



TUGAS AKHIR – LI1956404

**Rancang Bangun *Prototype Battery Protection*
Terhadap *Overcharge Dan Overdischarge***

ACHMAD MUGHOFIR

NRP 33112301002

Dosen Pembimbing I:

Moch. Nur Adiwana, M.T.

Dosen Pembimbing II:

Dr. Kukuh Widarsono, M.T.

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK LISTRIK
INDUSTRI**

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI1956404

Rancang Bangun *Prototype Battery Protection Terhadap Overcharge Dan Overdischarge*

ACHMAD MUGHOFIR

NRP 33112301002

Dosen Pembimbing I:

Moch. Nur Adiwana, M.T.

Dosen Pembimbing II:

Dr. Kukuh Widarsono, M.T.

PROGRAM STUDI DIPLOMA III TEKNIK

LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementrian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi:

Nama : Achmad Mughofir

NRP : 33112301002

Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir saya buat dengan judul Rancang Bangun *Prototype Battery Protection* Terhadap Overcharge Dan *Overdischarge*:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam refrensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian- bagian tertentu digunakan refrensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui refrensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui refrensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari Kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam refrensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.

Sampang, 15 April 2026

Yang menyatakan,



Achmad Mughofir

NRP. 33112301002

**LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG
TUGAS AKHIR**

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun *Prototype Battery Protection Terhadap Overcharge Dan Overdischarge*

Penulis : Achmad Mughofir

NRP : 33112301002

Program Studi : Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk
diseminarkan.

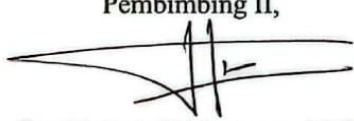
Ditandatangani di Sampang,
Menyetujui,

Pembimbing I,



Moch. Nur Adiwana, M.T.
NIP. 199707182025061006

Pembimbing II,



Dr. Kukuh Widarsono, M.T.
NIP. 198502232014041001

Koordinator Program Studi
D-III Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN *PROTOTYPE BATTERY PROTECTION* TERHADAP DAN *OVERDISCHARGE*

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik
Pada,
Jurusan teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh:
Achmad Mughofir
NRP. 33112301002

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 16 April 2026,
dan telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Moch. Nur Adiwana, M.T. (Pembimbing I)
2. Dr. Kukuh Widarsono, M.T. (Pembimbing II)
3. Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. (Penguji I)
4. Mohammad Nur, S.Si., M.T. (Penguji II)
5. Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. (Penguji III)

Sampang,

16 April 2026

Rancang Bangun *Prototype Battery Protection* Terhadap *Overcharge* Dan *Overdischarge*

Nama : Achmad Mughofir
NRP : 33112301002
Dosen Pembimbing 1 : Moch. Nur Adiwana, M.T.
Dosen Pembimbing 2 : Dr. Kukuh Widarsono, M.T.

ABSTRAK

Baterai Lithium-Ion memerlukan sistem proteksi untuk mencegah kerusakan akibat kondisi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat*. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *prototype Battery Protection* berbasis Arduino Uno pada baterai Lithium-Ion konfigurasi 3S (12,6 V). Sistem menggunakan sensor tegangan, sensor arus ACS712, sensor suhu DS18B20, dan MOSFET IRF3205 untuk memantau kondisi baterai serta mengendalikan proses pengisian dan pelepasan daya secara otomatis. Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu melakukan proteksi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat* sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, serta menampilkan nilai tegangan, arus, dan suhu secara *real-time*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *prototype* yang dirancang telah bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan sehingga dapat meningkatkan keamanan penggunaan baterai Lithium-Ion.

Kata Kunci: Battery Protection, Arduino Uno, Lithium-Ion 3S, *Overcharge*, *Overdischarge*, *Overheat*.

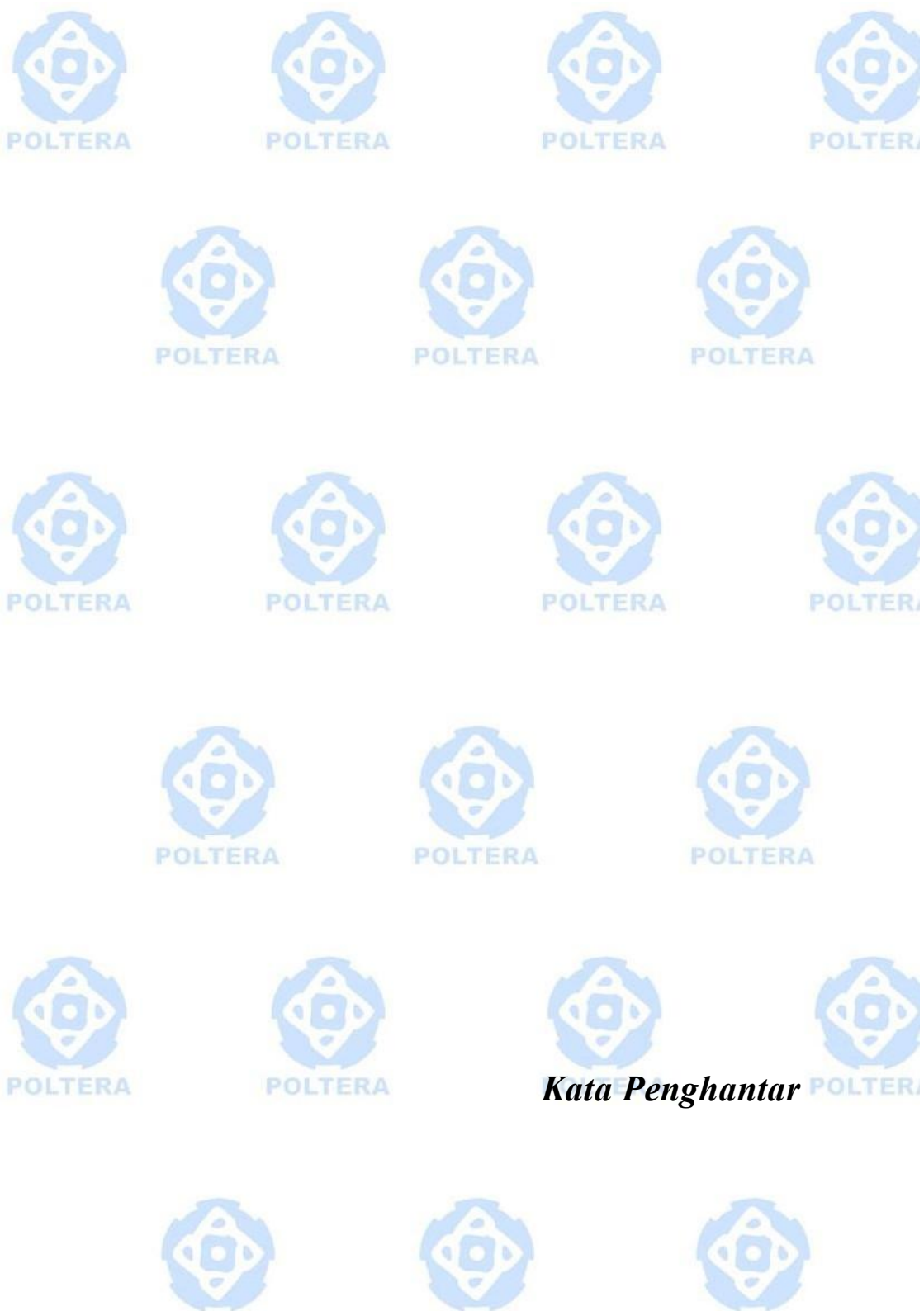
***DESIGN AND DEVELOPMENT OF A BATTERY
PROTECTIN PROTOTYPE FOR OVERCHARGE AND
OVERDISCHARGE***

Name : Achmad Mughofir
NRP : 33112301002
Supervisor 1 : Moch. Nur Adiwana, M.T.
Supervisor 2 : Dr. Kukuh Widarsono, M.T.

ABSTRACT

Lithium-ion batteries require a protection system to prevent damage caused by overcharge, overdischarge, and overheat conditions. This study aims to design and develop an Arduino Uno-based Battery Protection prototype for a 3S (12.6 V) lithium-ion battery pack. The system utilizes a voltage sensor, an ACS712 current sensor, a DS18B20 temperature sensor, and IRF3205 MOSFETs to monitor battery conditions and automatically control the charging and discharging processes. The experimental results show that the system successfully performs overcharge, overdischarge, and overheat protection according to the predefined parameters while displaying voltage, current, and temperature values in real time. The proposed prototype operates as expected and can improve the safety of lithium-ion battery operation.

Keywords: Battery Protection, Arduino Uno, 3S Lithium-Ion Battery, Overcharge, Overdischarge, Overheat.



Kata Pengantar

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri Jurusan Teknologi Elektro di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis berperan sebagai editor telah menyunting karya produk buku tentang proteksi Berdasarkan karya tersebut, penulis menyusun laporan TA berjudul “Rancang Bangun *Prototype Battery Protection Terhadap Overcharge Dan Overdischarge*”

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura.
2. Bapak M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M.T. selaku ketua jurusan Teknologi Elektro, yang telah memberikan dukungan dan kebijakan untuk memudahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan Teknologi Elektro, yang telah memberikan bantuan dan kemudahan administratif selama masa studi.
5. Bapak Bayu Praharsena, S.ST., M.T., selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Listrik Industri, atas dukungan dan koordinasinya yang memudahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak Moch. Nur Adiwana, M.T., selaku Pembimbing I
7. Bapak Dr. Kukuh Widarsono, M.T., selaku Pembimbing II
8. Bapak Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T., selaku penguji 1
9. Bapak Mohammad Nur, S.Si., M.T. Selaku penguji 2
10. Bapak Ibrahim Saiful Millah, S.T., M.Sc, Selaku penguji 3
11. Ibu Norma Mahmudah, S.T., M.T. Selaku wali dosen TLI- 23A
12. Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani mahasiswa selama penulis menempuh pendidikan di sini.
13. Alm. Abi tercintaku yang sudah bahagia disurga yang memberikan ilmu, fasilitas, finansial, dan juga jaminan kehidupan selama abi punya anak. Abi ninggalin kami H-7 seminar proposal.

14. Ebok surgaku yang selalu memberikan dukungan mulai dari awal hingga akhir, yang kasih sayangnya tiada masa, banyak hal yang diberikan mulai dari finansial, fasilitas, dan segalanya.
15. Saudaraku mbak Emil, dan adek-adeku Idros, Ilul, Kia, Zulfa, Albani, kak hafiz, izza yang sudah memberikan support yang tiada hentinya.
16. Keluarga besar dari abi, maupun dari ebok, dan juga guru-guruku SMP, SMA, yang tiada henti memberikan arahan dan juga dukungan.
17. Teman-temanku khususnya Ihwan, Rohid, Dea, Syahrul, Yuli, Ita, Sela, Rania, Pendi, Fajar, Adit R, Riski. Adit W, Anap, Firman, Umam, Fais, Bagas dan juga teman-teman Viking, yang sudah membantu mulai dari awal hingga akhir.
18. Teman-teman SMA, teman Gradost khususnya.
19. Katingku mbak febi, kak syaqif, kak didit, kak rifki, dll, yang telah memberikan arahan.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam tugas akhir ini. Oleh sebab itu, penulis mengharapakan saran dan kritik yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 27 Mei 2026

Achmad Mughofir

NRP. 33112301002



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR ISI

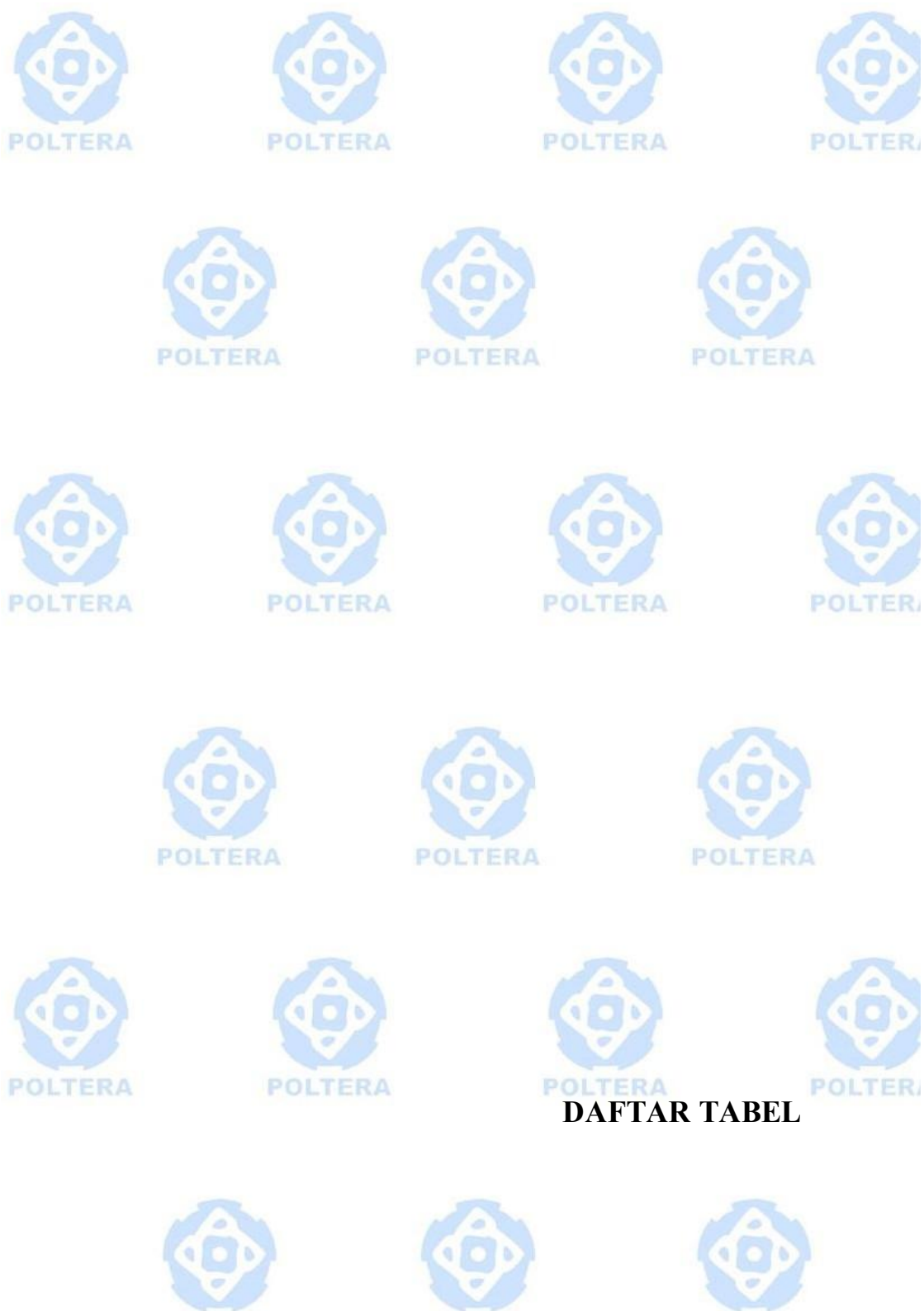


DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan.....	4
1.5 Manfaat.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Penelitian Sebelumnya	7
2.2 Landasan Teori	12

2.2.1 Overcharge.....	12
2.2.2 Overdischarge.....	12
2.2.3 Overheat.....	12
2.2.4 Baterai <i>Lithium-Ion</i>	13
2.2.5 Arduino Uno	14
2.2.6 MOSFET.....	15
2.2.7 Sensor Arus.....	17
2.2.8 Pembagi Tegangan.....	17
2.2.9 Sensor Suhu	19
2.2.10 LCD I2C 16x2	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tahapan Penelitian.....	22
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	22
3.3 Langkah-Langkah Penelitian.....	22
3.3.1 Diagram Alir Penelitian	22
3.3.2 Diagram Alir Sistem Kerja.....	25
3.3.3 Diagram Blok Sistem	28
3.3.4 Desain Elektrik.....	30

3.3.5 Desain PCB	31
3.3.6 Rencana Uji Akurasi Sensor Tegangan.....	32
3.3.7 Rencana Uji Proteksi (<i>Cut Off</i>)	33
3.4 <i>Timeline</i> Pengerjaan Alat.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	36
4.1 Kalibrasi Sensor Tegangan.....	36
4.2 Kalibrasi Sensor Suhu	39
4.3 Pengujian MOSFET	43
4.3.1 Pengujian Tegangan Terhadap MOSFET Charge	43
4.3.2 Pengujian Suhu Terhadap MOSFET <i>Charge</i> Dan <i>Discharge</i>	46
4.4 Keunggulan <i>Prototype Battery Protection</i> Terhadap <i>Overcharge</i> Dan <i>Overdischarge</i>	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Penelitian sebelumnya.....	6
Tabel 2.2	Tabel Perbedaan <i>Power Capability</i>	10
Tabel 3.1	Tabel Uji Akurasi Sensor Tegangan	20
Tabel 3.2	Tabel Hasil uji proteksi MOSFET	21
Tabel 4.1	Data Kalibrasi Sensor Tegangan.....	37
Tabel 4.2	Hasil Kalibrasi Sensor Suhu	40
Tabel 4.3	Data Pengujian MOSFET <i>Charge</i>	43
Tabel 4.4	Data Suhu Terhadap MOSFET	45



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Baterai <i>Lithium-Ion</i>	8
Gambar 2.2	Mikrokontroler Arduino Uno	9
Gambar 2.3	MOSFET IRF3205	10
Gambar 2.4	Sensor Arus	11
Gambar 2.5	Rangkaian Pembagi Tegangan	12
Gambar 2.6	Sensor Suhu DS18B20	12
Gambar 2.7	<i>LCD</i> 12x6	13
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian	15
Gambar 3.2	Diagram Alir Sistem Kerja Alat	16
Gambar 3.3	Diagram Blok Sistem	18
Gambar 3.4	Desain Elektrik 3S	18
Gambar 3.5	Desain PCB	19
Gambar 4.1	Kalibrasi Sensor Tegangan	37
Gambar 4.2	Grafik Kalibrasi Sensor Tegangan	39
Gambar 4.3	Grafik Kalibrasi Sensor Suhu	42



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN

Backup Data	62
-------------------	----



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

MOSFET : *Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor*

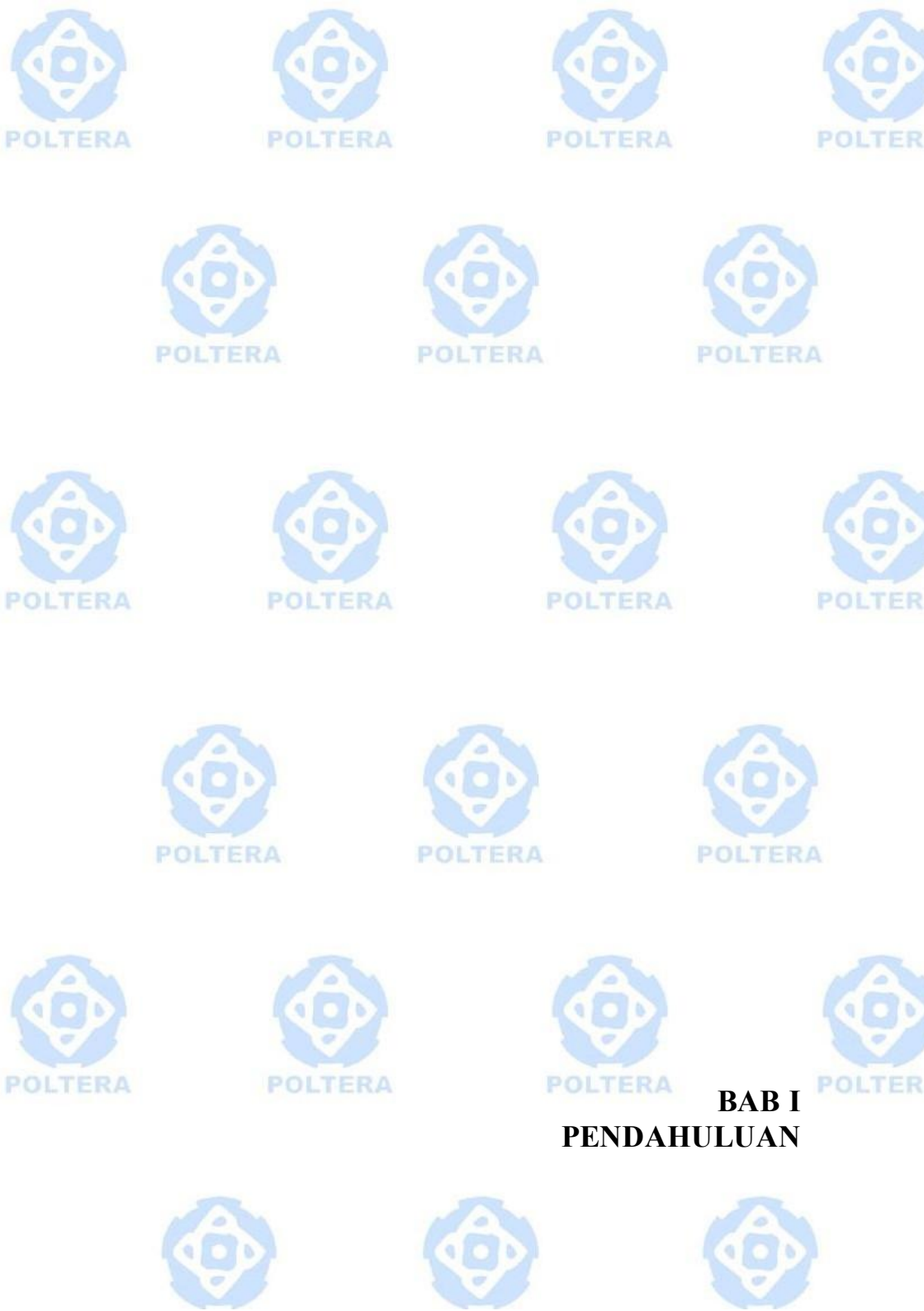
PLTS : Pembangkit Listrik Tenaga Surya

LCD : *Liquid Crystal Display*

BMS : *Battery Management System*

PCB : *Printed Circuit Board*

ADC : *Analog to Digital Converter*



BAB I PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi di era modern membuat kebutuhan akan sumber energi yang efisien, aman, dan berkelanjutan semakin meningkat. Berbagai perangkat elektronik, sistem transportasi, hingga infrastruktur energi masa kini sangat bergantung pada kemampuan menyimpan energi dalam jangka panjang. Dalam banyak aplikasi, baterai menjadi komponen utama yang berperan sebagai penyedia energi cadangan sekaligus penyangga stabilitas daya. Namun, seiring meningkatnya penggunaan baterai dalam berbagai skala, muncul tantangan baru terkait bagaimana memastikan baterai bekerja secara optimal dan tetap aman selama siklus hidupnya. Pada baterai yang digunakan dalam Matching Fun Mesin kapal Listrik Poltera, terjadi kerusakan baterai *pack* yang dimana baterai tidak dapat dilakukan pengecasan dikarenakan tegangan tidak dapat naik atau terisi. Kompleksitas karakteristik baterai, seperti perubahan kapasitas, sensitivitas suhu, serta perilaku kimia internal, menunjukkan perlunya suatu mekanisme pengelolaan yang mampu menjaga kualitas dan keandalannya.

Meningkatnya pemanfaatan perangkat elektronik, sistem energi terbarukan, dan kendaraan listrik di Indonesia berdampak langsung pada peningkatan jumlah limbah elektronik, termasuk baterai bekas. Badan Pusat Statistik (BPS) melalui publikasi *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023* mencatat bahwa pengelolaan sampah elektronik nasional masih belum optimal, di mana sebagian besar *e-waste* berakhir di tempat pembuangan

akhir tanpa proses daur ulang yang memadai [1]. Kondisi ini menunjukkan bahwa kerusakan baterai yang terjadi sebelum mencapai umur pakai idealnya dapat memperbesar *volume* limbah baterai, sehingga diperlukan sistem pengelolaan baterai yang mampu menjaga keandalan dan memperpanjang masa pakainya.

Masalah kerusakan baterai yang memperpendek umur pakai juga terlihat pada penggunaan baterai dalam sistem PLTS. Putra dan Zoni melaporkan bahwa ketidakteraturan proses pengisian dan pengosongan pada baterai Lithium menyebabkan penurunan performa yang signifikan. Dalam penelitiannya, baterai dengan konfigurasi 12 sel menunjukkan nilai *Depth of Discharge* (DoD) sebesar 14,24% dan umur pakai yang hanya mencapai sekitar 2.197 siklus atau 5 tahun 3 bulan, jauh lebih rendah dibandingkan potensi idealnya [2]. Kerusakan dini semacam ini pada skala besar tentunya akan berkontribusi terhadap tingginya volume baterai bekas yang dibuang sebelum waktunya.

Selain degradasi akibat pola penggunaan yang tidak terkontrol, penelitian Jamaah dkk. menunjukkan bahwa ketidakseimbangan tegangan antar sel merupakan salah satu penyebab utama kerusakan sel baterai karena sel yang lebih lemah akan mengalami beban lebih besar dan stres yang lebih tinggi [3]. Kondisi ini menyebabkan paket baterai kehilangan kapasitas lebih cepat dan memaksa pengguna mengganti baterai sebelum akhir masa pakainya. Selaras dengan itu, penelitian Nurcahyo dan Alimi menekankan bahwa tanpa proteksi terhadap kondisi *overcharge* dan *overdischarge*, baterai sangat rentan mengalami kerusakan elektrokimia yang bersifat permanen [4]. Kedua temuan ini memperkuat urgensi penerapan *Battery Management System* (BMS) untuk

menjaga stabilitas, fungsi proteksi, dan umur baterai, sekaligus mengurangi risiko penambahan limbah baterai di lingkungan.

Baterai lithium-ion memiliki risiko peningkatan suhu berlebih (*overheat*) yang dapat terjadi saat proses pengisian (*charging*) maupun pengosongan (*discharging*) akibat arus yang tinggi atau kondisi operasi yang tidak terkendali. Berdasarkan penelitian dalam jurnal *Battery Management System dengan Fitur Adaptive Current Protection terhadap Suhu*, kondisi *overheat* ditandai ketika suhu sel melebihi batas aman operasional, yaitu sekitar 45°C pada saat pengisian, sehingga sistem akan memutus aliran melalui MOSFET untuk mencegah kerusakan sel dan potensi bahaya yang lebih lanjut[5]

Dalam berbagai aplikasi penyimpanan energi, fluktuasi beban dan ketidakstabilan pasokan daya dapat membuat baterai rentan terhadap kondisi ekstrem. Oleh karena itu, diperlukan *Battery protection* yang tidak hanya melakukan pengaturan tegangan dan arus, tetapi juga mampu melakukan proteksi otomatis, dan pemantauan *real-time* untuk menjaga baterai tetap dalam kondisi kerja aman. Dengan demikian, peneliti membuat alat yang berjudul “**Rancang Bangun *Prototype Battery Protection Terhadap Overcharge Dan Overdischarge***”, penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem proteksi *overcharge* dan *overdischarge* menggunakan *Battery Protection* agar baterai dapat bekerja lebih aman, memiliki umur pakai lebih panjang, dan meningkatkan keandalan sistem baterai secara keseluruhan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem proteksi untuk mencegah terjadinya *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat* pada baterai?
2. Bagaimana cara *Battery Protection* memantau kondisi baterai untuk memastikan batas aman *overcharge*, *overdischarge* dan, *overheat* dapat dikenali dengan tepat?
3. Bagaimana kinerja sistem proteksi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat* yang diimplementasikan menggunakan *Battery Protection* terhadap kestabilan dan keamanan baterai?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah ditentukan agar tugas akhir ini dapat lebih terarah dan selaras sehingga tujuan yang diinginkan dapat tercapai. Berikut merupakan beberapa batasan masalah diantaranya:

1. Penelitian ini hanya difokuskan pada perancangan dan implementasi proteksi *overcharge* dan *overdischarge* pada baterai menggunakan.
2. Pengujian sistem difokuskan pada parameter tegangan, arus, dan suhu serta batas pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) baterai, tanpa membahas analisis sumber energi pengisi atau beban eksternal secara mendalam.
3. Sistem yang dirancang merupakan skala prototipe dengan satu tipe baterai tertentu, sehingga penelitian tidak mencakup perbandingan antar jenis baterai atau variasi kapasitas sistem yang berbeda tujuan.
4. Penelitian ini hanya berfokus pada proteksi baterai dengan metode *Cut Off*, tidak menggunakan metode *Active Balancing* dan *Passive Balancing*.

1.4 Tujuan

Berdasarkan latar belakang dari tugas akhir ini, maka tujuan pembuatan alat ini yaitu sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem *Battery Protection* yang mampu melakukan proteksi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat* pada baterai.
2. Menjelaskan mekanisme pemantauan kondisi baterai, meliputi pembacaan tegangan, arus, dan suhu untuk mengenali batas aman *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat*.
3. Menguji efektivitas dan kesetabilan *Battery Protection* dalam mencegah kerusakan baterai selama operasi melalui pengujian berbasis data tegangan, arus, suhu, dan kondisi baterai secara langsung.

1.5 Manfaat

Adapun beberapa manfaat yang didapatkan dari pembuatan alat untuk tugas akhir ini adalah:

1. Menghasilkan sistem *Battery Protection* yang mampu mencegah *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat* guna meningkatkan keamanan baterai.
2. Memberikan pemahaman mengenai mekanisme pemantauan tegangan, arus, dan suhu dalam mengenali batas aman operasi baterai.
3. Menyajikan hasil pengujian kinerja sistem untuk mengetahui efektivitas dan kestabilan proteksi terhadap keamanan dan umur pakai baterai.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Pada perancangan dan pembuatan “Rancang Bangun Prototype *Battery Protection* Terhadap *Overcharge* Dan *Overdischarge*”. Landasan yang digunakan dalam penelitian ini merujuk pada pemikiran yang relevan dengan topik yang dibahas:

Pada penelitian yang dilakukan oleh Argun G. Simanjuntak dkk. Dengan judul “*Pembuatan Battery Management System Dengan Proteksi Terhadap Overcharge*” merancang BMS yang berfokus pada proteksi *overcharge* dan *overheat* menggunakan sensor tegangan dan sensor suhu untuk memantau kondisi baterai secara *real-time*, dengan mikrokontroler sebagai pengendali yang bekerja bersama sensor arus dan tegangan dalam mendeteksi kondisi berbahaya; ketika terdeteksi *overcharge*, mikrokontroler memutus arus pengisian melalui *relay* sehingga dapat mencegah kenaikan suhu, kerusakan sel, penurunan umur pakai, hingga risiko kebakaran, dan hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem proteksi berbasis sensor dan *relay* ini efektif dalam mengamankan proses pengisian baterai. [6]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Hilal Yusuf Nurul dkk. dengan judul “*Analisa Balancing Bms (Battery Managementsystem) Pada Pengisian Baterai Lithium-Ion Tipe Inr 18650 Dengan Metode Cut Off*” ini berfokus pada analisis kinerja sistem *balancing* pada *Battery Management System* (BMS) menggunakan metode *cut off* pada baterai *lithium-ion* tipe INR 18650. Penelitian ini

menguji 15 sel baterai yang disusun dalam konfigurasi seri-paralel, dengan total kapasitas 11,1V 12.500 mAh, untuk melihat efektivitas proteksi tegangan rendah dan tinggi selama proses pengisian. Hasil pengujian menunjukkan bahwa BMS mampu melakukan *cut off* pada batas aman, yaitu menghentikan pengisian ketika tegangan sel mencapai 4,2V dan memutus pengosongan pada 2,8V. Selain itu, sistem *balancing* yang menggunakan transistor dan resistor berhasil menyeimbangkan seluruh sel hingga memiliki tegangan akhir yang seragam sebesar 4,2V. Temuan ini membuktikan bahwa BMS dapat menjaga kestabilan, keamanan, serta umur pakai baterai melalui mekanisme proteksi dan penyeimbangan yang efektif. [7]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Yuli Astriani dkk. dengan judul "*Penyeimbangan State of Charge Baterai Lead Acid Pada Prototipe Battery Management System*" ini dikembangkan BMS untuk baterai *lead-acid* menggunakan metode *coulomb counting* yang berfungsi memantau dan menyeimbangkan SoC (*State of Charge*) pada empat baterai 100Ah dengan menghitung arus masuk dan keluar untuk mengetahui kapasitas tersisa; *balancing* yang diterapkan membantu memperpanjang durasi pengosongan dan menjaga keseragaman kapasitas antar baterai, dan hasilnya menunjukkan metode ini memberikan akurasi yang baik serta meningkatkan performa dan umur baterai, sehingga relevan dalam pengembangan BMS skala besar. [8]

Pada penelitian yang dilakukan oleh Ghifary Reza Pahlevy dkk. dengan judul "*Rancang Bangun Penyimpanan Daya PLTS Menggunakan BMS Active Balancing Sebagai Penyeimbang Tegangan pada Baterai*" ini menggunakan baterai LiFePO₄ pada sistem PLTS 160Wp untuk mengatasi penyimpangan tegangan

antar cell yang dapat menyebabkan *overcharge* dan *overdischarge*, dengan penerapan BMS *active balancing* berarus 5,5A yang terbukti mampu menurunkan penyimpangan tegangan sebesar 0,289V dan menghasilkan efisiensi 98,97% pada proses pengisian, meskipun pengaruhnya kurang signifikan pada pengosongan, sehingga penelitian ini menegaskan efektivitas *active balancing* pada fase pengisian baterai.[9]

Tabel 2.1 Tabel Penelitian sebelumnya

No.	Penelitian Sebelumnya	Proteksi <i>Over charge</i>	Proteksi <i>Over discharge</i>	Parameter Tegangan	Parameter Arus	Parameter Suhu
1	Pembuatan <i>Battery Management System</i> Dengan Proteksi Terhadap <i>Overcharge</i>	Ya	Tidak	Ya	Ya	Ya
2	Analisa <i>Balancing Bms (Battery Management</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Tidak

No.	Penelitian Sebelumnya	Prot eksi <i>Over charge</i>	Protek si <i>Over discharge</i>	Para meter Tega ngan	Para meter Arus	Para meter Suhu
	<i>entsystem)</i> Pada Pengisian Baterai <i>Lithium- Ion Tipe Inr 18650</i> Dengan Metode <i>Cut Off</i>					
3	Penyeimb angan <i>State of Charge</i> Baterai <i>Lead Acid</i> Pada Prototipe <i>Battery Managem ent System</i>	Tida k	Tidak	Ya	Ya	Tidak
4	Rancang Bangun	Tida k	Tidak	Ya	Tidak	Tidak

No.	Penelitian Sebelumnya	Prot eksi <i>Over charge</i>	Protek si <i>Over discharge</i>	Para meter Tegangan	Para meter Arus	Para meter Suhu
	Penyimpanan Daya PLTS Menggunakan BMS <i>Active Balancing</i> Sebagai Penyeimbang Tegangan pada Baterai					
5	Rancang Bangun <i>Prototype Battery Protection</i> Terhadap <i>Overcharge</i> Dan <i>Overdischarge</i>	Ya	Ya	Ya	Ya	Ya

No.	Penelitian Sebelumnya	Prot eksi <i>Over charge</i>	Protek si <i>Over discharge</i>	Para meter Tega ngan	Para meter Arus	Para meter Suhu

Berdasarkan hasil penelitian pada kajian pustaka[7] bahwa batas atas maksimum 12,8V dan batas bawah maksimum 8,4V. Pada penelitian ini akan dilakukan pengujian dengan memberikan toleransi 0,2V sehingga batas atas 12,6V dan batas bawah 8,6V.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Overcharge*

Overcharge adalah kondisi dimana baterai sudah terisi penuh dengan daya maksimumnya maka arus listrik tetap mengalir ke dalam baterai yang dapat menyebabkan *overheat*. Jika terus dialiri baterai akan cepat rusak dan memiliki risiko meledak.[6]

2.2.2 *Overdischarge*

Overdischarge adalah kondisi dimana baterai digunakan secara terus menerus hingga batas tegangan aman *minimum* yang sudah ditentukan. Hal ini dapat berpengaruh pada masa pakai baterai yang semakin singkat. Ketidakmampuan mengisi ulang, dan juga dapat menyebabkan kerusakan pada sel baterai.[10]

2.2.3 *Overheat*

Overheat adalah kondisi ketika suhu baterai meningkat melebihi batas operasi normal yang telah

ditentukan oleh karakteristik material dan desain baterai. Pada baterai Lithium-Ion, *overheat* terjadi akibat reaksi elektrokimia yang tidak terkendali, arus berlebih, pengisian atau pengosongan yang tidak sesuai, serta kegagalan sistem pendinginan. Peningkatan suhu yang berlebihan dapat mempercepat degradasi elektroda, menurunkan kapasitas baterai, memperpendek umur pakai, dan dalam kondisi ekstrem dapat memicu *thermal runaway* yang berpotensi menyebabkan kebakaran atau ledakan. Kondisi ketika suhu baterai melebihi batas maksimum yang diizinkan selama proses charging maupun discharging, sehingga sistem proteksi (BMS) akan memutus aliran melalui MOSFET untuk mencegah kerusakan sel baterai.[5]

2.2.4 Baterai *Lithium-Ion*

Baterai *lithium-ion* (Li-Ion) merupakan baterai isi ulang yang banyak digunakan pada transportasi listrik dan perangkat elektronik portabel. Dibandingkan dengan jenis lain seperti *Lead-Acid*, *Ni-Cd*, dan *Ni-MH* Baterai ini umum dipakai karena memiliki densitas yang tinggi, dengan umur pakai yang lebih panjang, serta ramah lingkungan.[11] Baterai *lithium* juga sangat sensitif terhadap kondisi operasi, terutama tegangan, arus, dan suhu.[2]



Gambar 2.1 Baterai Lithium-Ion

Sumber: <https://share.google/xXXKuGD6PHXhVIJtg>

Gambar 2.1 memperlihatkan struktur fisik baterai *Lithium-Ion* yang biasanya digunakan pada perangkat portabel dan sistem penyimpanan energi. Secara umum, baterai ini terdiri dari elektroda positif (katoda), elektroda negatif (anoda), separator, dan elektrolit cair atau gel. Bentuk fisiknya dapat berupa silinder (seperti 18650) atau prisma, tergantung kebutuhan aplikasi.

2.2.5 Arduino Uno

Papan pengendali mikro dengan sumber terbuka ini berbasis mikrokontroler *Microchip ATmega328P* dan dirilis pertama kali pada tahun 2010. Pengembangnya adalah *Arduino.cc*. Papan ini memiliki set pin masukan/keluaran (*I/O*) digital dan analog. Pin-pin ini dapat dihubungkan ke berbagai macam sirkuit, termasuk kartu ekspansi (perisai), dan kartu lainnya. Arduino Uno memiliki 14 pin *I/O digital*, enam yang mampu menghasilkan *Development Environment* melalui kabel USB tipe B [12]



Gambar 2.2 Mikrokontroler Arduino Uno

Sumber:

<https://share.google/R4F5tGoXOjWZ9tKWL>

Gambar 2.2 menunjukkan bentuk fisik dari papan mikrokontroler Arduino Uno. Pada gambar tersebut terlihat susunan pin *digital*, pin *analog*, *port* USB tipe B untuk pemrograman, serta *jack* catu daya eksternal. Arduino Uno juga dilengkapi dengan mikrokontroler utama ATmega328P yang berada di tengah papan, regulator tegangan, kristal osilator, dan beberapa indikator LED seperti LED *power* dan LED pin 13. Susunan komponen ini memungkinkan Arduino Uno digunakan sebagai papan pengembangan yang fleksibel untuk berbagai aplikasi elektronika dan sistem tertanam.

2.2.6 MOSFET

MOSFET merupakan salah satu jenis saklar semikonduktor yang sering digunakan karena memiliki karakteristik kecepatan penyaklaran yang paling tinggi apabila dibandingkan dengan tipe-tipe *controllable switch* lainnya yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.2 Perbedaan *Power Capability* dan *Switching* MOSFET

<i>Device</i>	<i>Power Capability</i>	<i>Switching Speed</i>
BJT/MD	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>
MOSFET	<i>Low</i>	<i>Fast</i>
GTO	<i>High</i>	<i>Slow</i>
IGBT	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>
MCT	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>

Berbeda dengan BJT (*Bipolar Junction Transistor*) yang dikendalikan oleh arus, MOSFET adalah saklar yang dikendalikan oleh tegangan.[13]



Gambar 2.3 MOSFET IRF3205

Sumber:

<https://share.google/KoThbdaffdA4GzLrH>

Gambar 2.3 menampilkan bentuk fisik MOSFET tipe *IRF3205* yang umum digunakan pada rangkaian daya. Komponen ini memiliki tiga kaki utama yaitu *gate*, *drain*, dan *source*. *Gate* berfungsi sebagai terminal pengendali yang menerima tegangan untuk mengatur proses pensaklaran, sedangkan *drain* dan *source* merupakan jalur utama aliran arus. MOSFET *IRF3205* termasuk tipe *N-channel* dengan kemampuan menangani arus tinggi dan memiliki resistansi *on-state* yang rendah, sehingga sangat cocok digunakan pada aplikasi konversi daya, *driver motor*, dan sistem proteksi baterai.

2.2.7 Sensor Arus

Sensor arus adalah perangkat yang mendeteksi arus listrik (AC atau DC) di kawat, dan menghasilkan sinyal sebanding dengan itu. Sinyal yang dihasilkan bisa tegangan *analog* atau arus atau bahkan *digital*. Hal ini dapat kemudian digunakan untuk menampilkan arus yang akan diukur dalam *amperemeter* atau dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut dalam sistem akuisisi data atau dapat dimanfaatkan untuk tujuan kontrol. [14]



Gambar 2.4 Sensor Arus

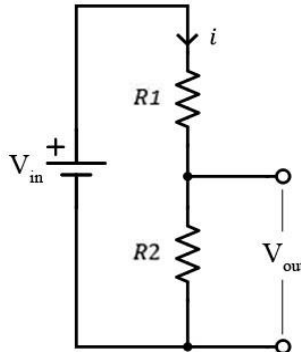
Sumber: <https://share.google/tapg1bWzMUhs0wYM5>

Gambar 2.4 menunjukkan bentuk fisik sensor arus yang umum digunakan pada sistem monitoring dan proteksi. Sensor arus biasanya terdiri dari inti magnetik dan rangkaian pengukuran internal yang mengubah besaran arus menjadi sinyal keluaran *analog* atau *digital*. Komponen ini sering digunakan pada sistem kontrol motor, proteksi baterai, dan aplikasi elektronik daya karena kemudahannya dalam melakukan pengukuran arus tanpa perlu memutus jalur utama.

2.2.8 Pembagi Tegangan

Sebagaimana pada generator juga sering disebut rangkaian pembagi potensial (*potensial divider*). Input ke sebuah rangkaian pembagi tegangan V_{in} . Tegangan ini

mengerakkan arus I untuk mengalir melewati kedua resistor. Karena kedua resistor terhubung seri, arus yang sama besarnya melewati tiap-tiap resistor. Tahanan efektif dari kedua resistor seri ini adalah $R1 + R2$. Jatuh tegangan pada gabungan kedua resistor ini adalah V_{in} . Menurut Hukum *Ohm*, arus yang mengalir sebagaimana dijelaskan pada persamaan (2.1). Mensubstitusikan i dengan persamaan (1) menghasilkan hasil sebagaimana persamaan (2.2). Persamaan ini adalah persamaan untuk menghitung tegangan *output* yang dihasilkan oleh sebuah rangkaian pembagi tegangan.[15] Dengan memilih dua buah resistor dengan nilai tahanan yang sesuai, kita dapat memperoleh nilai tegangan output mana pun di dalam kisaran 0 V hingga V_{in} Skema rangkaian pembagi tegangan ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

Sumber:

<https://www.allaboutcircuits.com/uploads/thumbnails/voltage-divider-main-circuit.png>

Arus yang mengalir

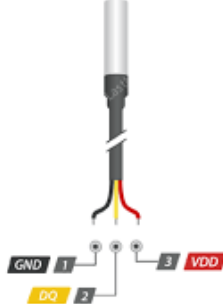
$$i = \frac{V_{in}}{R1 + R2} \quad (\text{persamaan 2.1})$$

Dan

$$V_{out} = V_{in} \times \frac{R2}{R1 + R2} \quad (\text{persamaan 2.2})$$

2.2.9 Sensor Suhu

Sensor DS18B20 merupakan sensor suhu *digital* dengan tingkat akurasi dan kestabilan yang baik. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi **1-Wire**, sehingga hanya memerlukan satu jalur data untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler. DS18B20 mampu mengukur suhu pada rentang -55°C hingga 125°C dengan resolusi hingga *12-bit*. Sensor ini banyak digunakan pada sistem monitoring suhu, sistem tertanam, dan aplikasi energi karena kemudahan integrasi, konsumsi daya yang rendah, serta ketahanannya terhadap gangguan lingkungan.



Gambar 2.6 Sensor Suhu DS18B20

Sumber: <https://share.google/iSPIR3uJpvqUdbn5E>

2.2.10 LCD I2C 16x2

LCD adalah media *display* (terlihat) yang menggunakan kristal cair (*liquid crystal*) yang dapat menghasilkan gambar terlihat, teknologi ini sudah banyak digunakan pada produk seperti layar seperti ponsel, laptop, layar kalkulator, jam *digital*, layar multimeter, dan lainnya. Teknologi ini bekerja berdasarkan sifat optik kristal cair yang dapat berubah bentuk ketika diberi sinyal listrik.[16]



Gambar 2.7 *LCD 12x6*

Sumber:

<https://share.google/pDQic7QOkkIDV6eF0>

Gambar 2.7 menunjukkan modul LCD 16x2 yang dilengkapi dengan *interface* I2C. Modul ini memiliki dua baris tampilan dengan masing-masing 16 karakter, serta modul konverter I2C yang mengurangi jumlah pin yang dibutuhkan untuk komunikasi dengan mikrokontroler. LCD jenis ini umum digunakan untuk menampilkan informasi seperti nilai sensor, status sistem, serta pesan kontrol pada berbagai aplikasi elektronika dan sistem tertanam.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Metodologi penelitian ini menggunakan metode rekayasa (rancang bangun) dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi kinerja *Battery Protection* secara terukur. Data penelitian diperoleh dari hasil pengujian berupa pengukuran tegangan, arus, dan suhu baterai yang digunakan untuk menilai keandalan serta efektivitas sistem proteksi yang dirancang.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dan proses rancang bangun alat *Battery Protection* ini dilaksanakan di **Laboratorium Basic, Gedung A, Politeknik Negeri Madura**. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian, mulai dari tahap perencanaan, perakitan perangkat keras (*hardware*), hingga pengujian sistem secara menyeluruh, dilakukan dalam kurun waktu selama 32 minggu. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada ketersediaan fasilitas penunjang dan peralatan laboratorium yang memadai untuk mendukung proses pembuatan serta pengujian alat elektronik berbasis mikrokontroler.

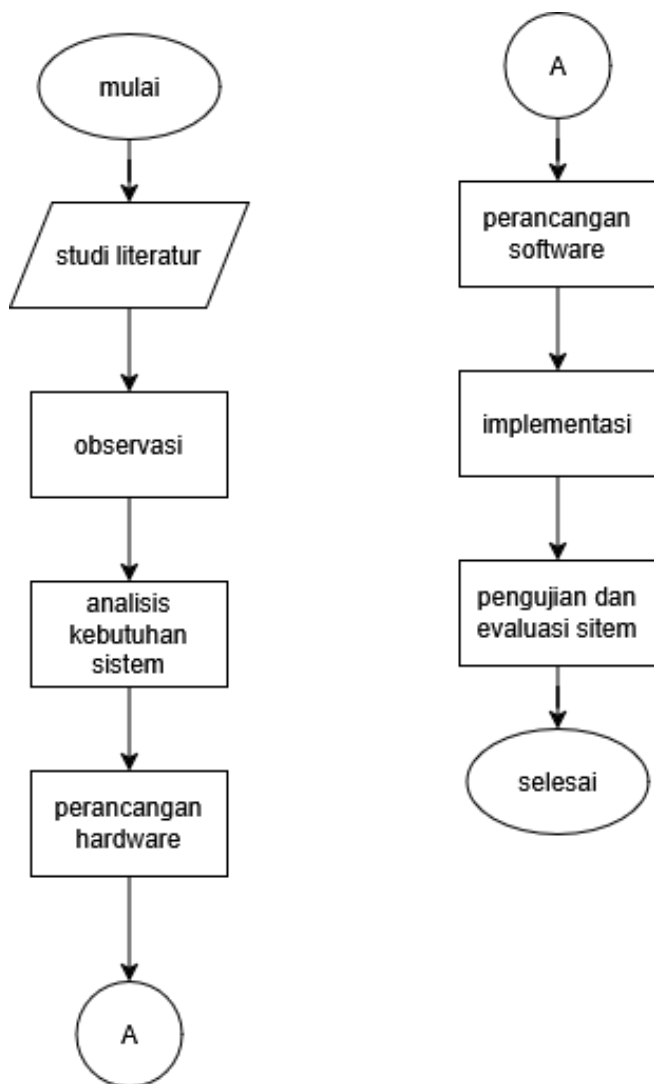
3.3 Langkah-Langkah Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada gambar 3.1 merupakan *flowchart* pengerjaan tugas akhir yang dilakukan menyeluruh. *Flowchart* pengerjaan tugas akhir ini menjelaskan tentang urutan proses dalam pengerjaan. Pada tahap awal yang dilakukan adalah studi literatur, yaitu dengan mempelajari jurnal, buku, dan referensi lainnya. Tujuannya agar memudahkan dalam memahami teori yang dibutuhkan dalam pembuatan

alat. Tahap kedua yaitu melakukan perencanaan sistem dengan mempersiapkan bahan dan alat pendukung yang akan digunakan seperti baterai *Lithium-Ion*, Arduino Uno, dan alat pendukung lainnya, setelah itu dilanjut dengan perancangan *hardware* yang mencakup perakitan seluruh komponen elektronik sesuai diagram yang telah dirancang, pada tahapan ini juga dilakukan penataan letak komponen agar sistem bekerja dengan aman dan stabil. Tahapan selanjutnya adalah perancangan perangkat lunak (*software*) yaitu dengan melakukan pembuatan program pada mikrokontroler Arduino Uno untuk membaca sensor tegangan, arus, dan suhu.

Program ini juga mengatur proses pemutusan dan penyambungan arus baterai melalui MOSFET serta menampilkan informasi kondisi baterai ke *LCD*. Apabila sistem telah berfungsi dengan baik tahapan selanjutnya adalah pengambilan data berupa nilai tegangan, arus, suhu, dan status proteksi baterai selama proses pengisian dan pengosongan. Data yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengetahui kinerja dan efektivitas sistem proteksi yang dirancang. Tahapan yang terakhir adalah analisis data dan pengambilan kesimpulan yang dilakukan untuk mengevaluasi apakah sistem yang dirancang telah mampu melindungi baterai serta meningkatkan keandalan baterai.



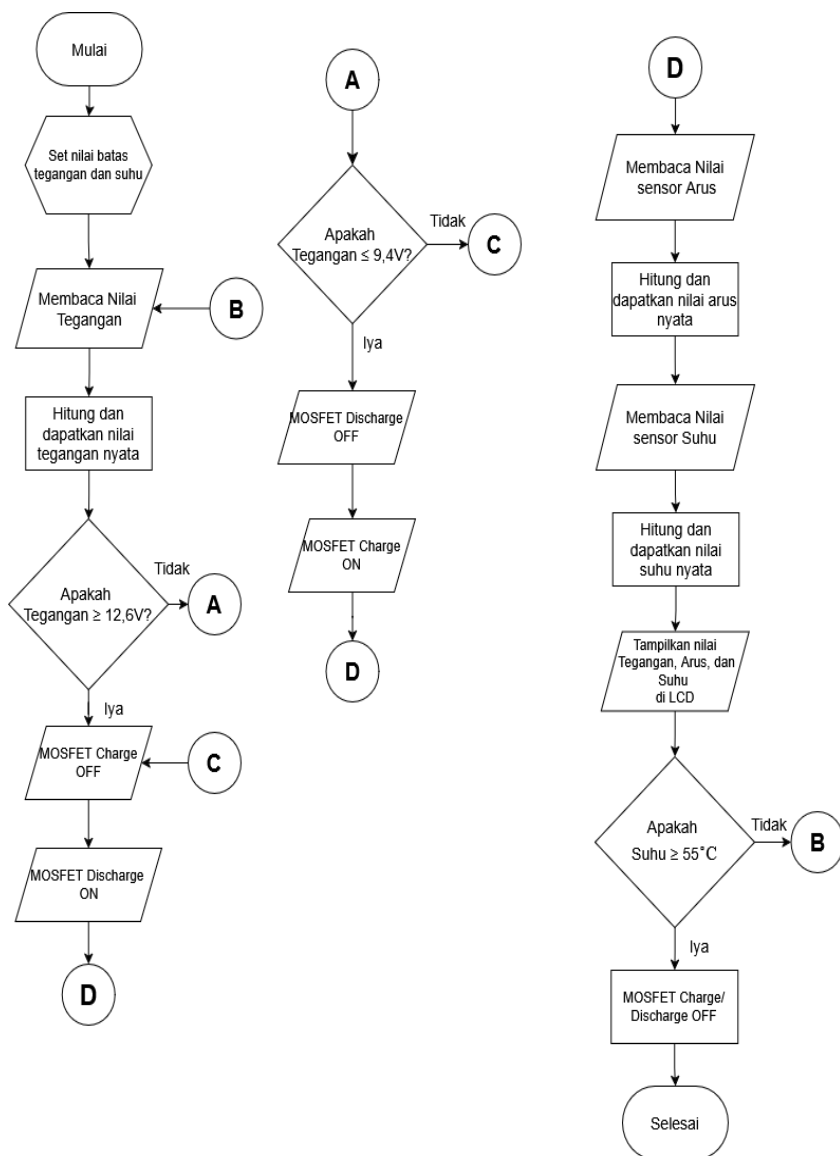
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.2 Diagram Alir Sistem Kerja

Pada gambar 3.2 menjelaskan alur kerja sistem pengisian dan pemantauan baterai berbasis mikrokontroler. Berdasarkan perbandingan antara datasheet baterai lithium-ion 18650 dengan hasil penelitian pada kajian pustaka[7], diketahui bahwa batas atas maksimum baterai adalah 12,8V dan batas bawah maksimum adalah 8,4V. Pada penelitian ini diberikan toleransi sebesar 0,2V untuk meningkatkan faktor keamanan, sehingga batas atas ditetapkan menjadi 12,6V dan batas bawah menjadi 8,6V. Selain itu, dalam penelitian ini ditetapkan batas *State of Charge* (SOC) minimum tidak mencapai 0% aktual baterai, melainkan diberikan batas aman sebesar 20% dari rentang tegangan kerja untuk menghindari degradasi akibat pengosongan berlebih. Dengan rentang tegangan 12,6V–8,6V (selisih 4,0V), maka 20% dari rentang tersebut adalah 0,8V. Oleh karena itu, SOC 0% sistem ditetapkan pada tegangan 9,4V. Sedangkan 12,6V merepresentasikan SOC 100%.

Jika tegangan $\geq 12,6V$, maka sistem mendeteksi kondisi mendekati batas atas (*overcharge*). Dalam kondisi ini, MOSFET *charge* akan *OFF* untuk menghentikan proses pengisian, sedangkan MOSFET *discharge* tetap *ON* sehingga baterai masih dapat digunakan oleh beban. Sebaliknya, jika tegangan $\leq 9,4V$, maka sistem mendeteksi kondisi batas bawah (*overdischarge*). Untuk mencegah pengosongan berlebih, MOSFET *discharge* akan *OFF* sehingga baterai tidak dapat menyuplai beban, dan MOSFET *charge* akan *ON* untuk memungkinkan proses pengisian kembali. Apabila tegangan berada pada rentang 9,4V hingga 12,6V, maka sistem berada dalam kondisi normal. Pada kondisi ini, baterai dapat digunakan dan

sistem melanjutkan proses monitoring ke parameter berikutnya. Setelah pengecekan tegangan, sistem membaca nilai suhu baterai. Jika suhu $\geq 55^{\circ}\text{C}$, maka sistem mengaktifkan proteksi *overheat* dengan mematikan MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge* secara bersamaan untuk mencegah kerusakan akibat kenaikan suhu berlebih. Jika suhu masih berada dalam batas aman, maka sistem melanjutkan pembacaan arus. Nilai tegangan, suhu, dan arus yang diperoleh kemudian ditampilkan pada LCD sebagai informasi monitoring kondisi baterai secara *real-time*. Seluruh proses ini berlangsung secara berulang selama sistem dalam keadaan aktif .



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Kerja Alat

3.3.3 Diagram Blok Sistem

Gambar 3.3 menampilkan diagram blok sistem dari alat yang dikembangkan berdasarkan judul “Rancang Bangun *Prototype Battery Protection* Terhadap Proteksi *Overcharge* Dan *Overdischarge*” berdasarkan diagram blok di bawah maka prinsip kerja umum pada alat ini adalah sebagai berikut:

1) *Input*

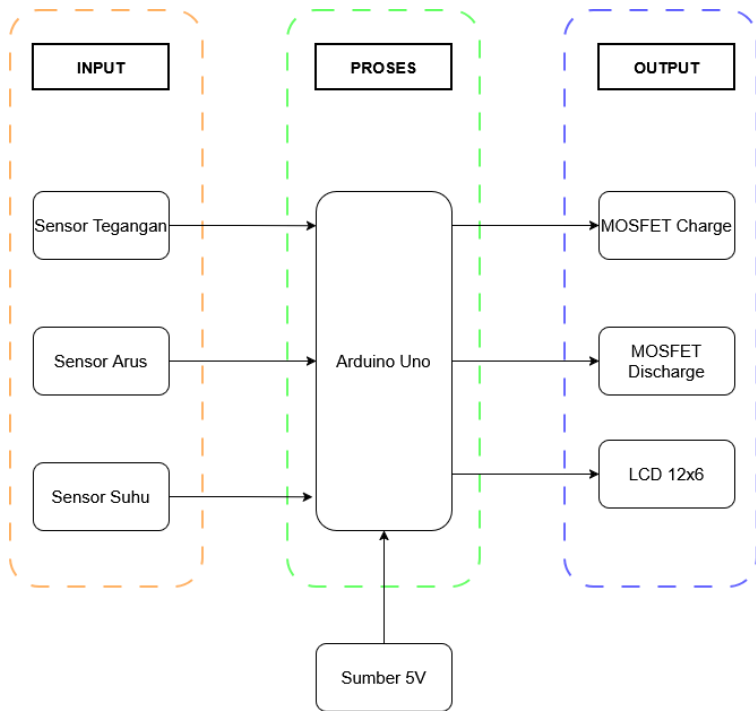
Input dari alat ini yaitu sensor tegangan yang berfungsi membaca nilai tegangan pada baterai serta, adapun sensor arus yang berfungsi sebagai pembacaan arus yang mengalir dari baterai, dan juga sensor suhu yang berfungsi untuk membaca suhu pada baterai.

2) *Process*

Pada bagian proses terdapat mikrokontroler Arduino Uno untuk memproses sinyal dari sensor kemudian diolah untuk memberikan sinyal pengambilan keputusan yang akan dieksekusi oleh *output*.

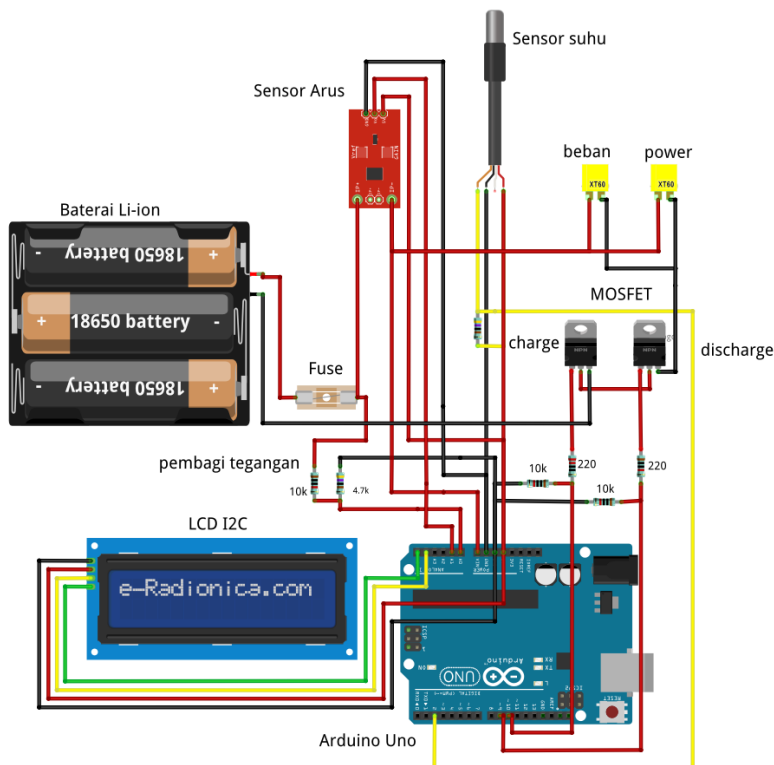
3) *Output*

Output menerima sinyal dari mikrokontroler yang diperoleh hasil pembacaan sensor di *input*, maka *output* yang terdiri MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge* akan melakukan tugas yang diperintahkan oleh Arduino Uno, dan LCD 12x6 akan menampilkan data secara *real-time* yang terdiri dari data tegangan, arus, dan suhu.



Gambar 3.3 Diagram Blok Sistem

3.3.4 Desain Elektrik

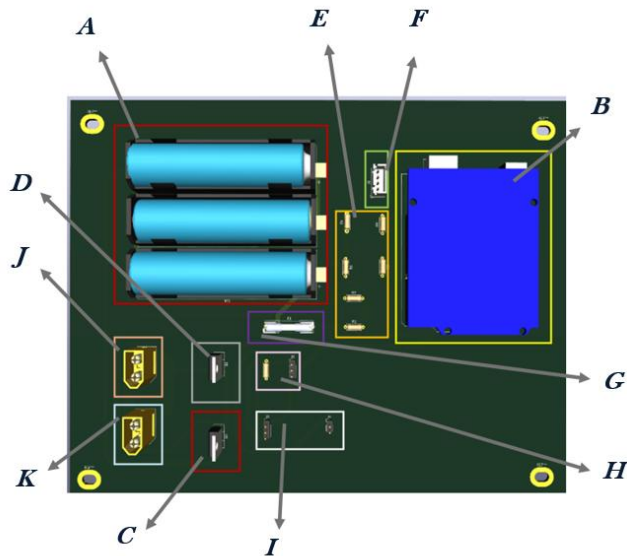


Gambar 3.4 Desain Elektrik *Battery Protection 3S*

Gambar 3.4 menggambarkan integrasi sistem kontrol *Battery Protection 3S* berbasis Arduino Uno. Arus utama dari baterai diproteksi oleh *fuse* sebelum dideteksi oleh sensor ACS712 untuk pemantauan arus dan rangkaian pembagi tegangan untuk pemantauan voltase. Dua buah MOSFET IRF3205 dikonfigurasi sebagai saklar elektronik otomatis untuk mengontrol jalur pengisian (*charge*) dan pengosongan (*discharge*) secara mandiri. Seluruh parameter data ditampilkan melalui LCD 16x2

dengan antarmuka I2C. Sistem ini dirancang untuk memutus sirkuit secara otomatis melalui kontrol logika mikrokontroler apabila parameter baterai berada di luar ambang batas aman.

3.3.5 Desain PCB



Gambar 3.5 Desain PCB

Keterangan:

- A: Baterai Lithium-Ion
- B: Arduino Uno
- C: MOSFET Charge
- D: MOSFET Discharge
- E: Resistor
- F: Socket LCD I2C
- G: Fuse
- H: Pin Sensor Suhu
- I: Pin Sensor Arus

J: Socket Sumber

K: Socket Beban

3.3.6 Rencana Uji Akurasi Sensor Tegangan

Untuk memastikan sistem *Battery Protection* 3S ini bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan, maka dilakukan serangkaian pengujian eksperimental. Pengujian ini bertujuan untuk memvalidasi akurasi sensor dan keandalan fitur proteksi pada perangkat.

Tabel 3.1 Uji Akurasi Sensor Tegangan

	Target Tegangan (V)				
	9 V	10 V	11 V	12 V	12,6 V
Percobaan 1					
Percobaan 3					
Percobaan 4					
Percobaan 5					
Rata-Rata Sensor					
Alat Ukur (voltmeter)					
Error (%)					

Untuk mengetahui tingkat akurasi dari sensor yang dirancang, maka dilakukan perhitungan persentase kesalahan (*arduino uno*) pada setiap titik pengujian. Nilai *error* didapatkan dengan membandingkan selisih antara nilai pembacaan alat standar (*voltmeter*) dengan rata-rata nilai pembacaan perangkat (sensor), yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Error (\%)} = \frac{V_{\text{voltmeter}} - V_{\text{sensor}}}{V_{\text{voltmeter}}} \times 100\% \quad (\text{persamaan 1})$$

Keterangan:

Error (%): Persentase kesalahan atau penyimpangan sensor.

v multimeter: Nilai tegangan asli yang terukur oleh alat ukur.

V sensor: nilai rata-rata tegangan dari 5 kali pengulangan.

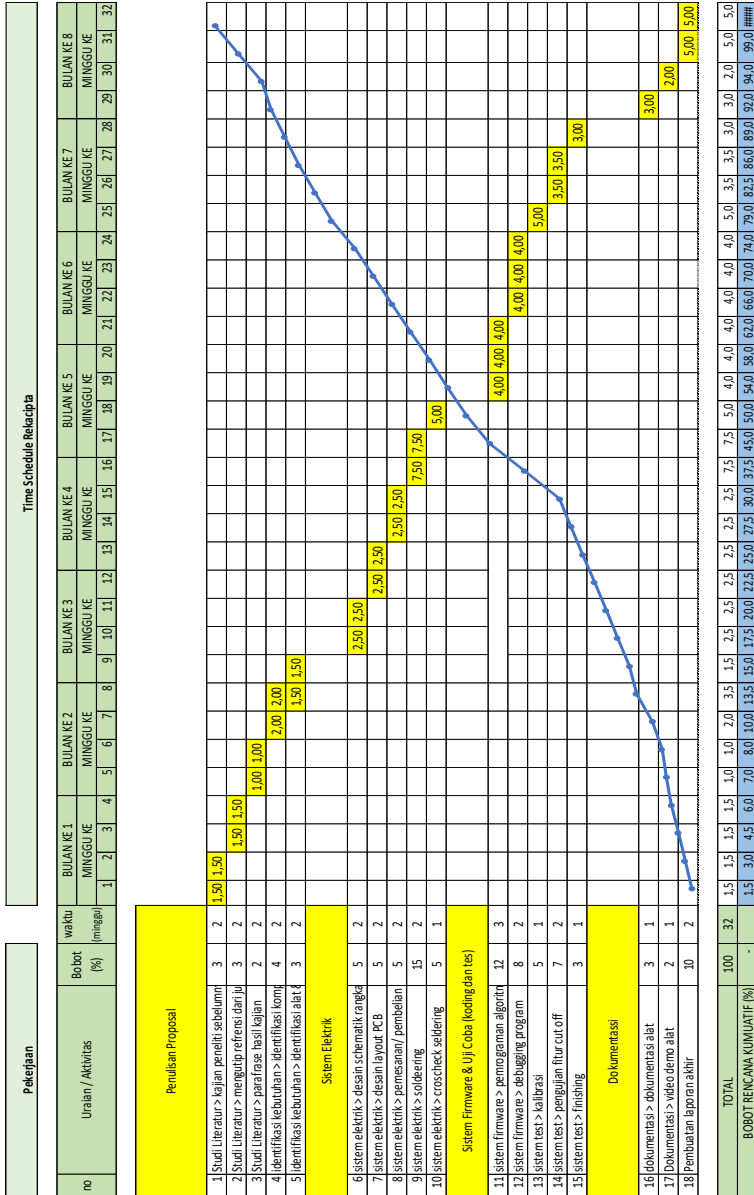
3.3.7 Rencana Uji Proteksi (*Cut Off*)

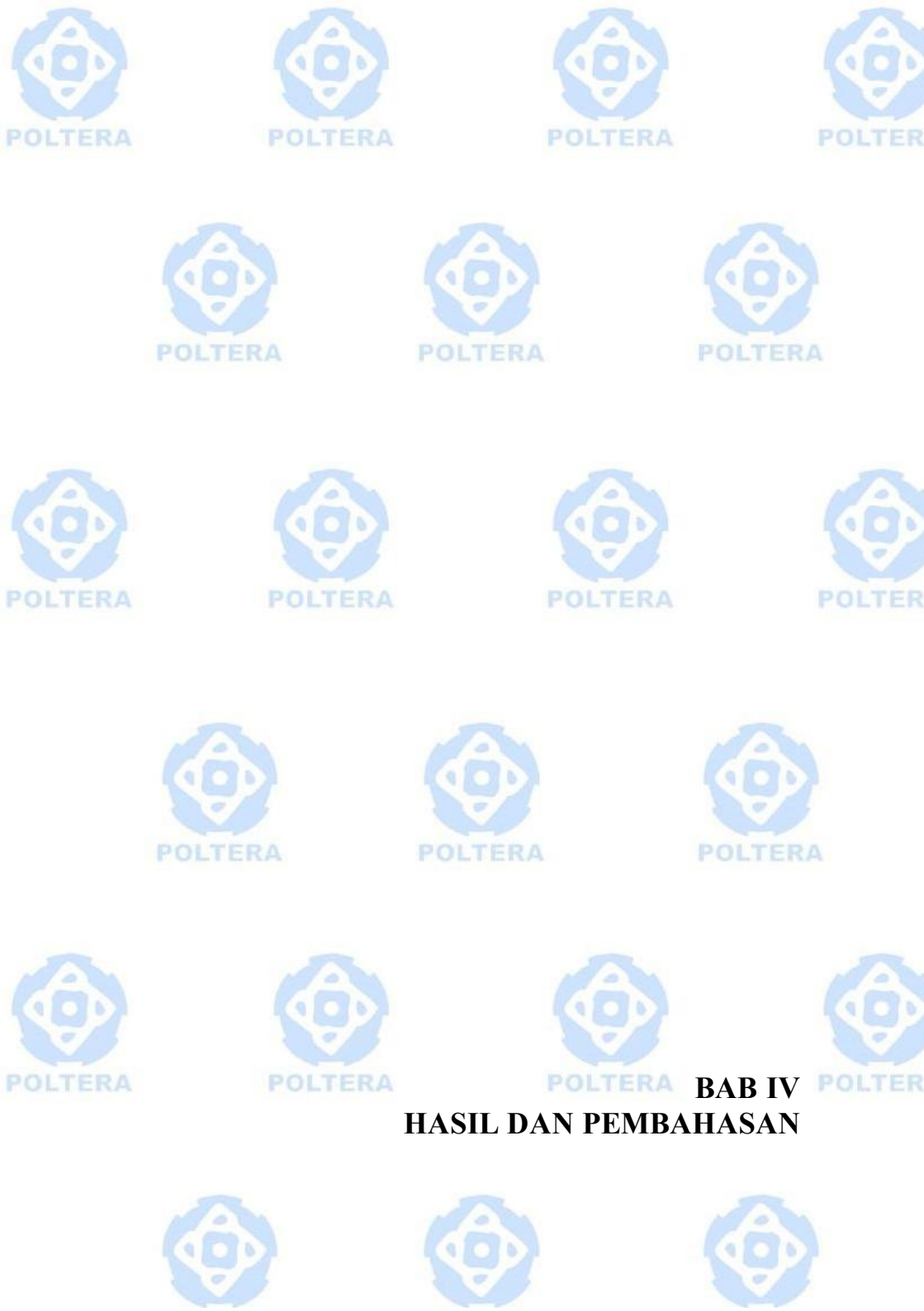
Pengujian ini dilakukan untuk memverifikasi apakah MOSFET bekerja memutus arus sesuai dengan ambang batas (*set point*) yang diprogram.

Tabel 3.2 Hasil uji proteksi MOSFET

N o	Jenis Proteksi	Parame ter <i>Set Point</i>	Hasil Detek si Senso r	Status MOSF ET	Keteran gan
1	<i>Overcharge</i>	>12,6 V			
2	<i>overdischarge</i>	< 9,0 V			

3.4 Timeline Pengerjaan Alat





BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab IV dijelaskan tentang hasil dan pembahasan data dari hasil pengujian sistem. Dalam pengujian sistem ini terdapat beberapa macam jenis pengujian yang dilakukan, antara lain:

1. Kalibrasi sensor Tegangan
2. Kalibrasi sensor Suhu
3. Pengujian sensor Tegangan
4. Pengujian sensor Suhu
5. Pengujian MOSFET *Charge*
6. Pengujian MOSFET *Discharge*.

4.1 Kalibrasi Sensor Tegangan

Kalibrasi sensor tegangan dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor tegangan yang digunakan pada sistem *Battery Protection*. Pengujian ini bertujuan untuk membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur standar berupa *multimeter digital*. Pada proses pengujian, sumber tegangan diatur secara bertahap sesuai nilai yang telah ditentukan, kemudian hasil pembacaan sensor dan multimeter dicatat untuk dianalisis tingkat kesalahannya (*error*).



Gambar 4.1 Kalibrasi Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan sebanyak beberapa kali percobaan pada setiap variasi tegangan untuk memperoleh nilai rata-rata pembacaan sensor. Dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

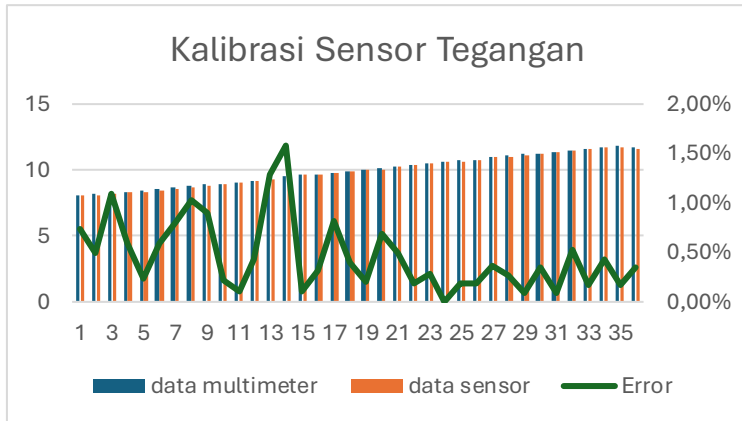
$$Error (\%) = \frac{V_{Multimeter} - V_{sensor}}{V_{Multimeter}} \times 100\%$$

Adapun data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Kalibrasi Sensor Tegangan

Data Multimeter (V)	Data Sensor (V)	Error (%)
8,08	8,02	0,74%
8,15	8,11	0,49%
8,25	8,16	1,09%
8,38	8,33	0,60%
8,4	8,38	0,24%
8,55	8,5	0,58%
8,67	8,6	0,81%
8,79	8,7	1,02%

Data Multimeter (V)	Data Sensor (V)	Error (%)
8,88	8,8	0,90%
8,96	8,94	0,22%
9,08	9,07	0,11%
9,16	9,12	0,44%
9,38	9,26	1,28%
9,49	9,34	1,58%
9,68	9,67	0,10%
9,71	9,68	0,31%
9,81	9,73	0,82%
9,91	9,87	0,40%
10,06	10,04	0,20%
10,11	10,04	0,69%
10,29	10,24	0,49%
10,41	10,39	0,19%
10,49	10,46	0,29%
10,61	10,61	0,00%
10,7	10,68	0,19%
10,8	10,78	0,19%
10,99	10,95	0,36%
11,08	11,05	0,27%
11,18	11,17	0,09%
11,23	11,19	0,36%
11,35	11,34	0,09%
11,5	11,44	0,52%
11,63	11,61	0,17%
11,71	11,66	0,43%
11,8	11,78	0,17%
11,69	11,65	0,34%
rata-rata		0,54%



Gambar 4.2 Grafik Kalibrasi Sensor Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sensor tegangan mampu membaca nilai tegangan dengan cukup baik dan stabil. Selisih pembacaan antara sensor dan multimeter masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Perbedaan nilai pembacaan dipengaruhi oleh toleransi resistor pada rangkaian pembagi tegangan, *noise* pada ADC Arduino Uno, serta kestabilan sumber tegangan yang digunakan saat pengujian.

4.2 Kalibrasi Sensor Suhu

Kalibrasi sensor suhu dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor suhu yang digunakan pada sistem *Battery Protection*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor suhu terhadap alat ukur standar berupa termometer digital. Dengan menggunakan rumus eror sebagai berikut:

$$Error (\%) = \frac{C \text{ Alat Ukur} - C \text{ sensor}}{C \text{ Alat Ukur}} \times 100\%$$

Pada proses pengujian, sensor dan termometer ditempatkan pada kondisi yang sama, kemudian suhu diubah secara bertahap dan hasil pembacaan kedua alat dicatat untuk menghitung persentase kesalahan (*error*).

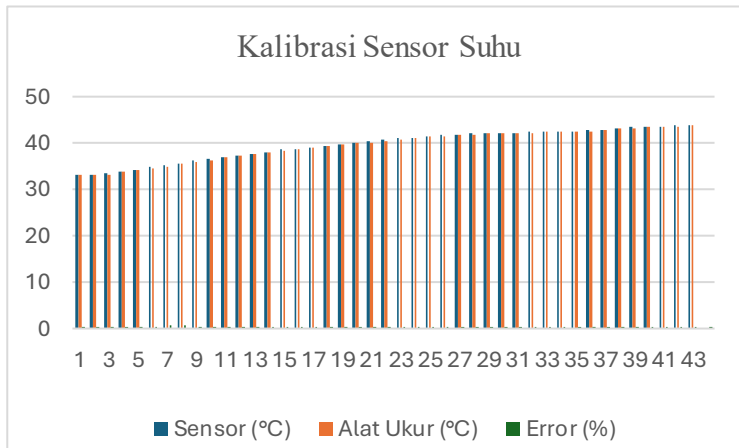
Pengujian dilakukan pada beberapa variasi suhu untuk memperoleh data yang representatif. Hasil pembacaan sensor suhu dan termometer digital kemudian dibandingkan untuk mengetahui tingkat akurasi sensor. Data hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Kalibrasi Sensor Suhu

Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)	Error (%)
33,25	33,1	0,45
33,31	33,2	0,33
33,44	33,3	0,42
33,81	33,7	0,33
34,25	34,1	0,44
34,75	34,6	0,43
35,19	35	0,54
35,69	35,5	0,54
36,13	36	0,36
36,56	36,4	0,44
36,94	36,8	0,38
37,38	37,2	0,48
37,75	37,6	0,4
38,13	38	0,34
38,5	38,4	0,26
38,81	38,7	0,28
39,13	39	0,33
39,44	39,3	0,36
39,75	39,6	0,38

Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)	Error (%)
40,13	40	0,33
40,38	40,2	0,45
40,69	40,5	0,47
40,94	40,8	0,34
41,25	41,1	0,36
41,44	41,3	0,34
41,69	41,5	0,46
41,88	41,8	0,19
42	41,9	0,24
42,13	42	0,31
42,19	42,1	0,21
42,25	42,2	0,12
42,31	42,2	0,26
42,38	42,3	0,19
42,5	42,4	0,24
42,63	42,5	0,31
42,75	42,6	0,35
42,94	42,8	0,33
43,19	43	0,44
43,38	43,2	0,42
43,5	43,4	0,23
43,63	43,5	0,3
43,75	43,6	0,34
43,81	43,7	0,25

Sensor (°C)	Alat Ukur (°C)	Error (%)
Rata-rata		0,35



Gambar 4.3 Grafik Kalibrasi Sensor Suhu

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, sensor suhu mampu membaca nilai suhu dengan baik pada rentang pengujian yang telah ditentukan. Nilai *error* yang diperoleh menunjukkan bahwa selisih pembacaan antara sensor dan termometer digital masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Perbedaan hasil pengukuran dapat disebabkan oleh beberapa faktor, seperti toleransi sensor, waktu respons sensor terhadap perubahan suhu, kondisi lingkungan sekitar, serta ketelitian alat ukur pembanding yang digunakan.

Secara keseluruhan, sensor suhu menunjukkan tingkat akurasi yang baik sehingga layak digunakan pada sistem *Battery Protection* untuk memantau suhu baterai secara *real-time*. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa sensor mampu memberikan data suhu yang cukup akurat untuk

mendukung proses proteksi baterai terhadap kondisi *overtemperature*.

4.3 Pengujian MOSFET

4.3.1 Pengujian Tegangan Terhadap MOSFET Charge

Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai batas proteksi *overcharge* pada program Arduino sebesar 12,6 V dan nilai *recovery* (histeresis) sebesar 12,3 V. Selanjutnya, tegangan baterai dinaikkan secara bertahap untuk mengamati perubahan status MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge*. Ketika tegangan baterai mencapai batas *overcharge*, sistem akan memutus MOSFET *charge* (*Off*) untuk menghentikan proses pengisian, sedangkan MOSFET *discharge* tetap berada pada kondisi *On*. Setelah tegangan baterai menurun hingga mencapai nilai *recovery*, MOSFET *charge* akan kembali aktif (*On*) sehingga proses pengisian dapat dilakukan kembali. Hasil pengujian berdasarkan parameter yang telah ditentukan ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Data Pengujian MOSFET *Charge*

Tegangan	MOSFET Charge	MOSFET Discharge
11,83	On	On
11,84	On	On
11,12	On	On
11,88	On	On
11,93	On	On
11,96	On	On
12,03	On	On
11,98	On	On
12,06	On	On

Tegangan	MOSFET Charge	MOSFET Discharge
12,1	On	On
12,11	On	On
12,11	On	On
12,11	On	On
12,2	On	On
12,23	On	On
12,24	On	On
11,92	On	On
12,29	On	On
12,33	On	On
12,78	Off	On
12,74	Off	On
12,37	On	On
12,42	On	On
12,67	Off	On
12,51	On	On
12,51	On	On
12,57	On	On
12,56	On	On
12,66	Off	On
12,62	Off	On
12,63	Off	On
12,58	Off	On
12,58	Off	On
12,57	Off	On
12,53	Off	On
12,54	Off	On
12,49	Off	On
12,49	Off	On
12,48	Off	On

Tegangan	MOSFET Charge	MOSFET Discharge
12,44	Off	On
12,45	Off	On
12,39	Off	On
12,35	Off	On
12,36	Off	On
12,31	Off	On
12,31	Off	On
12,31	On	On
12,3	On	On
12,34	On	On
12,31	On	On

Berdasarkan data hasil pengujian, sistem *battery protection* mampu melakukan proses pemantauan tegangan baterai dan mengendalikan status MOSFET *charge* sesuai dengan nilai batas yang telah ditentukan. Selama tegangan baterai berada di bawah batas proteksi *overcharge* (12,6 V), MOSFET *charge* tetap dalam kondisi aktif (*On*) sehingga proses pengisian baterai dapat berlangsung secara normal.

Pada saat tegangan baterai mencapai dan melebihi batas proteksi, yaitu sekitar 12,62 V, sistem secara otomatis mengubah status MOSFET *charge* menjadi memutus (*Off*), sedangkan MOSFET *discharge* tetap berada pada kondisi aktif (*On*). Kondisi ini menunjukkan bahwa rangkaian berhasil memutus jalur pengisian untuk mencegah terjadinya *overcharge*, sementara jalur pelepasan daya masih dapat digunakan oleh beban.

Setelah proses pelepasan daya menyebabkan tegangan baterai menurun hingga mencapai sekitar

12,31 V, sistem kembali mengaktifkan MOSFET *charge*. Nilai tersebut merupakan titik *recovery* atau histeresis, sehingga pengisian tidak langsung aktif pada tegangan 12,6 V. Penerapan histeresis ini bertujuan untuk mencegah MOSFET sering berpindah kondisi *On* dan *Off* (*chattering*) ketika tegangan berada di sekitar batas proteksi.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem proteksi *overcharge* bekerja sesuai dengan perancangan. MOSFET *charge* berhasil diputus ketika tegangan baterai melebihi batas maksimum dan kembali aktif setelah tegangan turun ke nilai *recovery*, sedangkan MOSFET *discharge* tetap aktif sehingga suplai daya ke beban tidak terganggu selama proses proteksi berlangsung.

4.3.2 Pengujian Suhu Terhadap MOSFET *Charge* Dan *Discharge*

Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai batas proteksi suhu pada program Arduino sebesar 40°C dan nilai *recovery* (histeresis) sebesar 45°C. Selanjutnya, suhu pada sensor DS18B20 diubah secara bertahap untuk mengamati perubahan status MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge*. Ketika suhu mencapai batas proteksi, sistem akan mengubah status MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge* menjadi *Off* sebagai bentuk proteksi terhadap kondisi suhu yang telah ditentukan. Setelah suhu berubah hingga mencapai nilai *recovery*, kedua MOSFET akan kembali aktif sehingga sistem dapat beroperasi kembali. Hasil pengujian berdasarkan parameter yang telah ditentukan ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data Suhu Terhadap MOSFET

Suhu	MOSFET Charge	MOSFET Discharge
46,63	On	On
46,5	On	On
46,31	On	On
46	On	On
45,44	On	On
44,69	On	On
44	On	On
43,38	On	On
42,94	On	On
42,5	On	On
42,06	On	On
41,75	On	On
41,5	On	On
41,19	On	On
40,88	On	On
40,5	On	On
40,25	On	On
40	Off	Off
39,75	Off	Off
39,5	Off	Off
39,31	Off	Off
39,19	Off	Off
39,31	Off	Off
39,88	Off	Off
40,63	Off	Off
41,63	Off	Off

Suhu	MOSFET Charge	MOSFET Discharge
42,69	Off	Off
43,69	Off	Off
44,75	Off	Off
45,88	On	On
46,81	On	On
47,19	On	On
47,31	On	On
46,81	On	On
46,06	On	On
45,13	On	On
44,31	On	On
43,5	On	On
42,75	On	On
42,19	On	On
41,75	On	On
41,44	On	On
41,19	On	On
40,94	On	On
40,69	On	On
40,38	On	On
40,13	On	On
39,94	Off	Off
39,75	Off	Off
39,56	Off	Off

Berdasarkan data hasil pengujian, sistem *battery protection* mampu memantau perubahan suhu dan

mengendalikan status MOSFET *charge* serta MOSFET *discharge* sesuai dengan nilai batas yang telah ditentukan. Selama suhu berada di atas titik *recovery*, kedua MOSFET berada dalam kondisi aktif (*On*) sehingga proses pengisian dan pelepasan daya dapat berlangsung secara normal.

Ketika suhu mencapai sekitar 40°C, sistem secara otomatis mengubah status MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge* menjadi *Off*. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem berhasil memutus jalur pengisian dan pelepasan daya sebagai bentuk proteksi terhadap perubahan suhu yang telah ditetapkan pada sistem.

Setelah suhu meningkat kembali hingga mencapai sekitar 45,88°C, sistem mengaktifkan kembali MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge*. Perbedaan antara titik proteksi dan titik pengaktifan kembali merupakan penerapan histeresis, sehingga MOSFET tidak sering berpindah kondisi *On* dan *Off* akibat fluktuasi suhu di sekitar nilai batas.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem proteksi suhu bekerja sesuai dengan perancangan. MOSFET *charge* dan MOSFET *discharge* berhasil diputus ketika suhu mencapai batas proteksi dan kembali aktif setelah suhu mencapai nilai *recovery*, sehingga sistem mampu menjaga kondisi operasi baterai sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

4.4 Keunggulan *Prototype Battery Protection* Terhadap *Overcharge* Dan *Overdischarge*

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, *prototype battery protection*

telah bekerja sesuai dengan fungsi yang dirancang. Sistem mampu melakukan pemantauan tegangan dan suhu baterai secara *real-time* serta mengendalikan proses pengisian dan pelepasan daya secara otomatis. Selain itu, *prototype* ini memiliki beberapa keunggulan sebagai berikut.

1. Proteksi Otomatis

Prototype mampu memberikan perlindungan secara otomatis terhadap kondisi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat*. Ketika tegangan atau suhu baterai melebihi batas yang telah ditentukan, sistem secara otomatis mengendalikan MOSFET *charge* maupun MOSFET *discharge* sehingga baterai terhindar dari kondisi yang dapat menyebabkan kerusakan.

2. Pemantauan Secara *Real-Time*

Sistem menggunakan sensor tegangan dan sensor suhu DS18B20 untuk memantau kondisi baterai secara terus-menerus. Nilai tegangan dan suhu yang terbaca kemudian diproses oleh mikrokontroler sehingga kondisi baterai dapat diketahui secara langsung dan digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam sistem proteksi.

3. Penerapan Histeresis

Prototype menerapkan metode histeresis pada proses pengendalian MOSFET. Metode ini memungkinkan sistem mengaktifkan kembali MOSFET setelah tegangan atau suhu kembali berada pada batas *recovery* yang telah ditentukan. Dengan demikian, perpindahan status MOSFET tidak terjadi secara berulang (*chattering*) ketika nilai sensor berada di sekitar batas proteksi.

4. Kemudahan Pengoperasian

Prototype dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama dan LCD 16×2 sebagai media tampilan. Pengguna dapat memantau nilai tegangan, suhu, serta status sistem secara langsung melalui LCD tanpa memerlukan perangkat tambahan, sehingga proses pengujian maupun pengoperasian menjadi lebih mudah.

5. Biaya Implementasi Relatif Rendah

Seluruh komponen yang digunakan, seperti Arduino Uno, sensor tegangan, sensor suhu DS18B20, dan MOSFET IRF3205, merupakan komponen yang mudah diperoleh dengan harga yang relatif terjangkau. Hal ini menjadikan *prototype* mudah direalisasikan serta berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut pada penelitian berikutnya.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian *prototype battery protection*, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. *Prototype battery protection* berhasil dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor tegangan sebagai pembaca tegangan baterai, sensor suhu DS18B20 sebagai pembaca suhu baterai, serta MOSFET IRF3205 sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan proses pengisian dan pelepasan daya baterai.
2. Sistem mampu melakukan proteksi *overcharge* dengan memutus MOSFET charge secara otomatis ketika tegangan baterai mencapai batas maksimum yang telah ditentukan, kemudian mengaktifkannya kembali setelah tegangan turun hingga mencapai nilai *recovery* (histeresis).
3. Sistem mampu melakukan proteksi *overdischarge* dengan memutus MOSFET discharge ketika tegangan baterai mencapai batas minimum yang telah ditentukan, sehingga baterai terlindungi dari pelepasan daya yang berlebihan.
4. Sistem juga mampu melakukan proteksi *overheat* berdasarkan pembacaan sensor suhu DS18B20. Ketika suhu mencapai batas proteksi, sistem mengendalikan MOSFET sesuai dengan logika yang telah diprogram untuk melindungi baterai dari kondisi suhu berlebih.

5. Berdasarkan hasil pengujian, *prototype* mampu menjalankan fungsi monitoring dan proteksi secara otomatis sesuai dengan parameter yang telah ditentukan, sehingga dapat meningkatkan keamanan penggunaan baterai lithium-ion terhadap kondisi *overcharge*, *overdischarge*, dan *overheat*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan pada penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut.

1. Menambahkan fitur monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) sehingga data tegangan, arus, suhu, dan status sistem dapat dipantau secara *real-time* melalui *smartphone* atau komputer.
2. Melanjutkan pengujian pada keadaan *Discharge*.
3. Membuat tampilan atau *cover* pada alat lebih bagus dan lebih *safety*.
4. Menggunakan sensor arus dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi agar proses pemantauan kondisi baterai menjadi lebih presisi.
5. Mengembangkan sistem agar dapat diterapkan pada konfigurasi baterai dengan kapasitas yang lebih besar atau jumlah sel yang lebih banyak, sehingga dapat digunakan pada aplikasi yang lebih luas.
6. Menambahkan fitur pencatatan data (*data logging*) menggunakan kartu SD atau media penyimpanan lainnya untuk mempermudah proses analisis performa baterai dalam jangka panjang.
7. Mengembangkan *prototype* menjadi *Battery Management System* (BMS) yang lebih lengkap

dengan menambahkan fitur *cell balancing*, proteksi arus lebih (*overcurrent*), dan proteksi hubung singkat (*short circuit*) agar sistem memiliki tingkat keamanan yang lebih baik.



DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- [1] “STATISTIK LINGKUNGAN HIDUP INDONESIA ENVIRONMENT STATISTICS OF INDONESIA”.
- [2] R. M. Putra, M. Zoni, and J. T. Elektro, “Menentukan Performance Baterai LiFePO₄ Pada PLTS Menggunakan Battery Management System (BMS).”
- [3] A. Jamaah, A. Hari Riyadi, E. Arvin Karuniawan, A. Rochadi, J. Teknik Elektro, and P. Negeri Semarang, “JURNAL MEDIA INFORMATIKA [JUMIN] Analisis Active Balancer pada Battery Management System (BMS) Sebagai Penyeimbang Tegangan Pengisian Power Bank Tenaga Surya dengan Kapasitas 160WP,” 2025.
- [4] A. N. Agus and S. Alimi, “DESAIN SIRKUIT BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS) ALTERNATIF DENGAN FUNGSI OVER DISCHARGE PROTECTION DAN OVER CHARGE PROTECTION,” *Teknika STTKD: Jurnal Teknik, Elektronik, Engine*, vol. 10, no. 2, pp. 297–308, Nov. 2024, doi: 10.56521/teknika.v10i2.1362.
- [5] S. SUHARININGSIH, F. YULIANDA, E. SUNARNO, and M. A. B. NUGROHO, “Battery Management System dengan Fitur Adaptive Current Protection terhadap Suhu,” *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, vol. 12, no. 2, p. 498, Apr. 2024, doi: 10.26760/elkomika.v12i2.498.

- [6] Simanjuntak Argun G., Hendrarini Nina, and Ibnugraha P. D., “Pembuatan Baterai Manajemen Sistem (BMS) Dengan Protekasi Terhadapap Overcharge,” Jun. 2024.
- [7] Y. N. Hilal, P. Muliandhi, and E. N. Ardina, “ANALISA BALANCING BMS (BATTERY MANAGEMENT SYSTEM) PADA PENGISIAN BATERAI LITHIUM-ION TIPE INR 18650 DENGAN METODE CUT OFF,” *Jurnal SIMETRIS*, vol. 14, no. 2, 2023.
- [8] Y. Astriani, A. Kurniasari, E. Rakhman Priandana, N. Aryanto Aryono Balai Besar Teknologi Konversi Energi -Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Cluster Energi Gedung, and K. Puspipstek Serpong Tangerang Selatan, “PENYEIMBANGAN STATE OF CHARGE BATERAI LEAD ACID PADA PROTOTIPE BATTERY MANAGEMENT SYSTEM,” 2018.
- [9] G. Reza Pahlevy *et al.*, “RANCANG BANGUN PENYIMPANAN DAYA PLTS KAPASITAS 160WP MENGGUNAKAN BATTERY MANAGEMENT SYSTEM (BMS) ACTIVE BALANCING SEBAGAI PENYEIMBANG TEGANGAN PADA BATERAI,” 2024.
- [10] “Overdischarge,” TYCORUN. Accessed: Dec. 12, 2025. [Online]. Available: https://batteryswapstation.com/id/battery-over-discharge-explained/#elementor-toc__heading-anchor-0
- [11] W. Chen, J. Liang, Z. Yang, and G. Li, “A review of lithium-ion battery for electric vehicle applications and beyond,” in *Energy Procedia*,

- Elsevier Ltd, 2019, pp. 4363–4368. doi: 10.1016/j.egypro.2019.01.783.
- [12] “Arduino Uno,” wikipedia. Accessed: Dec. 09, 2025. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Arduino_Uno
- [13] Mohan Ned, Undeland Tore M., and Robbins William P., “POWER ELECTRONICS,” 1995.
- [14] “SENSOR ARUS.” Accessed: Dec. 09, 2025. [Online]. Available: https://id.wikipedia.org/wiki/Sensor_arus
- [15] V. O. Brzhezitsky, Y. O. Haran, A. O. Derzhuk, O. R. Protsenko, Y. O. Trotsenko, and M. M. Dixit, “Ultimate effect of non-identity of capacitive elements of high-voltage arm on frequency characteristics of voltage divider (Analytical research),” *Electrical Engineering and Electromechanics*, no. 4, pp. 46–52, 2021, doi: 10.20998/2074-272X.2021.4.06.
- [16] “TEKNIK ELEKTRONIKA.” Accessed: Dec. 09, 2025. [Online]. Available: <https://teknikelektronika.com/pengertian-lcd-liquid-crystal-display-prinsip-kerja-lcd/>



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

LAMPIRAN



DOKUMENTASI	DATA PENGUJIAN
	
PEMROGRAMAN	DESIGN
	

Backup Data

1. DOKUMENTASI

https://polteraindonesia-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/achmadmughofir_tli23_poltera_ac_id/IgDOeHGpXgYPTrxl8YgrOXTRAUxE_XDjDKXaNdbxsh_KYZ2M?e=8EMjQi

2. DATA PENGUJIAN

https://polteraindonesia-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/achmadmughofir_tli23_poltera_ac_id/IgBsdIjP3VL-QYVyaz5KKQd7AaTPKb2oBYgh2sbehhAYU4o?e=1PuZgy

PEMEROGRAMAN

https://polteraindonesia-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/achmadmughofir_tli23_poltera_ac_id/IgBjLfLdU_GwRLbzxagpZyZlAWFBzchDZQN4ULBsxWuYshc?e=Mfpvmz

3. DESIGN

https://polteraindonesia-my.sharepoint.com/:f:/g/personal/achmadmughofir_tli23_poltera_ac_id/IgDx-wZb4mZRSb5DUsrEua40AXE7OpumUdmnEUIiip0-x8g?e=3DbB0e

BIODATA PENULIS



ACHMAD MUGHOFIR

lahir di Sampang, Madura. pada 18 Mei 2025 Penulis merupakan anak ke-2 dari pasangan H. Fausi dan Siti Rohmah. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN KETAPANG BARAT 5, kemudian melanjutkan pendidikan di SMPN 1 KETAPANG dan pendidikan di SMAN 1 KETAPANG. Pada tahun 2020, penulis melanjutkan pendidikan di Program Studi D-III Teknologi Elektro, Prodi Teknik Listrik Industri, Politeknik Negeri Madura.

Selama menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Madura, penulis aktif dalam berbagai kegiatan organisasi dan kepanitiaan, di antaranya sebagai Ketua Umum UKM Kerohanian, Ketua Divisi Elektrik Poltera Robotic Team, serta mengikuti berbagai kegiatan akademik dan penelitian dosen seperti Matching Fun 2025, Matching Fun 2026, BERDIKARI 2026 yang berfokus pada pengembangan Mesin kapal Listrik. Penulis juga melaksanakan Praktik Kerja Lapangan di PT Bintang Timur Samudera pada bidang kelistrikan kapal.

Tugas Akhir yang disusun berjudul "**Rancang Bangun Prototype Battery Protection Terhadap Proteksi Overcharge, Overdischarge, dan Overheat**" sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Ahli Madya (A.Md.) pada Program Studi D-III Teknologi Elektro, Politeknik Negeri Madura.