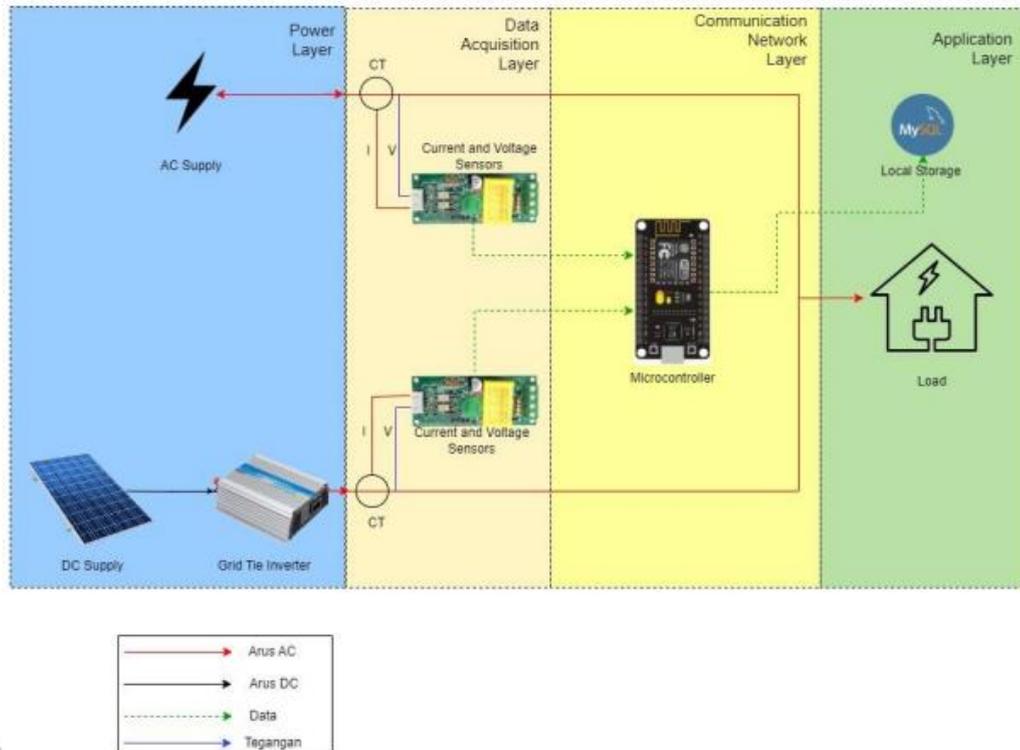
Sumber listrik dari *maingrid* (I1) dan *microgrid* (I2) aktif (bernilai 1), tapi tidak ada arus yang mengalir ke beban (I3). Jadi, *exim smart meter* aktif tapi belum ada konsumsi listrik yang terjadi (import/export). Pada kondisi ini sistem bisa melakukan import karena sumber *maingrid* sedang memproduksi dan juga bisa melakukan ekspor karena *microgrid* juga sedang produksi energi di mana energi yang diproduksi ini bisa disimpan serta di ekspor ke *maingrid* untuk dijual tanpa adanya konsumsi dari beban.

e. Biner 111

Sumber listrik dari *maingrid* (I1), *microgrid* (I2), dan beban (I3) semuanya aktif (bernilai 1). Artinya, listrik sedang aktif dan digunakan (import).

### 3.3 Desain Sistem

Menggambarakan proses kerja secara keseluruhan. Di dalam sub-bab ini juga terdapat diagram alir dari proses sistem yang diusulkan. Proses diagram alir harus dilengkapi dengan keterangan fungsi dari masing-masing elemen. Gambar 3.3 dan gambar 3.4 merupakan contoh dari proses kerja suatu usulan secara keseluruhan.



Gambar 3.3 Desain Sistem Keseluruhan Exim Smart Meter

Keterangan:

1. PLN dan *Solar Cell* sebagai sumber energi.
2. *Inverter Tie Grid* mengubah tegangan DC menjadi AC dan sebagai integrasi antara *maingrid* dan *microgrid*
3. *Current transformer* (CT) berfungsi untuk mengukur arus listrik yang mengalir melalui konduktor tanpa memutus sirkuit listrik
4. Sensor Arus dan Sensor Tegangan: Sensor tegangan dan sensor arus menjadi masukan yang akan diproses di dalam mikrokontroler.
5. ESP8266 untuk mengontrol sensor PZEM004T yang membaca tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan *power factor*
6. Local database MySQL untuk menyimpan data yang dapat dipantau secara realtime.

Desain *export import Smart meter* ini terbagi menjadi 4 layer yaitu *power layer*, *data acquisition layer*, *communication network layer* dan *application layer*. Layer pada desain *export import smart meter* ini dijelaskan sebagai berikut:

a. *Power layer.*

*Power layer* mencakup sumber energi yang men-supply beban berupa *maingrid* dan *microgrid*. *Maingrid* disini berasal dari PLN dan *Microgrid* berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

b. *Data Acquisition layer.*

*Data acquisition layer* ini bertujuan untuk mengakuisisi atau mengumpulkan data konsumsi energi, tegangan dan arus yang mengalir pada *maingrid* maupun *microgrid*. Pada layer ini komponen yang digunakan adalah sensor PZM004T yang nantinya menjadi alat ukur arus dan tegangan.

c. *Communication network.*

*Communication Network Layer* mencakup mikrokontroler ESP8266 yang digunakan untuk menerima data dari sensor dan mengirimkannya menuju *cloud storage*. *Communication Network Layer* memungkinkan pengumpulan dan pengiriman data dari setiap sensor menggunakan perangkat berbasis nirkabel berupa *Wi-Fi*.

d. *Application layer.*

*Application Layer* mencakup aplikasi yang digunakan untuk memonitor hasil dari sensor arus dan tegangan yang digunakan secara *realtime* pada kedua sumber baik *maingrid* maupun *microgrid*. Semua data dan informasi status diterima, disimpan, dan dilaporkan secara langsung pada *local database* MySQL yang telah dihubungkan dengan mikrokontroler.

Desain sistem *export import Smart meter* ini menggunakan prinsip kerja Hukum Khircoff 1 yang menyatakan Jumlah arus listrik yang masuk ditiap titik percabangan dalam suatu rangkaian listrik sama dengan jumlah arus yang keluar melalui titik percabangan tersebut ( $I_1 + I_2 = I_3$ ).  $I_1$  sebagai arus dari sumber *maingrid* (PLN) dan  $I_2$  sebagai arus dari sumber *microgrid* (*renewable energi*). Ditiap cabang sumber terdapat CT (*Current Transformator*) yang digunakan sebagai pendeteksi arus yang mengalir ditiap cabang *Smart meter*, CT juga dapat mengubah besaran arus dari besar menjadi kecil agar dapat dibaca oleh alat ukur sensor PZEM004T yang terhubung.

Dengan menggunakan hukum kirchoff arus, desain *export import Smart meter* ini bertujuan untuk mengembangkan *Exim Smart meter* yang dapat menerima 2 sumber listrik dari *maingrid* maupun *microgrid* baik *import* maupun *export* , dapat mengintegrasikan kedua sumber energi tersebut dan memantau penggunaan energi secara *realtime*. Proses *export* dan *import* pada *Smart meter* ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Ekspor

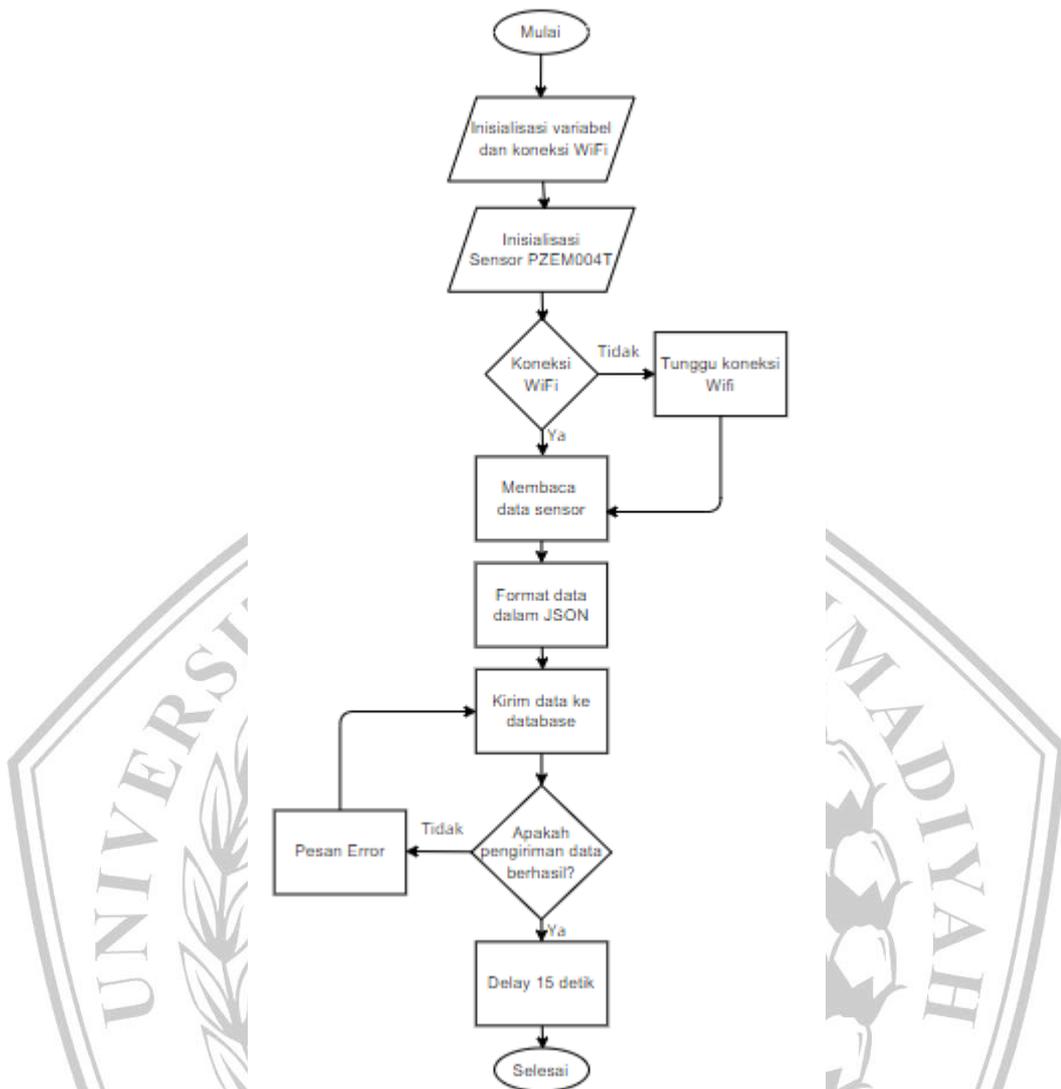
*Export* terjadi ketika energi yang diproduksi sumber *microgrid* berlebih dari beban yang digunakan maka sensor akan mendekteksi kelebihan energi yang dapat di-*export* ke *maingrid*.

2. Import

*Import* terjadi ketika energi yang diproduksi mikrogrid tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan beban yang digunakan maka sensor akan mendeteksi kebutuhan *import* energi dari *maingrid* ke *microgrid* untuk memenuhi energi yang digunakan oleh beban.

3. Integrasi

Integrasi terjadi ketika energi yang diproduksi *microgrid* mencukupi kebutuhan beban yang digunakan maka sistem *Smart meter* akan memprioritaskan penggunaan energinya, apabila energi yang dihasilkan *microgrid* tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan beban maka otomatis mengaktifkan integrasi dengan *maingrid*.



Gambar 3.4 Diagram Alir Proses Sistem

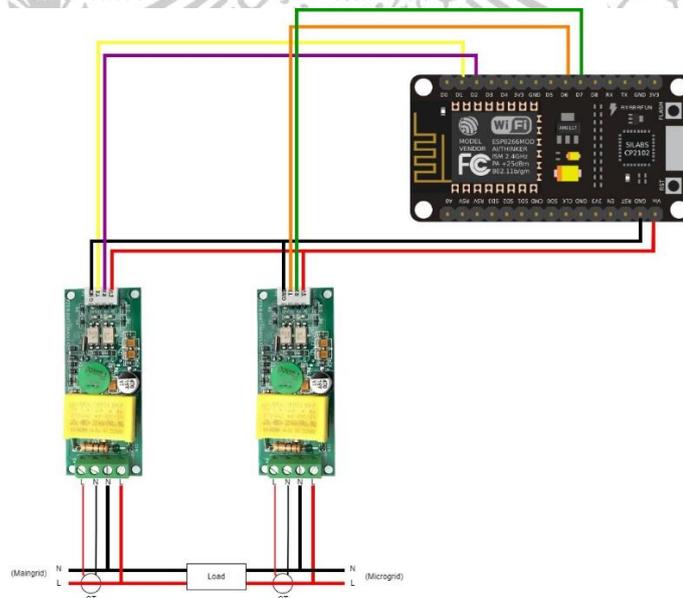
Penjelasan *flowchart* pada gambar diatas proses dimulai dari awal program, kemudian melakukan inisialisasi variabel yang diperlukan seperti parameter listrik yang akan diukur oleh sensor PZEM004T seperti arus, tegangan, daya, frekuensi dan *power factor*. Tahap ini juga melakukan koneksi ke jaringan Wifi dengan memasukkan SSID dan *password* dari wifi yang terhubung ke laptop. Setelah itu melakukan proses inisialisasi pin pada sensor PZEM004T ke Mikrokontroler ESP8266 dimana pin RX ke Pin 5 dan Pin TX ke pin 4 pada sensor 1 untuk *maingrid* dan RX ke Pin 12 dan Pin TX ke pin 13 pada sensor 2 untuk *microgrid*. Setelah proses inisialisasi pada sensor, dilakukan pemeriksaan pada ESP8266 apakah jaringan wifi yang digunakan sudah terhubung atau tidak. Jika sudah terhubung akan lanjut proses berikutnya dan jika tidak terhubung

program akan menunggu koneksi wifi sampai terhubung, ketika sudah terhubung akan ke proses selanjutnya. Pada proses selanjutnya jika ESP8266 sudah terhubung adalah pembacaan parameter listrik dari kedua sensor baik itu arus, tegangan, daya, frekuensi maupun *power factor*. Data yang dibaca dari sensor berformat JSON untuk memudahkan pengiriman data ke database. Pengiriman data berformat JSON ke database melalui permintaan HTTP POST ke endpoint API yang telah dibuat. Data yang telah terkirim akan diperiksa apakah datanya sudah terkirim ke *database* atau belum jika sudah berhasil terkirim program akan menunggu selama 15 detik sebelum kembali membaca data dari sensor untuk memastikan pengiriman data tidak terlalu sering dan mengurangi beban jaringan. Apabila data tidak terkirim maka program akan menampilkan pesan *error* di serial monitor dan jika ini terjadi maka akan kembali ke proses pengiriman data hingga data berhasil terkirim dan tersimpan di *database*.

### 3.4 Desain Hardware

Pada sub-bab ini menjelaskan mengenai perangkat beserta komponen yang akan digunakan dalam proyek *exim smart meter* untuk softintegrated *maingrid* dan *microgrid* berbasis esp8266. Penjelasan dapat berupa spesifikasi dari masing-masing komponen dan perangkat.

#### 3.4.1 Design Schematic



Gambar 3.5 Schematic Hardware

Pada *schematic hardware* merupakan langkah awal untuk rancangan skema agar dalam pembuatan hardware dapat dibuat dengan rapi dan teratur dan dapat memperhitungkan serta mengarahkan arah jalur wiring pinout, tegangan dan *Ground*. Pembuatan skema dibuat menggunakan *software* EasyEda untuk mempermudah dalam desain skema.

### 3.4.2 Modul ESP8266



Gambar 3.6 ESP8266

Modul ESP8266 adalah platform yang sangat terjangkau namun sangat efektif untuk komunikasi dan kontrol melalui internet. Modul ini bisa digunakan secara mandiri atau bersama dengan mikrokontroler lain, seperti Arduino, sebagai pengendali.

### 3.4.3 Sensor PZEM004T



Gambar 3.7 Sensor PZEM004T

Modul PZEM-004T adalah perangkat elektronik yang mampu mengukur berbagai parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya. Dengan fungsinya yang lengkap, modul ini sangat cocok digunakan dalam proyek atau eksperimen untuk memantau daya pada jaringan listrik, baik di rumah maupun gedung.

### 3.4.4 Inverter



Gambar 3.8 Tie grid Inverter

Inverter merupakan komponen penting dalam Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi sebagai pengendali sistem untuk mengubah energi listrik searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi listrik arus bolak-balik (AC). Selain itu, inverter juga bertindak sebagai pengkondisi tenaga listrik, memastikan bahwa daya yang dihasilkan memenuhi kualitas yang diperlukan sebelum disalurkan ke beban atau jaringan listrik.

### 3.5 Desain Software

Di dalam pengembangan *Exim Smart meter* ini, software yang digunakan yaitu Arduino IDE dan MySQL. Arduino IDE digunakan untuk memprogram hasil pengukuran yang didapatkan dari sensor PZEM004T yang akan dikirimkan dan di simpan di database MySQL. MySQL adalah konsep pengoperasian *database*, terutama untuk pemilihan atau seleksi dan pemasukan data, yang memungkinkan pengoperasian data dikerjakan dengan mudah secara otomatis. MySQL digunakan pada penelitian ini adalah sebagai database untuk menyimpan data arus, tegangan, frekuensi maupun *power factor* dari *exim smart meter* yang terhubung dengan beban.

1. Menghubungkan *code* mikrokontroler ke MySQL.
2. Membaca sensor tegangan, arus, frekuensi dan *error*
3. Mengirimkan data ke MySQL.