

# BAB III

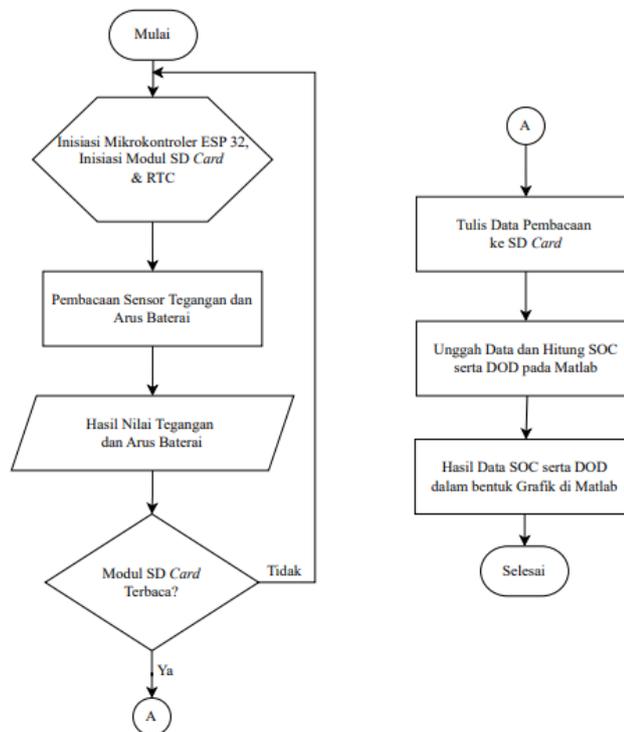
## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Perancangan Penelitian

Perancangan penelitian dilakukan dengan tujuan untuk memastikan sistem dapat berjalan sesuai dengan apa yang direncanakan. Perancangan penelitian meliputi perancangan sistem *data logger* untuk menyimpan pembacaan sensor tegangan dan sensor arus di *SD Card*. Hasil data yang sudah dikumpulkan pada *file Excel* ditransfer ke *software Matlab* untuk dilakukan perhitungan menggunakan metode *Coulomb Counting*.

#### 3.1.1 Diagram Alir Sistem *Data Logger*

Diagram alir sistem *data logger* merupakan proses kerja sistem saat menyimpan pembacaan sensor arus dan tegangan yang diunggah ke Matlab untuk dihitung menggunakan metode *Coulomb Counting*. Diagram alir sistem *data logger* dapat dilihat pada Gambar 3.1.

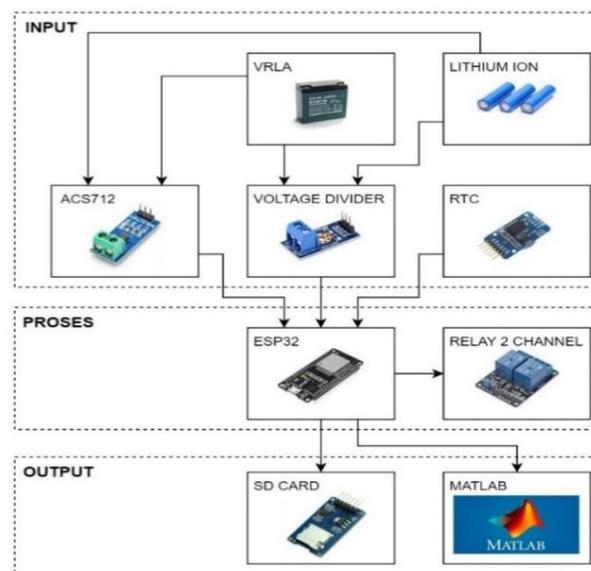


Gambar 3.1 Diagram Alir Sistem *Data logger*

Diagram alir pada Gambar 3.1 menunjukkan tahapan dalam sistem *monitoring* dan analisis baterai yang menggunakan mikrokontroler ESP32, modul SD card, dan Matlab. Proses dimulai dengan inisiasi mikrokontroler ESP32, diikuti oleh inisiasi modul SD card dan modul *Real Time Clock* (RTC). Setelah itu, sistem membaca data dari sensor tegangan dan arus baterai, menghasilkan nilai tegangan dan arus yang diperoleh. Sistem kemudian memeriksa apakah modul SD card terbaca, jika modul SD card tidak terbaca proses berhenti, dan jika terbaca data pembacaan sensor ditulis dan disimpan ke dalam SD card. Data yang tersimpan di SD card kemudian diunggah ke Matlab untuk perhitungan SOC dan DOD menggunakan metode *Coulomb Counting*. Hasil perhitungan SOC dan DOD ditampilkan dalam bentuk grafik di Matlab untuk analisis lebih lanjut. Proses berakhir setelah semua data diproses dan ditampilkan.

### 3.1.2 Diagram Blok Sistem Data Logger

Diagram blok sistem dibuat untuk pemodelan sistem. Sistem yang dibuat yaitu *Data logger* untuk menyimpan tegangan dan arus pada baterai PLTS. Baterai PLTS yang dianalisis ada 2 jenis yaitu VRLA dan *lithium-ion*. Struktur peralatan yang digunakan dalam proses pembuatan sistem *data logger* dapat dilihat pada diagram blok Gambar 3.2.

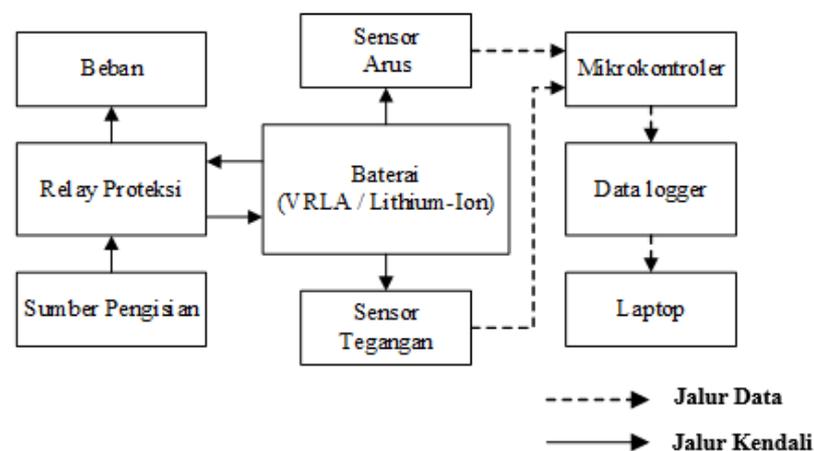


Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem *Data logger*

Diagram blok sistem pada Gambar 3.2 terbagi dalam tiga bagian utama yaitu *input*, *proses*, dan *output*. Pada bagian *input*, digunakan baterai VRLA dan *lithium-ion* sebagai sumber daya, sensor arus ACS712 untuk mengukur arus, sensor tegangan (*voltage divider*) untuk mengukur tegangan, serta modul RTC untuk melacak waktu secara *real-time*. Bagian *proses* menggunakan mikrokontroler ESP32 untuk menerima data dari sensor dan *Real Time Clock* (RTC), memproses data tersebut, dan mengendalikan *relay 2 channel* untuk mengatur pengisian daya. Data yang dikumpulkan oleh ESP32 disimpan dalam kartu SD dalam format Excel. Pada bagian *output*, data ini diekspor ke Matlab untuk perhitungan nilai SOC menggunakan metode *Coulomb Counting* dan untuk menghitung efisiensi baterai. Sistem mampu memonitor dan mengendalikan proses pengisian baterai secara efisien serta melakukan analisis mendalam melalui Matlab.

### 3.2 Perancangan Sistem

Perancangan sistem ini ditentukan secara keseluruhan agar dapat dijadikan acuan untuk membuat sistem yang diinginkan dan sanggup bekerja dengan maksimal dan optimal. Diagram blok dibuat untuk mempermudah dalam perancangan dan pembuatan alat. Diagram blok perancangan perangkat ditunjukkan dalam Gambar 3.3.



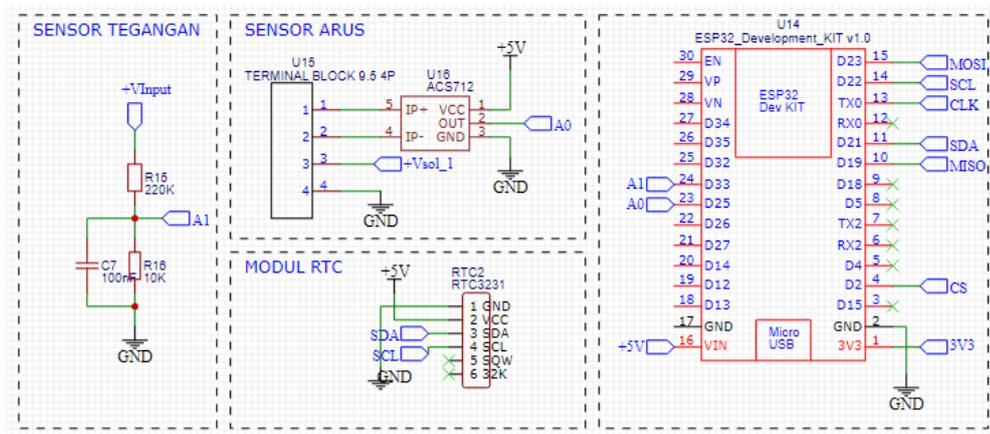
Gambar 3.3 Diagram Blok Perancangan Sistem

Gambar 3.3 menunjukkan perancangan yang berfungsi untuk mendapatkan nilai arus serta tegangan baterai menggunakan sensor dan alat ukur, sensor digunakan untuk mendapatkan nilai arus dan tegangan baterai secara otomatis

sedangkan alat ukur digunakan untuk pembandingan nilai arus dan tegangan baterai yang didapatkan oleh sensor. Hasil nilai yang didapatkan dari sensor dikelola oleh mikrokontroler yang kemudian dikelola oleh laptop menggunakan *software* Matlab.

### 3.2.1 Rangkaian *Input* Sistem *Data Logger*

Rangkaian *input* sistem *data logger* terdiri dari beberapa sensor yang menangkap proses fisis dan kemudian mengubahnya menjadi besaran listrik. Gambar 3.4 menunjukkan Rangkaian *input* sistem *data logger*.



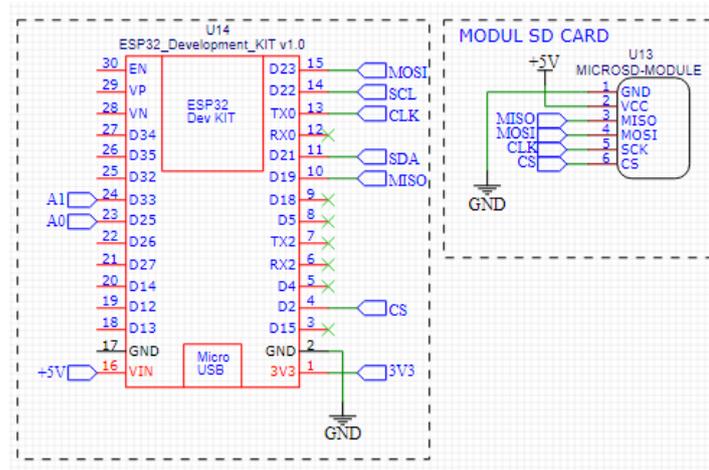
Gambar 3.4 Rangkaian *Input* Sistem *Data Logger*

Gambar 3.4 menunjukkan rangkaian *input* yang terdiri dari sejumlah sensor penting yang berfungsi untuk mengumpulkan data penting tentang kondisi baterai. Salah satu sensor yang digunakan adalah sensor arus ACS712, yang mengukur arus yang mengalir melalui rangkaian. Sensor tegangan mengukur tegangan pada baterai, kedua sensor ini terhubung ke mikrokontroler ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data.

Selain sensor arus dan tegangan, rangkaian ini juga memiliki modul RTC yang berfungsi untuk menyediakan informasi waktu secara *real-time* dan penting untuk mencatat *timestamp* dari setiap pengukuran yang dilakukan oleh sensor. Modul RTC terhubung ke ESP32 melalui *pin* serial data dan serial *clock* masing-masing. Protokol komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan kedua *pin* ini ke ESP32 adalah SDA.

### 3.2.2 Rangkaian *Output* Sistem *Data Logger*

Rangkaian *output* dari *data logger* menyimpan data yang dikumpulkan ke dalam sebuah *SD card*, memungkinkan proses pengambilan data untuk analisis lebih lanjut. Tahapan dalam sistem *output data logger* ini dijelaskan secara rinci pada Gambar 3.5 di bawah.



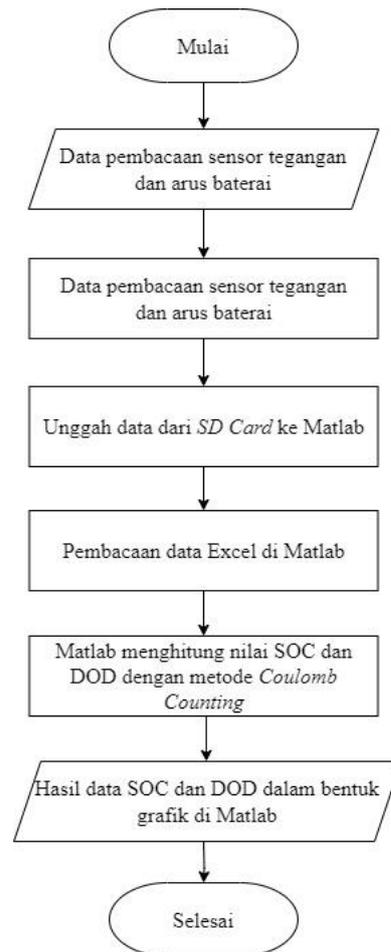
Gambar 3.5 Rangkaian *Output* Sistem *Data Logger*

Gambar 3.5 merupakan proses *output* dimulai dengan ESP32 yang menerima dan memproses data dari berbagai sensor yang terhubung, termasuk sensor arus dan tegangan. Setelah data diproses, ESP32 kemudian menulis data tersebut ke dalam *SD Card*. *SD Card* ini berfungsi sebagai media penyimpanan yang efisien dan mudah diakses untuk menyimpan semua data yang direkam.

Data yang disimpan mencakup nilai tegangan dan arus dari baterai pada setiap interval waktu yang ditentukan oleh modul RTC. Informasi waktu ini penting untuk analisis dan pola penggunaan baterai, setelah data disimpan pada *SD Card*, kartu tersebut dapat dilepas dan data dapat diekstraksi menggunakan komputer untuk analisis lebih lanjut, misalnya menggunakan perangkat lunak seperti Matlab untuk menghitung SOC dan DOD.

### 3.3 Perancangan Pengolahan Data

Pengolahan data dibagi menjadi dua tahap yaitu pengumpulan data di Excel dan perhitungan nilai SOC dan DOD di Matlab. Data pada Excel dibagi menjadi dua yaitu data baterai VRLA dan data *lithium-ion*. Diagram alir pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Data

Diagram alir pada Gambar 3.6 menjelaskan proses pengolahan data sensor untuk menentukan SOC dan DOD baterai menggunakan metode *Coulomb Counting*. Proses dimulai dengan pembacaan data dari sensor tegangan dan arus baterai. Data yang diperoleh kemudian diunggah dari SD Card ke Matlab. Setelah itu, data tersebut dibaca dalam format Excel di Matlab menggunakan fungsi `xlsread`. Matlab kemudian menghitung nilai SOC dan DOD menggunakan metode *Coulomb Counting* berdasarkan data yang sudah dimasukkan. Hasil perhitungan SOC dan DOD ditampilkan dalam bentuk grafik di Matlab untuk analisis lebih lanjut, tahapan ini berakhir dengan penyajian grafik sebagai hasil.

### 3.4 Spesifikasi dan Konfigurasi Baterai

Baterai yang dipakai pada penelitian ini ada dua jenis yaitu baterai *lithium-ion* dan VRLA. Kedua baterai ini akan dibandingkan untuk mencari nilai efisiensi di antara kedua baterai dan disimpulkan baterai mana yang lebih efisien.

#### 3.4.1 Baterai *Lithium-ion*

Baterai yang digunakan dalam penelitian adalah baterai jenis *lithium-ion* dengan kapasitas tegangan per sel 3,7 V dan kapasitas arus per sel 2.600 mAh. Jenis baterai *lithium-ion* memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3.1 Spesifikasi Baterai *Lithium-ion*

Spesifikasi	
Model seri	TNL-ITR18650-2600P
Nominal kapasitas	2600 mAh
Nominal tegangan	3700 mV
Nominal arus pengisian	520 mA
Nominal arus pengosongan	1300 mA
Maksimal arus pengisian	1300 mA
Maksimal arus pengosongan	7800 mA
Maksimal tegangan pengisian	4200 mV
Maksimal tegangan pengosongan	2750 mV
Batas atas tegangan muatan	4250 mV
Arus <i>taper-off</i>	65 mA

Tabel 3.1 merupakan spesifikasi baterai yang didapat dari data pabrikan dalam kondisi pengujian laboratorium. Konfigurasi baterai dengan spesifikasi baterai tersebut maka diperlukan 3 seri 8 paralel untuk mendapatkan nilai konfigurasi *battery array pack* sebesar 12,6 V dan 20,8 Ah.

#### 3.4.2 Baterai *Valve Regulated Lead Acid (VRLA)*

Penelitian ini menggunakan baterai VRLA dengan tegangan 12 V. Spesifikasi penting yang diperhatikan meliputi kapasitas *Ampere-hour (Ah)* untuk menentukan arus suplai, dimensi fisik untuk penempatan, dan berat total. Waktu pengisian menunjukkan durasi pengisian penuh, sementara efisiensi pengisian dan pengosongan serta umur baterai mempengaruhi kinerja dan ketahanan jangka

panjang. Jenis baterai VRLA memiliki spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Spesifikasi Baterai VRLA

Spesifikasi	
Model seri	MAXTROM MS20-12
Nominal kapasitas	20 Ah
Nominal tegangan	12 V
Maksimal arus pengisian	2,7 A
Maksimal arus pengosongan	150 A
Tegangan pengisian	14,0V s.d. 4,80V

Tabel 3.2 menyajikan spesifikasi baterai VRLA yang digunakan dalam penelitian ini. Baterai ini memiliki kapasitas 20 Ah, yang menunjukkan kemampuan penyimpanan energi baterai. Tegangan operasional baterai adalah 12 V, sesuai dengan standar sistem *photovoltaic* yang digunakan. Baterai ini juga dirancang untuk menangani arus pengisian maksimum sebesar 2,7 A, memastikan bahwa proses pengisian dapat dilakukan dengan aman tanpa merusak baterai. Selain itu, baterai ini mampu menangani arus pengosongan maksimum sebesar 150 A, memberikan fleksibilitas dalam penggunaan yang membutuhkan aliran arus tinggi. Spesifikasi ini penting untuk memastikan kinerja dan keandalan baterai dalam aplikasi yang diteliti.