

**RANCANG BANGUN MONITORING *STATE OF CHARGE* (SoC) PADA
BATERAI LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO₄) DENGAN METODE
*COULOMB COUNTING***

(Skripsi)

**Oleh
RD. M. RAFFLY RAMADHANDI**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

ABSTRAK

RANCANG BANGUN MONITORING *STATE OF CHARGE* (SoC) PADA BATERAI LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO₄) DENGAN METODE *COULOMB COUNTING*

Oleh

RD. M. RAFFLY RAMADHANDI

Baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) banyak digunakan dalam aplikasi kendaraan listrik dan sistem penyimpanan energi karena kestabilan termal, siklus hidup panjang, serta efisiensi energi yang tinggi. Namun, pengelolaan baterai yang tidak optimal dapat menyebabkan penurunan kinerja dan usia baterai. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan sistem *monitoring* yang akurat dan andal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan alat *monitoring State of Charge* (SoC) pada baterai LiFePO₄ menggunakan metode *Coulomb Counting*, yang dikenal memiliki fleksibilitas tinggi dalam mengestimasi SoC menggunakan indikator arus sebagai faktor utama perhitungan selama proses pengisian dan pengosongan baterai. Alat ini mengintegrasikan berbagai komponen seperti sensor arus ACS 712, sensor tegangan, mikrokontroler Arduino UNO, layar tampilan OLED, dan *buzzer* sebagai sistem peringatan. Sistem ini tidak hanya memantau kapasitas baterai secara *real-time* yang ditampilkan pada OLED, tetapi juga memberikan peringatan berbasis bunyi pada kondisi SoC tertentu (30%, 25%, dan 20%). Data hasil *monitoring* seperti tegangan, arus, SoC, dan *Depth of Discharge* (DoD), disimpan secara otomatis dalam microSD untuk analisis lebih lanjut. Hasil pengujian menunjukkan alat ini memiliki akurasi tinggi dalam mengestimasi SoC dengan rata-rata error sensor rendah, serta kemampuan untuk memberikan peringatan yang sesuai dengan kondisi baterai. Implementasi alat ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan baterai, menjaga performa, dan memperpanjang umur baterai.

Kata kunci: *State of Charge*, *Coulomb Counting*, baterai LiFePO₄, *monitoring* baterai, Arduino.

ABSTRACT

DESIGN AND DEVELOPMENT OF STATE OF CHARGE (SOC) MONITORING ON LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO₄) BATTERIES USING COULOMB COUNTING METHOD

By

RD. M. RAFFLY RAMADHANDI

Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄) batteries are widely used in electric vehicle applications and energy storage systems due to their thermal stability, long cycle life, and high energy efficiency. However, suboptimal battery management can lead to performance degradation and reduced lifespan. To address this issue, an accurate and reliable monitoring system is essential. This research aims to design and develop a State of Charge (SoC) monitoring tool for LiFePO₄ batteries using the Coulomb Counting method, known for its high flexibility in estimating SoC by using current indicators as the primary calculation factor during charging and discharging processes.

The tool integrates components such as the ACS 712 current sensor, voltage sensor, Arduino UNO microcontroller, OLED display, and a buzzer as an alert system. This system not only monitors the battery capacity in real time, displayed on the OLED, but also provides sound-based alerts at specific SoC levels (30%, 25%, and 20%). Monitoring data, including voltage, current, SoC, and Depth of Discharge (DoD), is automatically stored on a microSD card for further analysis. Testing results show that the tool achieves high accuracy in estimating SoC with minimal sensor error and can provide appropriate warnings based on battery conditions. The implementation of this tool is expected to enhance battery management efficiency, maintain performance, and extend battery lifespan.

Keywords: State of Charge, Coulomb Counting, LiFePO₄ batteries, battery monitoring, Arduino

**RANCANG BANGUN MONITORING *STATE OF CHARGE* (SOC) PADA
BATERAI LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO₄) DENGAN METODE
*COULOMB COUNTING***

Oleh

RD. M. RAFFLY RAMADHANDI

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mendapat gelar

SARJANA TEKNIK

pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG**

2024

Judul Skripsi : Rancang bangun monitoring state of charge (soc) pada baterai lithium iron phosphate (LiFePO₄) dengan metode coulomb counting

Nama Mahasiswa : Rd. M. Raffly Ramadhani

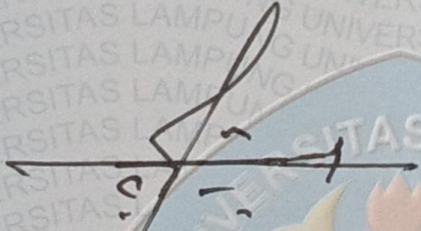
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815031065

Program Studi : Teknik Elektro

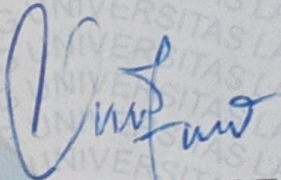
Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing


Dr. Eng. Ageng Sadnowo R., S.T., M.T.

NIP 196902281998031003

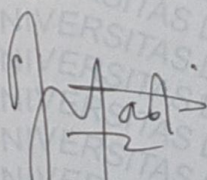

Umi Murdika, S.T., M.T

NIP 197202062005012002

2. Mengetahui


Herlinawati, S.T., M.T.

NIP 197103141999032001

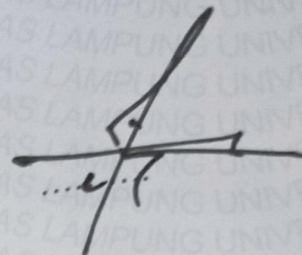

Sumadi, S.T., M.T.

NIP 197311042000031001

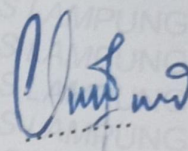
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Eng. Ageng Sadnowo R., S.T., M.T.**

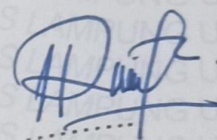


Sekretaris : **Umi Murdika, S.T., M.T**



Penguji

Bukan Pembimbing : **Herlinawati, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc.)

NIP 197509282001121002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **23 Desember 2024**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain dan sepanjang sepengetahuan saya tidak terdapat atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana yang disebutkan dalam daftar Pustaka. Selain itu, saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi akademik sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 27 Desember 2024



Rafly Rianadhandi
NPM 1815031065

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 19 Desember 2000, sebagai anak keempat dari empat bersaudara, dari Bapak Rd. Hikmat Gunasyah dan Ibu Yati Supriati. Riwayat pendidikan penulis dimulai dari SD Negeri 1 Tj. Gading pada tahun 2006 hingga 2012, SMP Negeri 23 Bandar Lampung pada tahun 2012 hingga 2015, dan SMA YP Unila Bandar Lampung pada tahun 2015 hingga tahun 2018.

Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Elektro, Universitas Lampung, pada tahun 2018 melalui jalur PMB SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan menjadi peserta magang dalam program MSIB angkatan ketiga “Bus Listrik Merah Putih KTT G20” di PT. Industri Kereta Api (persero) divisi SBU Tier 1&2, program MSIB angkatan kedua “Electrical Engineering” di PT. Ruang Cipta Kerja, program kampus merdeka angkatan pertama “Pejuang Muda Kementerian Sosial Republik Indonesia” penempatan dinas sosial kabupaten lampung selatan, dan Penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Bukit Asam Tbk. Penulis membuat laporan yang berjudul “Identifikasi Kerja DC Drive Terhadap Motor Haulage (HDT001) Pada Train Positioner Rotary Car Dumper (RCD) Satu PT. Bukit Asam Tbk. Unit Pelabuhan Tarahan”. Selama menjadi mahasiswa penulis berkesempatan menjadi asisten Laboratorium Teknik Kendali dari tahun 2020 dan penulis juga tergabung dalam organisasi kampus yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) tergabung dalam departemen Kaderisasi dan Pengembangan Organisasi pada tahun 2019 menjadi sekretaris departemen dan pada tahun 2020 menjadi anggota departemen, kemudian pada tahun 2020 sebagai kepala dinas aksi dan propaganda Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknik, dan menjadi ketua angkatan mahasiswa jurusan teknik elektro 2018.

PERSEMBAHAN



Kupersembahkan karya ini kepada :

Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan.

Keluarga :

Ayah Rd. Hikmat Gunasyah, Ibu Yati Supriati, kakakku Rd. Dewi Rizki Puspitasari, Rd. Dewi Reiza Permatasari, dan Rd. Rangga Diwiryasa Sebagai wujud cinta, kasih sayang, karena selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini.

Serta Dosen Pembimbing, Dosen Penguji, dan Keluarga Besar Himpunan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Lampung, terimakasih telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang sangat bermanfaat selama perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini.

MOTTO

"Innallaha ma'ash-shabirin (Sesungguhnya Allah bersama orang-orang yang sabar)"

(QS. Al-Baqarah: 153)

"Wa man yattaqillaha yaj'al lahu makhraja (Barang siapa bertakwa kepada Allah, niscaya Dia akan memberinya jalan keluar)"

(QS. At-Talaq: 2-3)

"Faidza 'azamta fatawakkal 'alallah" (Apabila kamu telah bertekad, maka bertawakallah kepada Allah)

(QS. Ali Imran: 159)

SANWACANA

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala karunia, hidayah, serta inayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“RANCANG BANGUN MONITORING *STATE OF CHARGE* (SoC) PADA BATERAI LITHIUM IRON PHOSPHATE (LiFePO₄) DENGAN METODE *COULOMB COUNTING*.”** Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Penulis banyak mendapatkan bantuan baik ilmu, petunjuk, bimbingan, dan juga saran dari berbagai pihak selama penyusunan Skripsi ini. Penulis dalam kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung serta.
2. Ibu Herlinawati, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung serta Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
3. Bapak Ir. Meizano Ardhi Muhammad, S.T., M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
4. Bapak Sumadi, S.T., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Lampung.
5. Ibu Yetti Yuniati, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu dan memberikan dukungan selama penulis melakukan kegiatan perkuliahan.
6. Bapak Dr. Eng. Ageng Sadnowo R., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.

7. Bapak Umi Murdika, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah membimbing dan memberikan ilmu dan saran dalam penyusunan Skripsi ini.
8. Seluruh Dosen Teknik Elektro yang telah memberikan ilmu selama Penulis menuntut ilmu di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
9. Staff Administrasi Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung.
10. Rekan-rekan Teknik Elektro dan Teknik Informatika Universitas Lampung Angkatan 2018 (ELTICS 18) yang telah memberikan dukungan dan motivasi kepada penulis.
11. Naufal, Kresna, Maul, Arfa, Tama, Fai, dan lainnya selaku rekan Asisten Laboratorium Teknik Kendali yang telah memberikan dukungan kepada Penulis.
12. Untuk Mamah, Papah, teteh-teteh, dan kakak terima kasih karena selalu menjaga saya dalam doa-doa serta selalu membiarkan saya mengejar impian saya apa pun itu.
13. Untuk Eni Yuliana, terima kasih karena selalu motivasi internal berupa asupan batin ketika penulis berada di titik terendah sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
14. Semua pihak yang terlibat dalam menyelesaikan Skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan Skripsi ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga Skripsi ini dapat membantu dan bermanfaat bagi semua pihak sebagai media pembelajaran.

Bandar Lampung, 27 Desember 2024
Penulis,

Rd. M. Raffly Ramadhandi
NPM. 1815031065

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	ii
SURAT PERNYATAAN.....	v
RIWAYAT HIDUP	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
MOTTO.....	viii
SANWACANA.....	ix
DAFTAR ISI	11
DAFTAR TABEL.....	15
I. PENDAHULUAN.....	16
1.1 Latar Belakang	16
1.2 Rumusan Masalah	11
2.1 Batasan Masalah	12
2.2 Tujuan Penelitian	12
2.3 Manfaat Penelitian	12
2.4 Hipotesis.....	13
2.5 Sistematika Penulisan	13
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	15
2.1 Penelitian Terdahulu	15
2.2 Battery Management System	16
2.2.1 Monitoring.....	16
2.2.2 Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄).....	16
2.2.3 Open Circuit Voltage (OCV)	18
2.2.4 State of Charge (SoC)	19
2.2.5 Metode Coulomb Counting.....	19
2.2.6 Depth of discharge (DoD).....	21
2.3 Sensor Arus (ACS 712).....	21
2.4 Sensor Tegangan (Voltage divider)	22
2.5 Arduino UNO.....	24
2.6 Arduino IDE (Integrated Development Enviroment).....	24

2.7	OLED (Organic Light-Emitting Diode).....	25
2.8	MicroSD Card	26
2.9	Buzzer	27
III.	METODE PENELITIAN	29
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	29
3.2	Alat dan Bahan	29
3.3	Spesifikasi alat	30
3.4	Prosedur penelitian.....	31
3.5	Diagram blok Perancangan model prototipe.....	32
3.6	Diagram Alir Proses	33
3.7.	Desain Perancangan alat	36
3.7.1	Prinsip Kerja Alat.....	36
3.7.2.	Rancangan rangkaian alat	38
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1.	Implementasi Perancangan.....	44
4.2.	Pengujian Subsistem	45
4.2.1	Pengujian Sensor Tegangan	45
4.2.2.	Pengujian sensor arus	47
4.2.3.	Pengujian OLED 128x64	48
4.2.4.	Pengujian Micro SD.....	50
4.2.5.	Pengujian Buzzer	51
4.3	Pengujian Alat Penelitian dan Analisa Data Hasil Penelitian	54
4.3.1.	Data hasil pengujian	54
4.3.2	Data hasil penelitian	57
V.	SIMPULAN DAN SARAN	61
5.1	KESIMPULAN.....	61
5.2	SARAN.....	61
	DAFTAR PUSTAKA	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Bagian sistem manajemen baterai	16
Gambar 2. 1 Baterai LiFePO ₄ 3,2V 6000mAh	17
Gambar 2. 2 Rest Periode	18
Gambar 2. 3 Spesifikasi sensor arus ACS 712	22
Gambar 2. 4 Rangkaian voltage divider	23
Gambar 2. 5 Arduino UNO	24
Gambar 2. 6 MicroSD Card.....	27
Gambar 2. 7 Buzzer	28
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian	31
Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan model prototipe.....	32
Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses	35
Gambar 3. 4 Wiring Diagram Alat SoC Pada Baterai LiFePO ₄	37
Gambar 4. 1 Alat Monitoring State Of Charge (SOC) Pada Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO ₄) Dengan Metode Coulomb Counting	44
Gambar 4. 2 tampilan besaran pengukuran sensor tegangan.....	46
Gambar 4. 3 tampilan besaran pengukuran sensor arus	48

Gambar 4. 4 Rangkaian pengujian OLED 128x64.....	49
Gambar 4. 5 Hasil pengujian OLED	50
Gambar 4. 6 Rangkaian pengujian MicroSD.....	51
Gambar 4. 7 Hasil pengujian microSD.....	51
Gambar 4. 8 Hasil Pengujian Buzzer.....	54
Gambar 4. 9 grafik hubungan SoC terhadap waktu.....	60

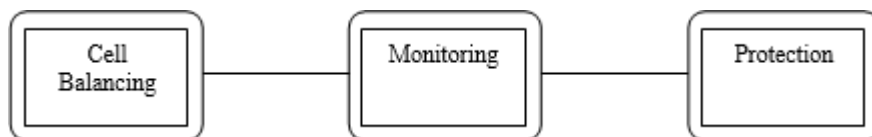
DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Karakteristik Baterai LiFePO ₄	18
Tabel 2. 2 Spesifikasi OLED	26
Tabel 2. 3 Spesifikasi Mini MicroSD Card	27
Tabel 4. 1 Pengujian sensor tegangan	45
Tabel 4. 2 Pengujian sensor arus	47
Tabel 4. 3 Pengujian Metode Coulomb Counting	55
Tabel 4. 4 Data hasil estimasi State of Charge (SoC) menggunakan metode	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Baterai merupakan komponen yang penting dalam kendaraan listrik, jenis baterai yang sering digunakan adalah LiFePO₄. Baterai adalah suatu alat yang dapat mengubah energi kimia yang disimpan menjadi energi listrik (*discharging*) dan mengubah energi listrik menjadi energi kimia (*charging*). Baterai LiFePO₄ sebagai jenis baterai lithium yang dapat diisi ulang (*rechargeable*) terbuat dari bahan *iron phosphate* pada katodanya, Pada penggunaannya baterai perlu menggunakan sistem manajemen baterai atau *Battery Management System* (BMS) yang di rancang untuk mengatur pengoperasian baterai.



Gambar 1 1 Bagian sistem manajemen baterai

Baterai LiFePO₄ diharuskan menjaga *Depth of Discharge* (DoD), semakin dalam DoD mengakibatkan besar kemungkinan baterai akan mengalami kerusakan atau penurunan kinerja yang signifikan. Pada baterai LiFePO₄ penting untuk menjaga tingkat DoD 80%[11], untuk mengetahui tingkat DoD perlu monitoring *State of Charge* sebagai rasio kapasitas energi tersedia dengan kapasitas energi maksimum.

Coulomb Counting merupakan metode yang tepat untuk digunakan, karena kelebihan yang *fleksibel* dalam mengestimasi nilai *State of Charge* pada kondisi pembebanan [1]. Pada tugas akhir ini, diusulkan Rancang Bangun *Monitoring State of Charge (SoC) Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄)* dengan Metode *Coulomb Counting*.

Table 1. 1 Tabel Penelitian

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Kelebihan
Rahmawan Zainul, 2018	Estimasi State of Charge pada baterai Lead-Acid Dengan Menggunakan Metode Coulomb Counting Pada PV Hybrid	Sensor dan metode yang digunakan mempunyai tingkat keakuratan yang baik
Ihsan M Rafli Nur, 2021	Sistem Manajemen Baterai Dan Energi Untuk Sistem Listrik Hibrid Energi Terbarukan Dengan Dukungan Teknologi <i>Internet-Of-Things</i>	Sensor dan Mikrokontroller yang digunakan data yang didapat cukup akurat sesuai dengan spesifikasi
Bayu A, Darmawan D, Qurthobi A, 2017	Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur State of Charge Sistem Pengawasan Pada Baterai Lead Acid Menggunakan Metode Open Circuit Voltage	Penelitian menggunakan Metode Open Circuit Voltage mempunyai tingkat keakuratan yang baik

Berdasarkan penelitian ini, dibuatlah sebuah alat yang mampu beroperasi sebagai alat pemantau muatan listrik baterai secara *real-time*, menghubungkan dengan pengguna, dan sebagai sistem peringatan terkait tingkat pengosongan baterai.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian yang dibahas ialah sebagai berikut:

1. Bagaimana membuat model alat *monitoring* dan peringatan nilai *State of Charge* menggunakan metode *Coulomb Counting* pada baterai LiFePO₄.
2. Bagaimana perhitungan *State of Charge* menggunakan metode *Coulomb Counting* digunakan sebagai indikator *Depth Of Discharge*.

2.1 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, maka batasan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Membuat Rancang Bangun *Prototipe Monitoring State of Charge* (SoC) Baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄).
2. *Output* pengukuran nilai *State of Charge* (SoC) Baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) ditampilkan dengan *OLED (Organic Light-Emitting Diode)* dan diperingatkan menggunakan *Buzzer* ketika *State of Charge* (SoC) pada 30%, 25%, dan 20%.

2.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain alat untuk *monitoring* dan peringatan nilai *State of Charge* menggunakan metode *Coulomb Counting* pada baterai LiFePO₄.
2. *Monitoring* nilai *State of Charge* menggunakan metode *Coulomb Counting* pada baterai LiFePO₄.

2.3 Manfaat Penelitian

Berikut merupakan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai alat *monitoring* yang berperan untuk peringatan dalam mempertahankan *Life Time* kerja baterai LiFePO₄.
2. Sebagai indikator peringatan untuk kondisi *State of Charge* baterai LiFePO₄.

2.4 Hipotesis

Pada penelitian ini metode *Coulomb Counting* dapat memberikan estimasi *State of Charge* yang signifikan untuk ditampilkan pada *monitoring*.

2.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan Laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi mengenai latar belakang, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang beberapa teori pendukung dan referensi materi yang diperoleh dari berbagai sumber buku, jurnal, *datasheet* dan penelitian ilmiah yang digunakan untuk penulisan laporan tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang waktu dan tempat, alat dan bahan, metode penelitian dan pelaksanaan serta pengamatan dalam pengerjaan tugas akhir.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Berisi tentang proses pengambilan data, hasil yang didapatkan saat penelitian dan analisis data dari hasil penelitian.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran yang didasarkan pada hasil data mengenai perbaikan dan pengembangan lebih lanjut agar didapatkan hasil lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Estimasi nilai *State of Charge* sudah banyak dikembangkan dalam banyak aplikasi. Penelitian pertama sebagai referensi pada penelitian ini berjudul “Estimasi *State of Charge* pada baterai *Lead-Acid* dengan menggunakan metode *Coulomb Counting* pada *PV Hybrid*” yang dilakukan pada tahun 2018. Penelitian ini menggunakan Sensor Arus (ACS 712) dan metode *Coulomb Counting* [1].

Manajemen baterai untuk energi terbarukan dengan dukungan teknologi *Internet-of-Things*. Penelitian kedua sebagai referensi pada penelitian ini berjudul “Sistem Manajemen Baterai Dan Energi Untuk Sistem Listrik Hibrid Energi Terbarukan Dengan Dukungan Teknologi *Internet-Of-Things*” yang dilakukan pada tahun 2021. Penelitian ini menggunakan ESP32 dan Sensor Arus (ACS 712) [2].

Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur *State of Charge* Sistem Pengawasan Pada Baterai *Lead Acid* Menggunakan Metode *Open Circuit Voltage*. Penelitian ketiga sebagai referensi pada penelitian ini berjudul “Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur *State of Charge* Sistem Pengawasan Pada Baterai *Lead Acid* Menggunakan Metode *Open Circuit*

Voltage” yang dilakukan pada tahun 2017. Penelitian menggunakan Metode *Open Circuit Voltage* [3].

2.2 Battery Management System

Seiring perkembangan teknologi yang kian pesat, penggunaan baterai pun kian masif, sehingga diperlukan suatu baterai manajemen sistem yang difungsikan sebagai penyeimbangan, monitoring dan proteksi pada baterai dengan tujuan agar baterai awet dan tahan lama. Dalam tugas akhir ini akan dibahas lebih dalam tentang *monitoring* baterai. Dimana alat *monitoring* ini dilengkapi dengan sensor tegangan dan sensor arus.[1]

2.2.1 Monitoring

Monitoring adalah suatu hal yang fungsinya untuk mengenali dan mengevaluasi perkembangan yang terjadi akibat suatu tindakan yaitu mengenali apakah jalannya sistem sesuai dengan rencana awal [4]. Pada tugas akhir ini alat monitoring difungsikan untuk dapat dengan mudah *memonitoring* oprasi pengisian dan pengosongan baterai LiFePO₄, mengestimasi seakurat mungkin *State of Charge* baterai LiFePO₄ guna meningkatkan keandalan baterai dengan memperkecil persentasi terjadinya pemendekan umur baterai karena ketika batas atas dan bawah tegangan baterai telah tercapai untuk menghindari *overcharge* dan *overdischarge*.

2.2.2 Baterai Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄)

Baterai merupakan perangkat penyimpanan energi. Baterai dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energi listrik yang dapat digunakan

oleh suatu peralatan elektronik. Setiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Salah satu jenis baterai sekunder adalah baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) yang merupakan jenis baterai sekunder, baterai ini merupakan salah satu jenis dengan baterai *lithium Ion*, baterai jenis ini memiliki tegangan sel sebesar 3,2v/sel dengan rapat energi 220Wh/L. Baterai ini memiliki reaktivitas dan termodinamika yang stabil. Baterai ini memiliki *life cycle* yang Panjang, kerapatan energi yang tinggi, dan *high work voltage*. Baterai ini juga dapat mengisi muatan dengan efisiensi yang tinggi serta hilang nya muatan pada proses *Discharge* sangat kecil, serta pengisian nya yang cepat jika dibandingkan dengan jenis baterai lain, kapasitas baterai *Lithium Iron Phosphate* (LiFePO₄) lebih besar dibandingkan dengan baterai jenis lain hal tersebut dikarenakan kerapatan energi pada baterai jenis ini sangat rapat.[5]



Gambar 2. 1 Baterai LiFePO₄ 3,2V 6000mAh

Baterai LiFePO₄ digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kendaraan listrik, sistem penyimpanan energi rumah tangga, peralatan medis, peralatan industri, dan banyak lagi. Meskipun baterai ini memiliki beberapa keunggulan, baterai LiFePO₄ dianggap sebagai pilihan yang andal dan aman

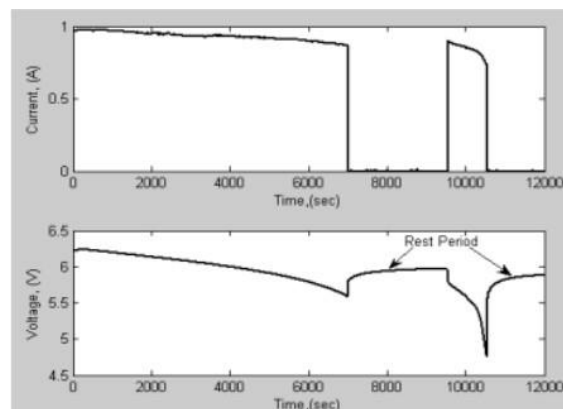
untuk banyak aplikasi yang membutuhkan baterai *rechargeable*. Adapun karakteristik dari Baterai LiFePO₄ yang digunakan sebagai baterai yang dipantau pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2. 1 Karakteristik Baterai LiFePO₄

Parameter	Value
Kapasitas	6000mAh
Tegangan	3.2 V
Charging Voltage	3.65V
Charging Current	0.5C
Discharging Voltage	2V
Discharging Current	0.5C (Min) 3.0C (max)
Temperature Range	0°C -35°C

2.2.3 Open Circuit Voltage (OCV)

Perhitungan SoC menggunakan metode *Open Circuit Voltage* (OCV) dapat dilakukan dengan mengukur nilai tegangan baterai pada saat rangkaian dibuka dengan tujuan untuk mengetahui nilai tegangan awal baterai. Metode ini sangat efektif dalam menentukan perkiraan SoC baterai.



Gambar 2. 2 Rest Periode

Dalam pengaplikasiannya, baterai membutuhkan waktu 30 menit hingga 2 jam untuk mendapatkan pembacaan OCV yang stabil. Periode di mana baterai tidak menerima daya atau memasok daya disebut "*rest periode*". Waktu henti baterai ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada Gambar 2.2, ketika baterai berada pada kondisi open circuit, tegangan pada baterai meningkat sangat cepat pada awalnya, tetapi seiring waktu, peningkatan tegangan ini menurun hingga tegangan baterai berada pada kondisi stabil. Oleh karena itu dalam pengukuran baterai dengan metode OCV perlu diperhatikan koefisien *downtime* baterai agar diperoleh tegangan yang stabil [3]

2.2.4 State of Charge (SoC)

State of Charge (SoC) adalah rasio kapasitas energi yang tersedia (*remaining energy capacity*) dengan kapasitas energi maksimum (*maximum energy capacity*). Nilai SoC dinyatakan dalam rentang nilai 0% sampai 100%, di mana nilai 0% menyatakan baterai dalam keadaan kosong tanpa ada kapasitas energi tersimpan sedangkan nilai 100% adalah keadaan baterai ketika kapasitas energi tersimpan secara penuh[1].

2.2.5 Metode Coulomb Counting

Coulomb Counting adalah metode pengukuran kapasitas baterai berdasarkan prinsip hukum kekekalan muatan listrik. Metode ini melibatkan pengukuran jumlah muatan yang mengalir masuk dan keluar dari baterai selama siklus pengisian dan pengosongan.

Pada dasarnya, *Coulomb Counting* menghitung jumlah elektron yang

melewati penghubung baterai selama proses pengisian dan pengosongan. Setiap elektron memiliki muatan sebesar $1,6 \times 10^{-19}$ Coulomb. Dengan mengukur jumlah muatan yang mengalir, dapat dihitung kapasitas baterai yang tersisa atau yang telah terisi.

Metode *Coulomb Counting* membutuhkan pengukuran arus dan waktu secara terus-menerus selama pengisian dan pengosongan baterai. Dengan mengintegrasikan arus terhadap waktu, dapat diperoleh jumlah muatan total yang telah melewati baterai. *Coulomb Counting* adalah metode yang umum digunakan dalam sistem manajemen baterai (*Battery Management System*) untuk memantau dan mengestimasi kapasitas baterai yang tersisa. Dengan memperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi perhitungan, metode ini dapat memberikan perkiraan yang akurat tentang kapasitas baterai yang tersisa. Adapun *State of Charge* (SoC) dapat dicari dengan menggunakan metode *Coulomb Counting* dengan persamaan sebagai berikut:

$$SOC(t) = (SOC(t_0) - (\frac{1}{C_n} \int_{t_0}^t I(t) dt)) \times 100\% \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- $SOC(t)$ = Estimasi Kapasitas baterai yang tersedia pada waktu t (%)
- $SOC(t_0)$ = Estimasi Kapasitas baterai awal pada waktu t_0 dalam desimal atau persen (misalnya 1.0 atau 100%)
- C_n = Kapasitas Nominal Baterai (Ah)
- $\int_{t_0}^t I(t) dt$ = Energi Total yang telah keluar atau masuk ke baterai selama interval waktu dari t_0 hingga t (Ah)
- $I(t)$ = arus baterai pada waktu t (Ah)

2.2.6 *Depth of discharge (DoD)*

Depth of discharge merupakan nilai yang digunakan untuk menggambarkan jumlah kapasitas baterai yang sudah digunakan. Apabila suatu baterai memiliki nilai SoC sebesar 100%, maka DoD baterai sebesar 0%. Apabila suatu baterai memiliki nilai SoC sebesar 75% maka, baterai tersebut memiliki DoD sebesar 25%. Jadi secara sederhana dapat dikatakan DoD merupakan kebalikan dari SoC. Apabila SoC menyatakan kapasitas baterai yang tersimpan, maka DoD menyatakan banyaknya kapasitas baterai yang sudah digunakan. Dalam penerapannya nilai DoD baterai yang digunakan akan mempengaruhi jumlah siklus (*cycles*) baterai itu sendiri. Dapat diketahui baterai LiFePO₄ akan memiliki siklus (*lifetime*) yang berbeda sesuai dengan besar atau kecilnya nilai DoD yang digunakan. Jumlah siklus baterai akan bernilai sekitar 2000 kali dengan DoD yang digunakan sebesar 100%. Sedangkan untuk DoD sebesar 80% baterai akan memiliki siklus sekitar 4000 kali, angka ini setara dengan 10 tahun. Pemilihan nilai DoD yang digunakan akan sangat penting untuk menentukan jumlah siklus atau umur baterai yang diinginkan. Mengingat semakin besar nilai DoD yang digunakan maka nilai siklus akan semakin kecil. [11]

2.3 **Sensor Arus (ACS 712)**

Sensor arus ACS 712 merupakan sebuah IC yang dibungkus untuk difungsikan sebagai sensor arus untuk menggantikan *transformator* arus berskala besar. Sensor ACS 712 ini merupakan salah satu produk dari *allegro*

yang fungsinya adalah untuk solusi ekonomis dan presisi dalam pembacaan arus AC maupun DC. Sinyal tegangan yang dikeluarkan sensor ACS 712 5V selanjutnya akan menjadi input pada mikrokontroler.

Bekerja pada <i>supply</i> tegangan	5 V
Dapat mengukur arus AC dan DC	
Waktu <i>Risetime output</i>	5 uSecond
Total kesalahan <i>output</i>	1.5% pada suhu 25°C
Resistansi konduktor keluaran	1.2 mOhm
Sensitivitas <i>output</i>	66 mV/A hingga 185 mV/A

Gambar 2. 3 Spesifikasi sensor arus ACS 712

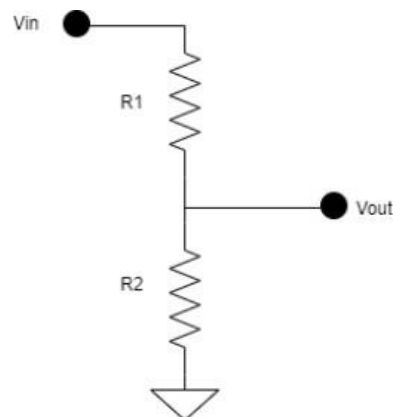
Sensor ACS 712 bekerja berdasarkan prinsip sensor *hall effect* dimana ACS 712 menggunakan medan magnet di sekitar arus untuk mengubahnya menjadi tegangan keluaran yang *linier* dengan perubahan arus. *Hall effect* adalah suatu hal yang terjadi saat aliran muatan pada plat logam yang ditempatkan pada medan magnet dibelokkan. Selain itu terdapat istilah *potensial hall*, *potensial hall* merupakan perbedaan potensial antara sisi-sisi plat yang disebabkan oleh pembelokan aliran muatan [1].

2.4 Sensor Tegangan (*Voltage divider*)

Rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*) diaplikasikan sebagai sensor tegangan yang diaplikasikan sebagai pembacaan data tegangan pada sistem *monitoring* baterai LiFePO₄.

Rangkaian *voltage driver* difungsikan sebagai suatu rangkaian yang akan memperkecil tegangan sesuai dengan perbandingan yang telah dihitung menggunakan persamaan (2.2) [6]:

$$V_o = V_{bat} \times \frac{R_2}{R_1 + R_2} \dots\dots\dots (2.2)$$



Gambar 2. 4 Rangkaian voltage divider

Tegangan pada baterai yang dapat diukur oleh *voltage divider* memiliki nilai maksimal yaitu 30V, sedangkan pin ADC pada mikrokontroler hanya mampu membaca tegangan sebesar 3.3V maka diperlukan pencocokan kalibrasi dengan melakukan perhitungan rangkaian *voltage divider* Permisalan :

$V_{Input} = 30 \text{ V}$ (tegangan pada baterai).

$V_{Output} = 3.3 \text{ V}$ (batas atas tegangan pada ESP 32).

$R_2 = 1 \text{ K ohm} \approx 1.000 \text{ ohm}$

Maka

$$\begin{aligned}
 3.3 &= \frac{1K}{R_1 + 1K} \times 30 \\
 R_1 (3.3) + 1K (3.3) &= 30.000 \\
 3.3 R_1 &= 26.700 \\
 R_1 &= 8.090 \text{ ohm}
 \end{aligned}$$

Perhitungan di atas memberikan nilai resistansi resistor yang digunakan untuk membuat rangkaian pembagi tegangan dimana $R_1 = 8.090 \text{ ohm}$ dan $R_2 = 1.000 \text{ ohm}$.

2.5 Arduino UNO

Mikrokontroler adalah *chip* yang fungsinya untuk pengendali rangkaian elektronika, dan memiliki kemampuan untuk menyimpan program, salah satu contohnya adalah arduino. Arduino adalah sebuah platform dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Disebut sebagai platform karena, Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah suatu kombinasi dari *hardware*, bahasa pemrograman dan *Integrated Development Environment* (IDE) yang canggih. Ada banyak proyek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino 10 berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi [8].



Gambar 2. 5 Arduino UNO

2.6 Arduino IDE (Integrated Development Enviroment)

IDE itu merupakan kependekan dari *Integrated Development Environment*,

atau secara bahasa mudahnya merupakan lingkungan terintegrasi yang digunakan untuk melakukan pengembangan. Disebut sebagai lingkungan karena melalui *software* inilah Arduino dilakukan pemrograman untuk melakukan fungsi-fungsi yang benamkan melalui sintaks pemrograman. Arduino menggunakan bahasa pemrograman sendiri yang menyerupai bahasa C. Bahasa pemrograman Arduino (*Sketch*) sudah dilakukan perubahan untuk memudahkan pemula dalam melakukan pemrograman dari bahasa aslinya. Sebelum dijual ke pasaran, IC *microcontroller* Arduino telah ditanamkan suatu program bernama *Bootlader* yang berfungsi sebagai penengah antara *compiler* Arduino dengan *microkontroller* Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA. Arduino IDE juga dilengkapi dengan library C/C++ yang biasa disebut *Wiring* yang membuat operasi input dan output menjadi lebih mudah [8].

2.7 OLED (Organic Light-Emitting Diode)

Sesuai dengan namanya *OLED (Organic Light-Emitting Diode)* merupakan komponen elektronika yang digunakan sebagai *display* atau *monitor* penampil suatu data, baik berupa karakter, huruf, angka, maupun grafik. *OLED* merupakan piranti penting dalam teknologi elektroluminensi. Teknologi *OLED* dikembangkan untuk memperoleh tampilan yang luas, fleksibel, murah dan dapat digunakan sebagai layar yang efisien untuk berbagai keperluan layar tampilan. Jumlah warna dari cahaya yang dipancarkan oleh peranti *OLED* berkembang dari satu warna menjadi multi-warna. [9]

Berikut merupakan Tabel spesifikasi *OLED* :

Tabel 2. 2 Spesifikasi OLED

Item	Dimension	Unit
Dot Matrix	128 x 64	-
Module dimension	73.0 x 41.86 x 2.15	mm
Active Area	61.41 x 30.69	mm
Pixel Size	0.45 x 0.45	mm
Pixel Pitch	0.48 x 0.48	mm
Display Mode	Passive Matrix	
Display Color	Monochrome (Yellow)	
Drive Duty	1/64 Duty	

2.8 *MicroSD Card*

Kartu SD bekerja pada 3.3V tetapi jika ingin menggunakannya dengan Arduino untuk menyimpan data maka harus menggunakan SD modul kartu. Modul kartu SD yang digunakan adalah untuk kartu *micro* SD dan menggunakan FET untuk level pergeseran dan juga regulator 3.3V yang mengubah 5V dari Arduino ke 3.3V untuk kartu *micro* SD. Kartu SD Arduino modul memiliki soket untuk kartu SD di sisi belakang. Dengan enam pin, VCC dan GND untuk daya dan empat pin lainnya untuk komunikasi SPI. Empat pin lainnya adalah sebagai berikut: *MISO* (*Master in Slave out*), *MOSI* (*Master out slave in*), *SCK* (Jam Sistem), dan *CS* (Pilihan Chip). Modul kartu SD ini menggunakan FET untuk pemindahan level dan juga memiliki pengatur tegangan yang mengubah 5V menjadi 3.3V. Komunikasi antara Arduino dan modul kartu SD dilakukan dengan menggunakan SPI. [10]



Gambar 2. 6 MicroSD Card

Berikut merupakan Tabel spesifikasi *Mini MicroSD Card* :

Tabel 2. 3 Spesifikasi Mini MicroSD Card

<i>Microcontroller</i>	<i>ESP8266</i>
Tegangan kerja	2,5 - 3,6 V
Arus kerja	80 mA
Frekuensi	2,4 GHz – 2,5 GHz
<i>GPIO</i>	13 Pin
Kanal PWM	10 Pin
Wifi mode	Station/softAP/softAP+Station
keamanan	WPA/WPA2
<i>Network Protocols</i>	IPv4, TCP/UDP/HTTP

2.9 Buzzer

Buzzer adalah sebuah komponen elektronika yang berfungsi untuk mengubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja *Buzzer* hampir sama dengan *loud speaker*, jadi *Buzzer* juga terdiri dari kumparan yang terpasang pada diafragma dan kemudian kumparan tersebut dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet, kumparan tadi akan tertarik ke dalam atau keluar, tergantung dari arah arus dan polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap gerakan kumparan

akan menggerakkan diafragma secara bolak-balik sehingga membuat udara bergetar yang akan menghasilkan suara. *Buzzer* biasa digunakan sebagai indikator bahwa proses telah selesai atau terjadi suatu kesalahan pada sebuah alat (alarm). [12]



Gambar 2. 7 Buzzer

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir ini dilaksanakan pada bulan April 2023 – Juli 2024, di Laboratorium Terpadu Teknik Elektro.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Satu unit laptop Laptop- Acer Swift 3^x dengan spesifikasi 11th Gen Intel(R) Core(TM) i5-1135G7 @ 2.40GHz 2.42 GHz,
2. Arduino MEGA,
3. Sensor ACS 712,
4. Baterai LiFePO4,
5. Sensor Tegangan *Voltage divider*,
6. *OLED (Organic Light-Emitting Diode)*,
7. *Mini microSD Adapter*,
8. Kartu SD 32GB,
9. Box,

10. Arduino IDE,
11. *Power Supply*
12. Dinamo Motor DC
13. *Buzzer*

3.3 Spesifikasi alat

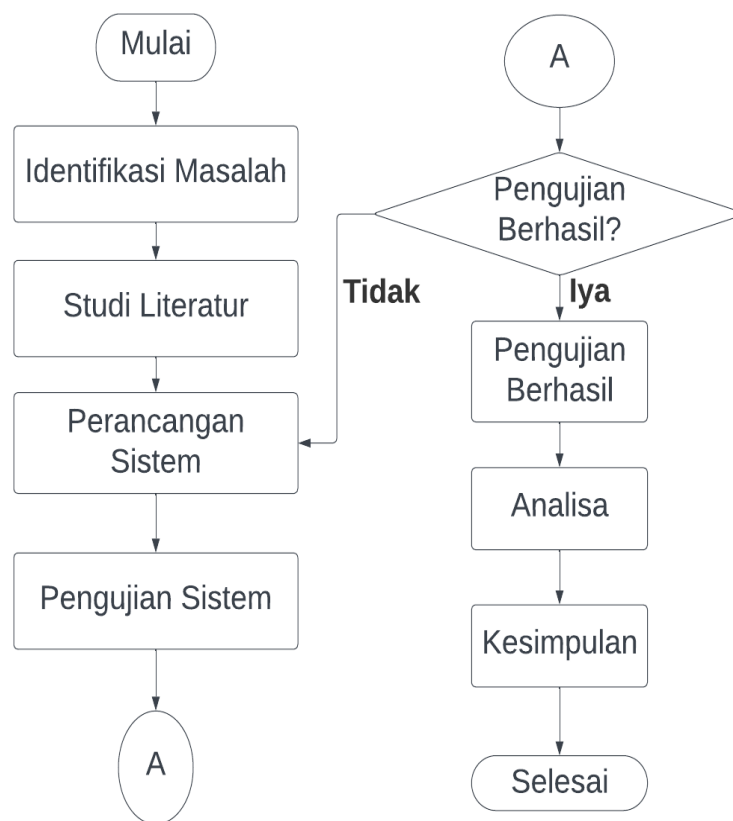
Adapun spesifikasi alat pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laptop Laptop-Acer Swift 3^x berfungsi untuk memprogram Arduino Uno melalui software Arduino IDE.
2. Arduino MEGA berfungsi untuk mengunci serial komunikasi dari arduino UNO dan penghubung antara prototipe dengan website melalui koneksi Wifi.
3. Sensor ACS 712 berfungsi untuk mengetahui nilai arus.
4. Sensor Tegangan *Voltage divider* berfungsi untuk mengetahui nilai tegangan.
5. *OLED (Organic Light-Emitting Diode)* berfungsi untuk menampilkan data hasil pengukuran yang telah diproses.
6. *MicroSD Adapter* berfungsi untuk menyimpan data perhitungan *State Of Charge*.
7. *Power Supply* berfungsi untuk menyediakan atau menyuplai energi listrik sebagai media pengambilan data arus dan tegangan.
8. Baterai LiFePO4 berfungsi sebagai objek pengukuran.
9. Dynamo Motor DC berfungsi sebagai beban dalam proses pengosongan baterai.
10. *Buzzer* berfungsi sebagai tanda peringatan *Depth Of Discharge*.

11. Arduino IDE sebagai platform pengembangan perangkat lunak yang terintegrasi untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah kode ke papan mikrokontroler Arduino

3.4 Prosedur penelitian

Adapun prosedur penelitian yang digunakan pada penelitian adalah :



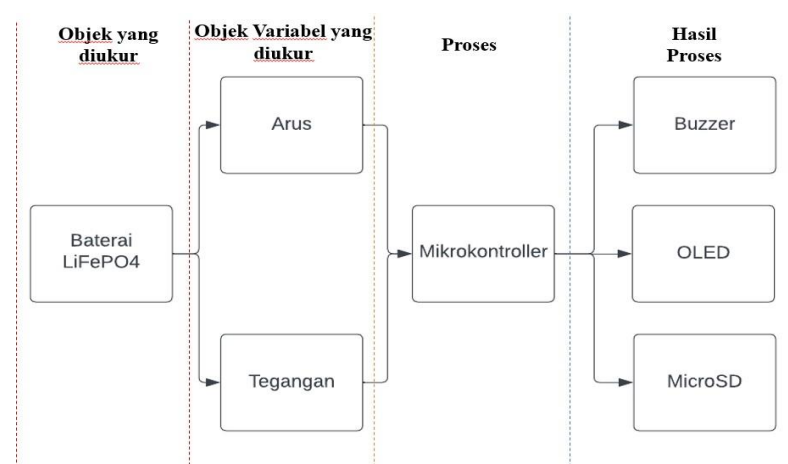
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengidentifikasi masalah yang akan dibuat, setelah mendapat ide kemudian ke tahap berikutnya yaitu studi literatur dimana pengumpulan bahan seperti, jurnal, artikel, buku dan lainnya digunakan sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian. Setelah bahan yang dipelajari cukup penelitian dilanjutkan dengan menentukan

spesifikasi sistem secara detail yang akan dirancang. Jika spesifikasi yang ditentukan tersedia maka perancangan dapat dilakukan namun jika spesifikasi yang ditentukan tidak tersedia maka perancangan belum dapat dilanjutkan dan kembali ke tahap studi literatur. Jika sistem sudah dirancang maka tahap selanjutnya adalah pengujian sistem, jika dalam tahap pengujian alat berhasil maka akan dilanjutkan ke tahap pengambilan data dan jika belum berhasil maka akan kembali ke tahap perancangan sistem. Kemudian setelah pengambilan data dengan berbagai parameter ditentukan maka tahap selanjutnya adalah menganalisis dan menyimpulkan hasil dari penelitian yang telah dirancang. Adapun prosedur yang akan dilakukan pada penelitian ini dijelaskan dengan diagram alir bertujuan untuk mempermudah penjelasan langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan pada penelitian ini.

3.5 Diagram blok Perancangan model *prototipe*

Pada penelitian ini dilakukan konsep rancangan seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Diagram blok perancangan model prototipe

Berdasarkan diagram blok Gambar 3.2. secara sederhana, konsep dari

rancangan alat ukur monitoring *State of Charge* yang dibangun terdiri dari empat blok utama. Pertama adalah baterai LiFePO4 sebagai objek pengukuran, kedua pada rancangan alat terdapat sensor arus untuk pembacaan arus pada objek dan sensor tegangan untuk pembacaan tegangan pada objek, kemudian hasil pembacaan arus dan tegangan diterima mikrokontroller, mikrokontroller sebagai tempat proses estimasi *State of Charge* yang hasilnya akan menjadi indikasi terhadap *Buzzer* dan data yang ditampilkan pada *OLED* dan disimpan kedalam MicroSD.

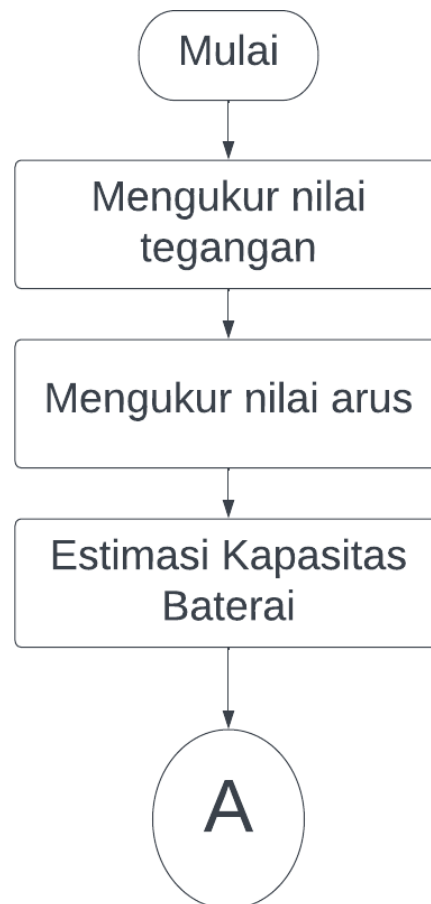
3.6 Diagram Alir Proses

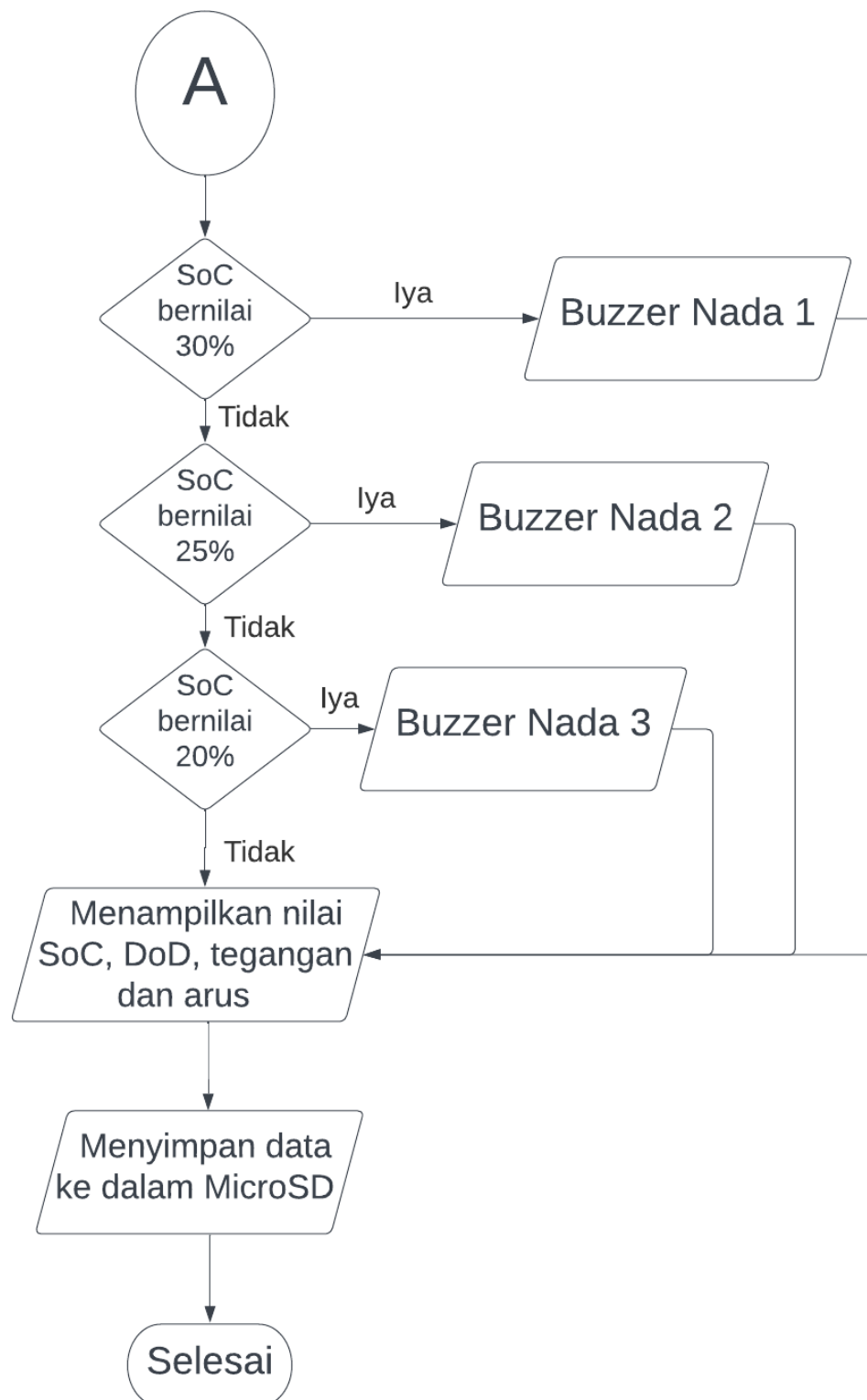
Tahapan yang dilakukan dalam sistem *monitoring* estimasi SoC baterai LiFePO4 sesuai dengan diagram blok model prototipe pada gambar 3.3 didapatkan diagram alir proses. Pada Gambar 3.3. menjelaskan proses *monitoring* estimasi SoC baterai LiFePO4, langkah proses meliputi:

1. Mengukur nilai Tegangan dan Arus pada objek baterai LiFePO4 oleh sensor tegangan dan ACS 712 5A, kemudian dilakukan perhitungan estimasi kapasitas baterai tersedia dan terpakai.
2. Menentukan kondisi *input Buzzer* menjadi tiga kondisi, setiap kondisi memberikan perintah berbeda terhadap *Buzzer* yaitu nada 1, nada 2, dan nada 3.
3. Setiap nada menjadi penentu aktivasi *Buzzer*.
 - Nada 1 untuk mengaktifkan bunyi *Buzzer* sebanyak 3 kali.
 - Nada 2 untuk mengaktifkan bunyi *Buzzer* sebanyak 2 kali.
 - Nada 3 untuk mengaktifkan bunyi *Buzzer* sebanyak 1 kali.

4. Proses estimasi kapasitas baterai LiFePO₄ berlangsung selama penggunaan objek ukur berupa baterai sebagai sumber tenaga motor listrik DC.

Berikut Diagram Alir Proses :





Gambar 3. 3 Diagram Alir Proses

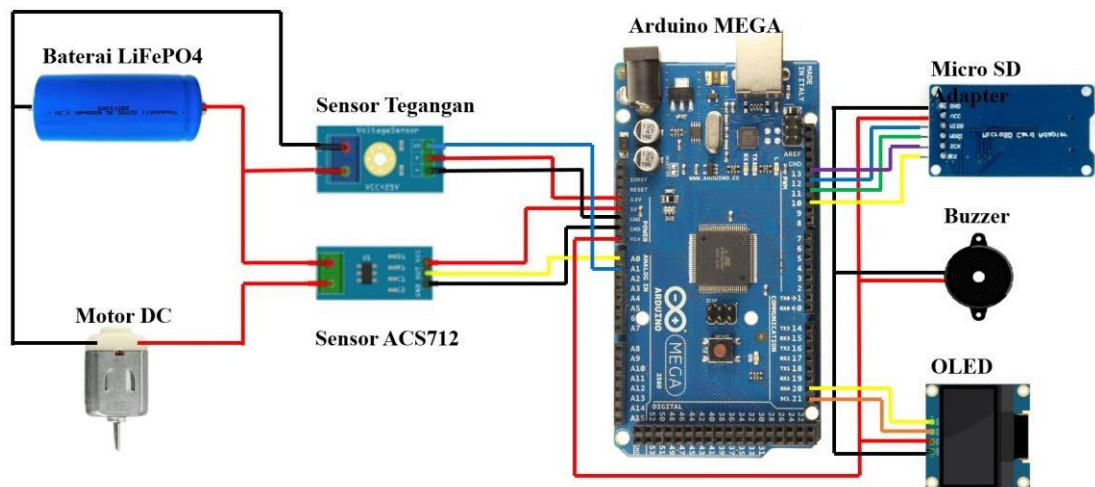
3.7. Desain Perancangan alat

Desain Rancangan alat monitoring SoC terdiri dari:

1. Prinsip Kerja Alat.
2. Rancangan rangkaian alat.

3.7.1 Prinsip Kerja Alat

Pada penelitian ini dirancang sebuah alat pengukur kapasitas baterai LiFePO₄. Prinsip kerja alat yaitu melakukan pembacaan nilai tegangan awal baterai terlebih dahulu untuk mengetahui kapasitas baterai saat kondisi awal dengan metode *open circuit voltage* sebagai nilai referensi pembacaan metode *Coulomb Counting* yang akurat kemudian baterai LiFePO₄ akan menghidupkan motor dc sebagai beban untuk melakukan *Depth Of Discharge* atau pengosongan kapasitas baterai dalam pengukuran, kemudian sensor arus akan melakukan pembacaan dan pengukuran nilai arus nilai pembacaan dan pengukuran sensor tegangan dan arus akan diproses Arduino Uno dengan program yang sudah dibuat melalui *software arduino IDE* agar dapat ditampilkan pada *OLED*, data hasil pengukuran tersimpan ke dalam *MicroSD* dan juga arduino uno berperan untuk memberikan indikasi terhadap *Buzzer* dalam menghidupkan *Buzzer* pada kondisi yang telah ditentukan yaitu 30%, 25% dan 20%. Alat ini dirancang menggunakan sensor arus ACS 712, sensor tegangan, *microcontroller* Arduino uno, *OLED*, *MicroSD*, *Buzzer*. Perancangan alat ini digunakan untuk mengetahui suhu dan kelembaban dari kompos perhari dan data tersimpan secara otomatis ke dalam *website* dan *MicroSD*. Adapun desain alat sebagai berikut :



Gambar 3. 4 Wiring Diagram Alat SoC Pada Baterai LiFePO4

Keterangan skema alat estimasi SoC yaitu :

1. Baterai LiFePO4 berfungsi sebagai objek pengukuran kapasitas baterai.
2. Motor DC berfungsi sebagai beban pengosongan baterai.
3. Sensor arus ACS 712 5A dan Sensor Tegangan berfungsi sebagai komponen pembacaan arus dan tegangan yang keluar atau masuk yang hasilnya akan menjadi data masukan pada mikrokontroler.
4. Arduino Uno mikrokontroler berfungsi sebagai tempat pengolahan data dan pengoperasian sistem perhitungan kapasitas baterai.
5. *Buzzer* berfungsi sebagai objek peringatan hasil dari pembacaan estimasi kapasitas saat kondisi baterai berada di 30%, 25%, dan 20%.
6. *OLED* berfungsi menampilkan hasil pembacaan dan perhitungan estimasi kapasitas baterai terhadap pengguna saat melakukan *monitoring*.
7. *Micro SD* berfungsi sebagai media penyimpanan data *monitoring* estimasi kapasitas baterai.

3.7.2. Rancangan rangkaian alat

Rancangan rangkaian alat *monitoring* SoC terdiri dari:

1. Pengukuran *Variabel*

Pada pengukuran *variabel* bertujuan untuk menghasilkan nilai yang digunakan sebagai input pada proses estimasi kapasitas baterai, sensor yang digunakan yaitu:

- Sensor Tegangan

Sensor tegangan berfungsi untuk melakukan pengukuran *variabel* nilai tegangan, untuk program perhitungan menggunakan sensor tegangan sebagai berikut :

```
int sensorValue = analogRead(VOLTAGE_PIN);
float tegangan = (sensorValue / 1023.0) * 5.0;
float batteryVoltage = 1*(tegangan)+8;
```

- Sensor Arus ACS 712 5A

Sensor tegangan berfungsi untuk melakukan pengukuran *variabel* nilai tegangan, untuk program perhitungan menggunakan sensor tegangan sebagai berikut :

```
int arus = analogRead(ACS 712_PIN);
arus = arus - 511;
if (arus < 0) arus = 0;
float Current = arus * 26;
```

```
float batteryCurrent = 0.1313*(Current)+1451.7;
```

2. Proses Estimasi Kapasitas Baterai

Pada proses estimasi kapasitas baterai input berupa hasil dari pengukuran sensor diproses untuk menghasilkan nilai estimasi SOC dan DoD yang hasilnya akan dijadikan input pada bagian hasil *monitoring*, untuk program proses estimasi kapasitas baterai sebagai berikut :

```
void coulombcounting() {
    unsigned long currentMillis = millis();
    if (currentMillis - previousMillis >= SAMPLING_INTERVAL) {
        previousMillis = currentMillis;}

    float    currentDischarge    =    batteryCurrent    *
        SAMPLING_INTERVAL / 3600000.0;
    accumulatedDischarge += currentDischarge;

    float DoD = (accumulatedDischarge / BATTERY_CAPACITY) *
        100.0;

    float  SOCa  =  map(batteryVoltage,  EMPTY_VOLTAGE,
        FULLY_CHARGED_VOLTAGE, 0, 100);

    SOCa = constrain(SOCa, 0, 100);

    float SOC = SOCa - DoD;
```

3. Hasil *Monitoring*

Pada proses hasil *monitoring* nilai yang akan ditampilkan didapat dari hasil pengukuran sensor dan proses perhitungan estimasi kapasitas baterai, *Monitoring* penelitian ini terdapat tiga bagian yaitu:

- *OLED*

Hasil *monitoring* yang akan ditampilkan pada *OLED* bertujuan sebagai media pemantauan secara langsung, untuk program sebagai berikut:

```
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(WHITE);
display.setCursor(0, 10);
display.println(String("Arus : ") + batteryCurrent + " mA");
display.setCursor(0, 20);
display.println(String("Tegangan : ") + batteryVoltage + "
    V");
display.setCursor(0, 30);
display.println(String("SOC : ") + SOC + " %");
display.setCursor(0, 40);
display.println(String("DOD : ") + DoD + " %");
display.setCursor(0, 50);
display.println(String("Coulomb : ") + accumulatedDischarge
    + " C");
display.display();
```

```
display.clearDisplay();
```

- Buzzer

Hasil *monitoring* pada *Buzzer* bertujuan untuk sebagai sistem peringatan kepada pengguna untuk mengetahui kondisi *Buzzer* pada kondisi – kondisi yang harus diperhatikan sebagai anjuran baterai harus segera dilakukan pengisian demi menjaga kesehatan baterai, untuk program sebagai berikut:

```
// kondisi aktivasi nada 1
```

```
if (DoD == 70.00) {
    tone(BuzzerPin, 2000);
    delay(1000);
    noTone(BuzzerPin);
    delay(1000);
    numSounds++;
    if (numSounds >= 3) {
        exit(0); } }
```

```
// kondisi aktivasi nada 2
```

```
else if (DoD == 75.00) {
    tone(BuzzerPin, 2000);
    delay(1000);
    noTone(BuzzerPin);
    delay(1000);
    numSounds++;
```

```

if (numSounds >= 2) {

  exit(0); }

// kondisi aktivasi nada 3

else if (DoD == 80.00) {

  tone(BuzzerPin, 2000);

  delay(1000);

  noTone(BuzzerPin);

  delay(1000);

  exit(0); }

```

- Micro sd

Hasil proses seluruh sistem *monitoring* kapasitas baterai disimpan bertujuan sebagai data yang akan diolah pada penelitian dalam bentuk *excel*, program sebagai berikut:

```

dataFile = SD.open("data.txt", FILE_WRITE);

if (dataFile) {

  dataFile.print("Battery Voltage: ");

  dataFile.print(batteryVoltage, 2);

  dataFile.print(" V ");

  dataFile.print(",");

  dataFile.print("Battery Current: ");

  dataFile.print(batteryCurrent, 2);

  dataFile.print(" mA ");

  dataFile.print(",");

```

```
dataFile.print("Accumulated Discharge: ");  
dataFile.print(accumulatedDischarge, 2);  
dataFile.print(" C ");  
dataFile.print(",");  
dataFile.print("DoD: ");  
dataFile.print(DoD, 2);  
dataFile.print(" %");  
dataFile.print(",");  
dataFile.print("SOC: ");  
dataFile.print(SOC, 2);  
dataFile.print(" %");  
dataFile.println("");  
dataFile.close();  
delay(1000);  
} else {  
Serial.println("Error opening data.txt for writing");}
```

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Adapun simpulan yang diperoleh berdasarkan penelitian ini yaitu:

1. Telah terealisasi alat estimasi *State of Charge* (SoC) pada baterai LiFePO₄ menggunakan metode *Coulomb Counting* dengan hasil perhitungan alat estimasi *State of Charge* (SoC) pada baterai LiFePO₄ menggunakan metode *Coulomb Counting*.
2. Informasi data monitoring estimasi *State of Charge* (SoC) baterai LiFePO₄ berhasil dikirimkan berupa tegangan baterai, arus terpakai, SoC, dan DoD pada OLED dan MicroSD.
3. *Buzzer* aktif sesuai dengan rancangan dimana nada 1, nada 2, dan nada 3 aktif sesuai kondisi SoC secara berurut pada 30%, 25%, dan 20%.

5.2 SARAN

1. Menambahkan faktor selain variabel arus dan tegangan dalam melakukan estimasi kapasitas baterai seperti variabel suhu.
2. Menambahkan media untuk menampilkan pemantauan jarak jauh.
3. Menambahkan cell balancing dalam bagian sistem manajemen baterai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rahmawan Zainul. 2018. *Estimasi State of Charge (SOC) pada baterai lead-acid dengan menggunakan metode Coulomb Counting pada pv hybrid*. [SKRIPSI]. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Ihsan M Rafli Nur. 2021. *Sistem Manajemen Baterai Dan Energi Untuk Sistem Listrik Hibrid Energi Terbarukan Dengan Dukungan Teknologi Internet-Of-Things*. [SKRIPSI]. Universitas Hasanuddin Makasar.
- [3] Bayu A, Darmawan D, Qurthobi A. 2017. *Perancangan Dan Implementasi Alat Ukur State of Charge Sistem Pengawasan Pada Baterai Lead Acid Menggunakan Metode Open Circuit Voltage*. e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.1 April 2017 | Page 752
- [4] Asti Herlina, P. M. R., 2016. *Sistem Informasi Monitoring Pengembangan Software Pada Tahap Development Berbasis Web*. Jurnal Informatika.
- [5] H. U. Yin-quan, L. I. U. He-ping, Z. Yi, and L. I. U. Kai-feng, "Charging Method Research for Lithium Iron Phosphate Battery," vol. 15, pp. 4367–4371, 2011
- [6] Muhammad Otong, D. A. R. W., 2019. *Perancangan Modular Baterai Lithium Ion (Li-Ion). Untuk Beban Lampu Led*. Jurnal Ilmiah Sentrum
- [7] Datasheet ESP32 DEVKIT V1. Ekspresif IoT team.

(<https://github.com/playelek/pinout-doit-32devkitv1>)

[8] Sinauarduino, 2016. Mengenal Software Arduino

(<https://www.sinauarduino.com/artikel/mengenal-arduino-software-ide/>)

[9] Datasheet *OLED (Organic Light-Emitting Diode)*. Vishay.

[10] Datasheet Mini MicroSD Card.

(<https://components101.com/misc/microsd-card-pinout-datasheet>)

[11] PT. International Chemical Industry. *Cylindrical LiFePO4 Battery Cell IFR26650 3.6Ah*. Document No.: SLC.002

[12] Mardiaty R, Ashadi F, Sugihara G F, 2016. “Rancang Bangun Prototipe Sistem Peringatan Jarak Aman pada Kendaraan Roda Empat Berbasis Mikrokontroler ATMEGA32”. TELKA, Vol.2, No.1, Mei 2016, pp. 53~61
ISSN: 2502-1982