



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI
DAN MONITORING TEGANGAN-ARUS
MODUL SUPERKAPASITOR BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK APLIKASI
REGENARTIVE BRAKING MOTOR DC.**

Oleh:

Halimatus Sa'diyah

NRP. 33112301005

Dosen Pembimbing:

Achmad Afandi, S.Tr.T., M.Tr.T. Pembimbing I

Norma Mahmudah S.T., M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LSITRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – LI1956404

**RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI DAN
MONITORING TEGANGAN-ARUS MODUL
SUPERKAPASITOR BERBASIS
MIKROKONTROLER UNTUK APLIKASI
REGENARTIVE BRAKING MOTOR DC.**

Oleh:

Halimatus Sa'diyah

NRP. 33112301005

Dosen Pembimbing:

Achmad Afandi, S.Tr.T., M.Tr.T. Pembimbing I

Norma Mahmudah S.T., M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi :

Nama : Halimatus Sa'diyah

NRP 33112301005

Prodi : D3 Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan “Rancang Bangun Sistem Konversi Monitoring Tegangan-Arus Modul Superkapasitor Berbasis Mikrokontroler Untuk Aplikasi *Regenerative Braking* Motor DC” :

- 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 referensi 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 Referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi 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, 1 Juli 2026



Halimatus Sa'diyah

NRP. 3311201005

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI DAN MONITORING TEGANGAN-ARUS MODUL SUPERKAPASITOR BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK APLIKASI *REGENARTIVE BRAKING* MOTOR DC.

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Ahli Madya Teknik (A.Md T.)

Pada
Jurusan Teknologi Elektro
Politeknik Negeri Madura

Oleh :
Halimatus Sa'diyah
NRP: 33112301005

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 5 Agustus 2026
dan telah sesuai dengan ketentuan

Disetujui Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Achmad Afandi, S. Tr., M.Tr.T. (Pembimbing I)
2. Norma Mahmudah S.T., M.T. (Pembimbing II)
3. Ibrahim Syaiful Millah, S.T., M.Sc. (Penguji I)
4. Muhammad Furqon, M.T. (Penguji II)
5. Dimas Panji Eka Jala Putra, S.Kom., M.Kom. (Penguji III)

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

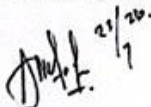
Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Konversi dan Monitoring
Tegangan-Arus Modul Superkapasitor Berbasis
Mikrokontroler Untuk Aplikasi *Regenerative Braiking*
Motor DC

Penulis : Halimatus Sa'diyah
NRP : 33112301005
Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan.
Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II



Norma Mahmudah S.T., M.T.
NIP. 198603082019031007

Dosen Pembimbing I



Achmad Afandi, S.Tr.T., M.Tr.T.
NIP. 199710252024061001

Koordinator Program Studi
Teknik Listrik Industri



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

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



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



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



**RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI DAN
MONITORING TEGANGAN-ARUS MODUL
SUPERKAPASITOR BERBASIS MIKROKONTROLER
UNTUK APLIKASI REGENERATIVE BRAKING MOTOR
DC.**

Nama : Halimatus sa'diyah
NRP : 33112301005
Dosen Pembimbing I : Achmad Afandi, S.Tr., M.Tr.T.
Dosen Pembimbing II : Norma Mahmudah S.T., M.T

ABSTRAK

Pemanfaatan energi pengereman regeneratif pada kendaraan listrik telah menjadi salah satu solusi paling efisien untuk penghematan energi. Penelitian ini berfokus pada perancangan dan pengembangan sistem konversi serta monitoring tegangan–arus pada modul superkapasitor berbasis mikrokontroler, yang berfungsi untuk memonitor dan mengelola daya hasil regenerasi dari motor DC. Sistem ini menekankan bagaimana energi yang tersimpan dalam superkapasitor dapat dimonitor secara *real-time* dan dikelola secara efisien untuk digunakan kembali pada sistem penggerak.

Sistem yang diusulkan terdiri dari sensor tegangan, sensor arus, rangkaian konversi daya, serta mikrokontroler sebagai unit utama pengendali dan pengolah data. Data hasil pengukuran dari sensor direkam melalui *data logger* berbasis SD card, sehingga

seluruh variasi nilai tegangan dan arus dapat terdokumentasi untuk keperluan analisis kinerja. Proses konversi daya dirancang untuk memastikan bahwa proses pengisian dan pengosongan superkapasitor tetap stabil dan berada dalam batas operasi yang aman.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu memonitor parameter tegangan dan arus secara akurat sekaligus menyimpan data secara kontinu dalam format yang mudah dianalisis. Dengan demikian, sistem ini dapat menjadi alat pendukung dalam penelitian dan pengembangan sistem manajemen energi regeneratif menggunakan superkapasitor pada aplikasi motor DC, serta berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi energi pada sistem kendaraan listrik.

Kata Kunci: Superkapasitor, Mikrokontroler, Rem Regeneratif, Sensor Tegangan, Sensor Arus, Pencatat Data, Motor DC



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRACT



***DESIGN OF A VOLTAGE-CURRENT CONVERSION AND
MONITORING SYSTEM FOR SUPERCAPACITOR
MODULES BASED ON A MICROCONTROLLER FOR
REGENERATING APPLICATIONS IN DC MOTOR
BRAKING.***

Name : Halimatus Sadiyah
NRP : 33112301005
Supervisor I : Achmad Afandi, S.Tr., M.Tr.T.
Supervisor II: Norma Mahmudah S.T., M.T

ABSTRACT

The utilization of regenerative braking energy in electric vehicles has become one of the most efficient solutions for energy conservation. This research focuses on the design and development of a voltage–current conversion and monitoring system for a supercapacitor module based on a microcontroller, which functions to monitor and manage the regenerated power from a DC motor. The system emphasizes how the energy stored in the supercapacitor can be monitored in real time and efficiently managed for reuse in the drive system. The proposed system consists of a voltage sensor, current sensor, power conversion circuit, and a microcontroller as the main control and data processing unit. The measurement data from the sensors are recorded through

an SD card– based data logger, allowing all variations in voltage and current values to be documented for performance analysis. The power conversion process is designed to ensure that the charging and discharging of the supercapacitor remain stable and within safe operational limits. xperimental results show that the system can accurately monitorvoltageand current parameters while continuously storing the data in an easily analyzable format. Therefore, this system can serve as a supporting tool for the research and development of regenerative energy management systems using supercapacitors in DC motor applications, contributing to improved energy efficiency in electric vehicle systems.

Keywords: Supercapacitor, Microcontroller, Regenerative Braking, Voltage Sensor, Current Sensor, Data Logger, DC Motor



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

KATA PENGANTAR



KATA PENGANTAR

lhamdulillah 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 informasi anak tentang Berdasarkan karya tersebut, penulis menyusun laporan TA berjudul **“RANCANG BANGUN SISTEM KONVERSI DAN MONITORING TEGANGAN-ARUS MODUL SUPERKAPASITOR BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK APLIKASI *REGENARTIVE BRAKING* MOTOR DC”**.

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. Kedua orang tua Ibu dan Almarhum Bapak yang menjadi dasar semangat bagi penulis untuk bisa menyelesaikan pendidikan ini dengan sukses, dan terimakasih atas semua perjuangan dan usaha yang diberikan.
2. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik Negeri Madura Atas dukungan dan fasilitas yang di berikan selama menempuh pendidikan.
3. M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan.
4. Ibu Tristiandinda Permata, S.T., M.T. Selaku Wakil Direktur II Bidang Perencanaan Keuangan dan umum, atas dukungan dan fasilitas yang diberikan selama menempuh pendidikan.
5. Bapak Akhmad Arif Kurdianto, S.T., M.T. Sebagai Pembina Badan Eksekutif Mahasiswa yang sejauh ini sudah membina kami dengan penuh keikhlasan.
6. Mohammad Nur, S.Si., M.T. Ketua Jurusan atas fasilitas dan dukungan yang diberikan selama masa mendidikan.
7. Ibrahim saiful Millah, S.T., M.Sc. Sekretaris Jurusan atas

fasilitas dan dukungan yang di berikan selama masa pendidikan.

8. Bayu Praharsena, S.ST., M.T. Koordinator Program Studi atas fasilitas dan dukungan yang di berikan selama pendidikan dan yang sudah membikan saya peluang untuk mengikuti proyek mesin kapal listrik.
9. Achmad Afandi, M.T r.T. Pembimbing I atas bimbingan, arahan, solusi yang di berikan selama penelitian.
10. Norma mahmudah, S.T., M.T. Pembimbing II atas bimbingan, arahan, solusi yang di berikan selama penelitian.
11. Seluruh dosen JTE yang sudah memberikan pelajaran dalam hidup yang sangat berkesan bagi saya Seluruh dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah memberikan ilmu, fasilitas, pelayanan, dan bantuan selama menempuh pendidikan.
12. Kakak Alumni Teknik Listrik Industri, yang memberikan pengalaman mulai dari organisasi, Project, Event dan lain lain yang terlupakan.
13. Rekan Rekan Badan Eksekutif Mahasiswa yang sudah memberikan saya saran, masukan dan semangat yang tinggi selama pengerjaan penyusunan prosal Tugas Akhir.
14. Presiden BEM Poltera Saudara Andika Tri Wicaksono yang sudah menjadi Partner, memabantu dan mensuport saya baik dalam segi pengadaan dan yang lainnya.

15. Rekan rekan project Mohammad Ihwan Maulana, Achmad Moghfir, Alfin, Arif Budiman, Aditiya Rahman, yang sudah mensupport saya selama mengikuti project mesin kapal listrik baik dalam segi ilmu pengetahuan dan yang lainnya.
16. Rekan rekan saya Siti Fatima, Rida himayatillah, Aditiya Warman, Abu Rohid Alghofir, Husni Mubarak, Iben Fauzentaro, dan teman teman lainnya yang sudah membantu saya baik dalam segi pengalaman, support semangat.
17. Teman Teman satu bimbingan, Carmenita hari primukti, Fathul Rosi yang sudah saling support satu sama lain untuk selalu bertahan dalam menyelesaikan tugas proposal.

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

Sampang, 1 Juli 2026

**Halimatus Sa'diyah
NRP.3311230100**



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	vi
ABSTRAK	viii
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiv
DAFTAR ISI	xxii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
17.1 Latar Belakang	1
17.2 Rumusan Masalah	2
17.3 Batasan Masalah.....	3
17.4 Tujuan	4
17.5 Manfaat	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Penelitian Sebelumnya	8
2.2 Landasan Teori.....	9
2.2.1 Superkapasitor.....	9
2.2.2 Data Logger	10
2.2.3 Sensor Arus.....	11
2.2.4 Sensor Voltage Divider.....	12
2.2.5 Mikrokontroler	13
2.2.6 LCD I2C.....	13

2.2.7	Relay	14
2.2.8	Baterai	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		22
3.1	Tahapan Penelitian	22
3.2.1	Diagram Alir Penelitian	23
3.3	<i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	25
3.3.1	<i>Flowchart</i> Sistem Keseluruhan	26
3.3.2	<i>Flowchart</i> Sistem Kerja Alat	27
3.3.3	Desain Electrical	29
3.3.4	Blok Diagram	32
3.3.5	<i>Spesifikasi Alat</i>	33
3.4.	Kalibrasi Sensor	35
3.4.1	Sensor yang di kalibrasi	35
3.4.2	Data Logger	36
3.4.3	Rencana Anggaran Biaya	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		40
4.1	Pengujian Sensor Tegangan	40
4.2	Pengujian Sensor Arus ACS758-50A	43
4.3	Pengujian Sistem Perekaman Data Logger	45
4.4	Pengujian Sensor RPM-Proximity	47
4.5	Pengujian <i>Charging</i> Superkapasitor	49
4.2	Pengujian <i>Discharging</i> Motor	51
4.6	State of Charge (SOC) Kondisi Charging	52
4.7	Pengambilan pengukuran data 10 kali – kondisi	53
	charging	56
4.8	Pengambilan pengukuran data 10 kali – kondisi discharging	57



4.9	Pengujian Keseluruhan.....	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA.....		57
LAMPIRAN		59
BIODATA PENULIS		60



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTER

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	8
Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat.....	33
Tabel 3. 2 Proses dan Prosedur Pengerjaan	36
Tabel 3. 3 Tabel Rencana anggaran biaya	37
Table 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	41
Tabel 4. 2 Hasil perbandingan sensor tegangan.....	42
Tabel 4. 3 Hasil Uji Sensor Tegangan	43
Tabel 4. 4 Hasil Perbandingan Sensor Arus	45
Tabel 4. 5 Hasil Data Loger.....	47
Table 4. 6 Hasil Pengujian Charging Supercapacitor.....	50
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Discharging Motor.....	52



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar Superkapasitor	10
Gambar 2. 2 Gambar Micro sd card.....	10
Gambar 2. 3 Gambar Sensor Arus	11
Gambar 2. 4 Gambar Sensor Tegangan	12
Gambar 2. 5 Gambar Mikrokontroler	13
Gambar 2. 6 Gambar LCD I2C.....	14
Gambar 2. 7 Gambar Relay	15
Gambar 3. 1 Gambar Flowchart Penelitian.....	25
Gambar 3. 2 Gambar Flowchart Sistem.....	26
Gambar 3. 3 Gambar Sistem Kerja Alat	27
Gambar 3. 4 Gambar Desain Elecrical.....	29
Gambar 3. 5 Desain 3D Mekanik	30
Gambar 3. 6 Desain 3D Part List Alat	30
Gambar 3. 7 Gambar Desain 3D Tampak Samping.....	31
Gambar 3. 8 Gambar Blok Diagram.....	32
Gambar 4. 1 Gambar Kurva Uji Coba Sensor Divider.....	42
Gambar 4. 2 Kurva Hasil Uji coba sensor Arus.....	44
Gambar 4. 4 Gambar Kurva Hasil Uji Coba Sensor Kecepatan	48
Gambar 4. 5 Kurva Hasil Uji kecepatan RPM.....	48
Gambar 4. 6 Hasil Perbandingan Sensor Kecepatan.....	49



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. 2 Dokumentasi Tugas Akhir	59
---	----



BAB 1

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energy storage atau sistem penyimpanan energi adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk menyimpan dan menyediakan daya pada kendaraan listrik. Umumnya, penyimpanan energi yang digunakan dalam kendaraan listrik adalah baterai. Namun terdapat juga sebuah sistem penyimpanan energi selain baterai yaitu superkapasitor.

Superkapasitor adalah penyimpanan energi yang memiliki beberapa keunggulan dibanding baterai seperti kemampuan *charge–discharge* cepat, efisiensi tinggi, dan ketahanan siklus sangat besar yang berfungsi untuk menyerap, menyimpan, dan melepaskan energi listrik. Namun superkapasitor memiliki beberapa kelemahan seperti harganya mahal dan kapasistas penyimpanan energi yang jauh lebih kecil dari baterai dan kurang dikenal oleh masyarakat pada umumnya. Untuk itu, superkapasitor biasanya digunakan hanya sebagai *booster energy* dalam sistem kendaraan listrik.

Dari permasalahan tersebut, dibuatlah sebuah sistem untuk membuktikan performa superkapasitor pada sistem pengereman regeneratif. Superkapasitor dipilih karena,

sehingga sesuai untuk menangkap energi impulsif dari *regenerative braking*. Modul pelatihan yang dibuat nantinya akan dilengkapi dengan sistem monitoring kapasitas muatan dari superkasaitor, proteksi dan manajemen daya untuk proses *charge* dan *discharge*. Tujuan penelitian ini adalah merancang dan membangun sistem konversi daya yang mampu mengatur aliran energi antara motor DC dan modul superkapasitor pada proses *regenerative braking*.

Manfaat dari penelitian ini adalah memberikan kontribusi ilmu pengetahuan terkait *energy storage* khususnya penggunaan superkapasitor serta memperkenalkan kepada masyarakat tentang *energy storage* selain baterai. Luaran dari penelitian ini adalah terciptanya sebuah modul superkapasitor berbasis mikrokontroler untuk aplikasi *regeneratif braking* pada motor DC.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan masalah-masalah penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem konversi daya untuk modul superkapasitor yang dapat menerima energi hasil pengereman regeneratif dari motor DC dan menyimpannya secara efisien?

2. Bagaimana mengimplementasikan sistem monitoring tegangan dan arus modul superkapasitor secara real-time menggunakan sensor dan mikrokontroler?
3. Bagaimana memastikan bahwa manajemen daya pada modul superkapasitor (menghindari *overvoltage*, *overcurrent*, memastikan pengisian/pelepasan yang stabil) dapat dijalankan melalui sistem yang dikembangkan?

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. Sistem yang dirancang hanya diterapkan pada motor DC *brushed* sebagai objek *regenerative braking*.
2. Media penyimpanan *energy Storage* yang digunakan hanya pada superkapasitor.
3. Monitoring hanya mencakup tegangan dan arus pada modul superkapasitor.

1.4 Tujuan

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

1. Merancang dan membangun sistem monitoring tegangan dan arus pada modul superkapasitor untuk mengetahui kondisi energi yang tersimpan maupun yang digunakan selama proses *regenerative braking* pada motor DC.
2. Mengimplementasikan sensor tegangan dan arus yang mampu membaca perubahan nilai secara real-time sehingga dapatmenunjukka proses *charging* (energi masuk) dan *discharging* (energi keluar) pada superkapasitor.
 - a. Mengembangkan sistem manajemen daya pada modul superkapasitor untuk menghindari overvoltage, overcurrent dan memastikan pengisian/pelepasan yang stabil serta dapat dijalankan melalui sistem yang dikembangkan.

1.5 Manfaat

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

A. Manfaat bagi institusi:

1. Sebagai bahan ajar baru untuk mahasiswa jurusan teknologi elektro dan mengenalkan energi yang menjanjikan pada superkapasitor
2. Untuk diadakannya Modul belajar Superkapasitor dengan kapasitansi bervariasi sehingga mahasiswa dapat mengeksplorasi energi ini dalam praktikum pada Jurusan Teknologi Elektro
3. Mengaplikasikan Superkapasitor dalam seluruh penelitian dosen

B. Manfaat bagi ilmu pengetahuan:

1. Hasil penelitian ini diharapkan memberi pengetahuan baru tentang energi baru terbarukan untuk sistem penyimpanan energi pada *Regenerative Motor Braking* Motor DC
2. Penelitian ini diharapkan menambah pengetahuan penulis tentang bagaimana sistem penyimpanan energi pada superkapasitor yang dapat meningkatkan akselerasi pada *Regenerative Braking* Motor DC

C. Manfaat bagi masyarakat:

1. Sebagai penyimpan energi di masa depan dalam berbagai aplikasi
2. Untuk memaksimalkan waktu *charge* dan *discharge* pada transportasi umum yang berbasis
3. Untuk menghemat harga *service* penyimpanan energi pada kendaraan listrik
4. Mengenalkan teknologi media penyimpanan energi baru selesai 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 penelitian ini yang berjudul Rancang bangun sistem konversi dan monitoring tegang dan arus modul superkapasitor berbasis mikrokontroler untuk aplikasi regeratif motor *braking* motor DC. akan dilakukan perbandingan dengan beberapa parameter, adapun acuan pemikiran yang berhubungan dengan konsep yang dilakukan adalah :

Pada Penelitian yang dilakukan oleh Rayhaan Ramadhan1, Dianta Mustofa1 dan Idrus Asagaf Pada Tahun 2021 “RANGKAIAN SUPERKAPSITOR 100F SEBAGAI *ENERGY STORAGE GENERATOR* DC-24V” penelitian sebelumnya telah men gaplikasikan peran superkapasitor sebagai penyimpanan energi listrik dari generator diantaranya adalah (Uno, 2011) yang mengaplikasikan superkapasitor dalam sistem regenerative braking sebagai *energy storage* dan mendapatkan hasil bahwa tingkat kapasitansi menurun signifikan seiring meningkatnya arus. Kemudian, penelitian terbaru tentang aplikasi superkapasitor terhadap generator DC

oleh (Chad, 2007) telah mengaplikasikan supercapacitor sebagai main *energy storage* pada *wind turbine* dan penelitian oleh (Rajakumar, 2013) melakukan metode hybrid pada supercaps dengan battery. Keduanya menghasilkan data bahwa resistansi kapasitor berbanding terbalik dengan debit arusnya. Hal tersebut dapat diketahui karena semakin kosong baterai, semakin lambat arus keluar. Pada penelitian yang di lakukan oleh Heru Susanto Pada Tahun 2018 “DESAIN DAN IMPLEMENTASI PEMANTAU TEGANGAN DAN ARUS MOTOR DC MENGGUNAKAN KONSEP *INTERNET OF THINGS (IOT)*” Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan DC–DC boost converter pada sistem pengereman regeneratif sepeda listrik untuk mengatur tegangan pengisian baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konverter memiliki efisiensi rata-rata sebesar 83,6%[2]. Pada Penelitian yang di lakukan oleh Raffi Fuad Elpriza¹, Adnan Rafi Al Tahtawi², Sofian Yahya³, Pada Tahun 2022 “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI Pengereman *REGENARATIVE* PADA SIMULATOR MOBIL LISTRIK BERBASIS MOTOR ARUS SEARAH” Dalam penelitian ini dirancang simulator mobil listrik berbasis motor arus searah untuk skema proses pengisian superkapasitor.

Skema dirancang dengan terjadinya pengereman regeneratif. Skema ini dirancang dengan membuat motor berperan sebagai generator, sehingga generator akan menghasilkan energi listrik yang akan digunakan untuk pengisian superkapasitor[3].

No	Judul Penelitian	Pengujian		Charging/ discharging	Motor	Parameter uji
		Simulasi	Langsung			
1	Superkapasitor	Yes	No	No	Yes	Kapasitansi
2	Sebagai Penyimpanan Energi Untuk Bus Listrik Di Indonesia. Potensi Dan Tantangan	Yes	Yes	No	Yes	Soc
3	Review of the Topology and Energy Management Hybrid Energy Storage on Electric Vehicle	Yes	No	Yes	Yes	-

No	Judul Penelitian	Pengujian		Charging/ discharging	Motor	Parameter uji
		Simulasi	Langsung			
4	Studi Penggunaan Supertkapa sitor Sebagai Media Penyimpan Energi [8]	Yes	No	No	No	Tegangan, arus
5	(HESS) dengan Pengujian Kombinasi Baterai Lithium-Ion dan Supertkapa sitor pada Kendaraan Listrik [5]	Yes	No	No	Yes	Kombinasi Baterai Lithium-Ion

No	Judul Penelitian	Pengujian		Charging/ discharging	Motor	Parameter uji
		Simulasi	Langsung			
6	Skema Kendali Supertkapasitor-baterai Sebagai Sumber Energi Listrik Hibrida Berbasis Fuzzy Logic Control [9]	Yes	No	No	No	Tegangan arus
7	Analisis Hasil Pengujian Parameter Beban, Kapasitansi Dan Waktu Pengosongan Pada Rangkaian Supertkapasitor [10]	No	Yes	No	No	Tegangan arus
8	Rancang Bangun Sistem Konversi dan Monitoring Tegangan arus Modul Supertkapasitor berbasis Mikrokontroler Untuk	Yes	Yes	Yes	Yes	Tegangan Arus

Table 2. 1 Perbandingan Penelitian

2.2 Landasan Teori

Pada bagian ini berisi tentang dasar teori yang digunakan sebagai dasar dan acuan untuk mendukung kelancaran dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

2.2.1 Superkapasitor

Superkapasitor merupakan salah satu alternatif media penyimpanan energi listrik yang memiliki karakteristik berbeda dibandingkan baterai maupun kapasitor konvensional, sehingga menarik perhatian banyak peneliti. Perangkat ini memiliki nilai kapasitansi yang jauh lebih besar dari padakapasitor biasa. Perbedaan utama antara superkapasitor dan kapasitor konvensional terletak pada struktur dan material penyusunnya. Superkapasitor menggunakan elektroda berbasis material karbon, sedangkan kapasitor konvensional umumnya menggunakan elektroda berbahan logam. Selain itu, pada kapasitor kedua elektroda tidak dipisahkan oleh lapisan dielektrik. Kapasitansi pada superkapasitor dihasilkan dari dua lapisan substrat karbon yang terpisah oleh jarak sangat kecil pada skala nanometer. Jarak antar lapisan yang sangat kecil ini memungkinkan peningkatan luas permukaan elektroda, sehingga menghasilkan nilai kapasitansi yang lebih besar meskipun dengan ukuran perangkat yang setara dengan kapasitor konvensional [4].



Gambar 2. 1 Gambar Superkapasitor

2.2.2 Data Logger

Data *logger* merupakan alat elektronik yang berfungsi mencatat data dari waktu ke waktu secara *continue*. Untuk menunjang proses pengambilan data seperti arus, tegangan dan kecepatan secara *real time* pada penelitian ini dilakukan interval sampling 1 detik 5 kali. Dimana data logger akan difungsikan sebagai *record storage* dari sensor-sensor seperti Proximity, ACS758, *Devder* yang menggunakan SD Card untuk menyimpan data dan menganalisis data yang berjalan secara otomatis. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah modul Micro Sd Card Data Logger yang Nantinya data yang akan di ambil akan di olah [5].



Gambar 2. 2 Gambar Micro sd card

2.2.3 Sensor Arus

ACS758 merupakan sensor untuk mendeteksi arus dengan prinsip *Hall effect* dimana medan magnetik disekitar arus tembaga dikonversi menjadi tegangan yang linier dengan perubahan arus yang digunakan sebagai input mikrokontroler melalui konduktor internal. ACS758 memiliki kelebihan yaitu keakuratan dalam proses sensing, karena dalam sensor ini terdapat rangkaian *low-offset linear hall* yang satu lintasan dengan tembaga. Sensor ini akan digunakan untuk mengukur arus pada motor DC yang akan di uji dengan 3 mode, data yang dihasilkan nantinya akan diproses oleh mikrokontroler untuk analisi pada parameter-parameter uji [6].



Gambar 2. 3 Gambar Sensor Arus

2.2.4 Sensor Voltage Divider

Voltage sensor divider merupakan sensor untuk mendeteksi atau mengukur tegangan menggunakan prinsip pembagi tegangan dengan dua resistor yang tersusun seri yang dapat membaca tegangan 0-12V dengan cara mengurangi sinyal tegangan sebesar 5 kali dan menghasilkan output tegangan analog yang sesuai, misalnya tegangan yang akan diukur ada 30V maka output dari sensor ini $30/5=6$, hasil pembacaan sensor ini disambungkan dengan pin analog pada mikrokontroler. Pada penelitian ini sensor divider digunakan untuk mendeteksi atau membaca tegangan pada motor pada saat melakukan pengujian parameter yang sudah ditentukan sebelumnya [7].



Gambar 2. 4 Gambar Sensor Tegangan

2.2.5 Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sirkuit terpaduk yang dirancang untuk mengoperasikan operasi tertentu dalam sistem tertanam. Dengan menggunakan prosedur yang dipunya untuk mengintrepresentasikan data yang diterima oleh I/O sirkuit. Penelitian ini mempercayakan semua operasi sistem menggunakan platform arduino. Arduino sendiri memiliki beberapa keunggulan yaitu harga yang terjangkau, memiliki banyak *library*, menggunakan bahasa pemrograman C atau C++, mudah dipelajari dan memiliki kecepatan yang cukup [8]

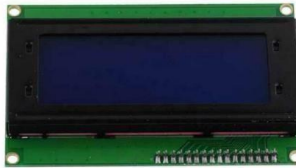


Gambar 2. 5 Gambar Mikrokontroler

2.2.6 LCD I2C

LCD adalah layar cairan kristal dengan resolusi 20X4 piksel. Yang mana komponen di dalamnya melibatkan lapisan dasar, cairan kristal, filter polaroid, *backlight*,

elektroda, *transistor Thin Film* (TFT), konektor, kontroler IC, dan antarmuka. Penggunaan LCD I2C 20X4 menjadi pilihan pada penelitian ini, yang digunakan untuk menampilkan hasil



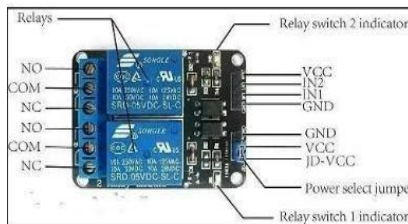
Gambar 2. 6 Gambar LCD I2C

monitoring motor DC yaitu arus, tegangan, dan kecepatan yang di integrasikan dengan mikrokontroler. Monitoring pada perangkat ini untuk hanya untuk merepresentasikan nilai sensor secara langsung [9].

2.2.7 Relay

Modul *relay* adalah perangkat yang berfungsi sebagai saklar listrik yang bekerja berdasarkan sinyal kendali. Ketika sinyal logika HIGH diberikan pada pin kontrol, arus akan mengalir pada kumparan elektromagnet sehingga menimbulkan medan imagnet. Medan magnet ini menyebabkan kontak *relay* berpindah posisi dengan cara menarik atau melepaskannya, sehingga relay dapat bekerja

sesuai perintah. Pin kontrol relay umumnya dihubungkan ke pin input output (I/O) mikrokontroler. Dalam penelitian ini, relay digunakan sebagai pendeteksi secara otomatis untuk mengetahui proses *charging* dan *discharging* pada superkapasitor.



Gambar 2. 7 Gambar Relay

2.2.8 Baterai

Baterai adalah sebuah sel elektrokimia yang mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Komponen utama baterai yaitu anoda, katode, elektrolit, dan separator [18]. Dalam kehidupan sehari-hari dapat dijumpai 2 jenis baterai, yaitu baterai primer dan baterai sekunder, baterai primer hanya dapat digunakan satu kali saja baterai jenis ini tidak memiliki sifat *reversibel* ketika dilepaskan seperti baterai Alkaline, Zing-Carbon, Silver- Oxide. Kemudian baterai sekunder mempunyai sifat *reversible* sehingga baterai dapat di gunakan berulang dengan *charging* dan *discharging* seperti

baterai Lithium-Ion, Lithiu-Polymer, Nickel-Metal Hydride, Nickel- Cadmium, dan Lead Acid.

Pada penelitian ini baterai yang digunakan sebagai media penyimpanan energi utama adalah baterai lithium - Polymer (LI-PO) yang akan dikonfigurasi dengan superkapasitor. Lithium-Polymer (LI-PO) adalah baterai isi ulang yang menggunakan lektrolit polymer kering yang berbentuk lapisan plastik kaca film yang disusun antara anoda dan katoda yang mengakibatkan perpindahan ion [19]. Baterai pada saat ini sangat diminati yang menawarkan pengaturan, kapasitas cadangan, serta koreksi faktor daya. Hal itu membuat baterai menjadi salah satu media penyimpanan favorit digunakan dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2. 8 Baterai Lithium



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur yang dilakukan melalui pengumpulan jurnal-jurnal yang relevan dengan penelitian guna menentukan parameter uji, memahami teori mengenai media penyimpanan energi superkapasitor, serta sebagai bahan pembandingan dengan penelitian sebelumnya. Setelah studi literatur dilakukan, ditetapkan parameter uji yang akan dianalisis, yaitu kecepatan, tegangan, dan arus. Penelitian ini disusun menggunakan metode percobaan untuk rancang bangun sistem konversi dan monitoring tegangan-arus modul superkapasitor berbasis mikrokontroler untuk aplikasi *regenerative* motor braking motor DC Metode penelitian dilakukan secara langsung pada sistem yang telah dirancang. Perancangan sistem uji setiap mode akselerasi menggunakan komponen pendukung sensor arus ACS758-50A, sensor tegangan berbasis pembagi tegangan, modul *relay* 2CH-30A sebagai pengalih mode saat *charging* dan *discharging*, modul micro sd *card data logger* sebagai sistem

perekaman data hasil pengujian, LCD I2C 20×4 sebagai media tampilan, serta Arduino Mega 2560 sebagai pengendali keseluruhan sistem pengujian. Seluruh komponen tersebut digunakan untuk mendukung efisiensi dan keamanan selama proses pengujian.

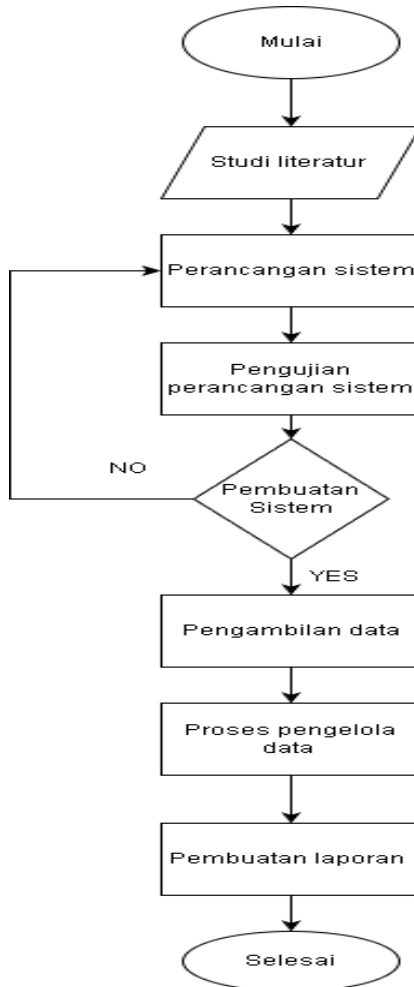
Dengan pendekatan ini akan dilakukan analisis dan pembacaan tegangan dan arus. Hasil analisi data akan memberikan wawasan mengenai superkapasitor sebagai penyimpanan energi masa depan dengan beberapa kelebihanannya dibanding baterai.

3.2.1 Diagram Alir Penelitian

Proses penelitian ini diawali dengan studi literatur melalui pengumpulan jurnal-jurnal yang relevan guna menentukan parameter pengujian, tahapan pelaksanaan, serta memperoleh pemahaman teori mengenai media penyimpanan energi superkapasitor, sekaligus sebagai bahan pembanding dengan penelitian sebelumnya. Setelah studi literatur dilakukan dan pemahaman yang memadai diperoleh, selanjutnya ditetapkan parameter-parameter uji yang akan dianalisis, meliputi kecepatan, tegangan, dan arus. Perancangan dan pemodelan topologi rangkaian superkapasitor–baterai diawali dengan pembuatan sketsa dua dimensi (2D) dan dilanjutkan dengan perancangan

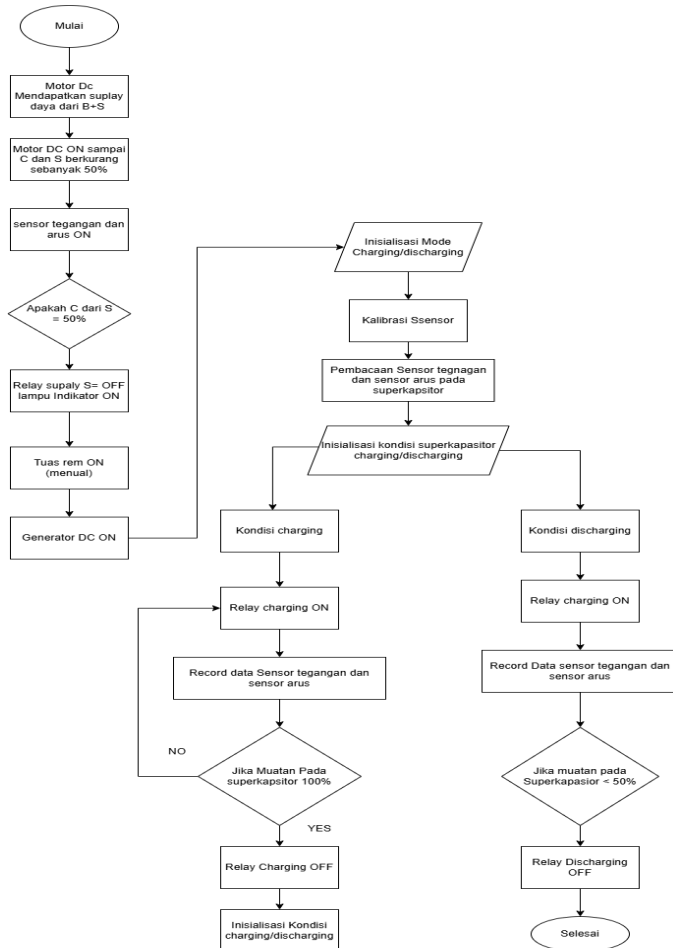
secara perangkat keras. Tahapan pengujian dilakukan secara bertahap, dan setelah seluruh proses pengujian selesai, data hasil pengujian dianalisis, kemudian dilanjutkan dengan penarikan kesimpulan dan pemberian saran

3.3 *Flowchart Tahapan Penelitian*



Gambar 3. 1 Gambar Flowchart Penelitian

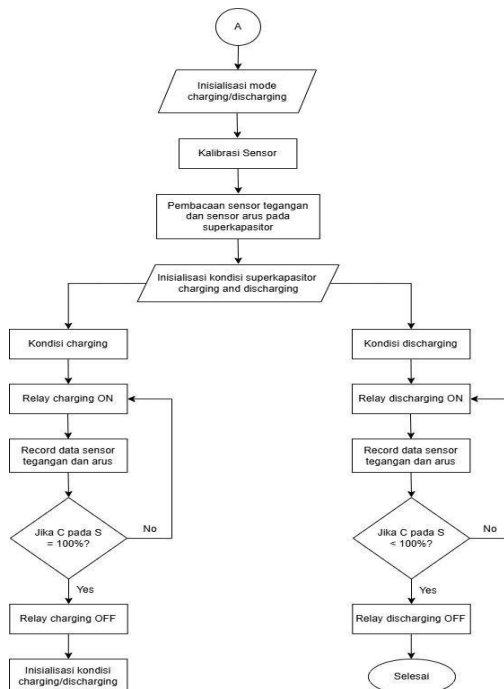
3.3.1 Flowchart Sistem Keseluruhan



Gambar 3. 2 Gambar Flowchart Sistem

Flowchart ini menunjukkan alur kerja sistem *regenerative braking* motor DC berbasis mikrokontroler. Sistem memantau tegangan dan arus untuk menentukan kondisi *charging* atau *discharging* superkapasitor. Energi hasil pengereman disimpan saat *charging* dan dilepaskan saat *discharging* hingga batas yang ditentukan. Data tegangan dan arus direkam selama proses berlangsung.

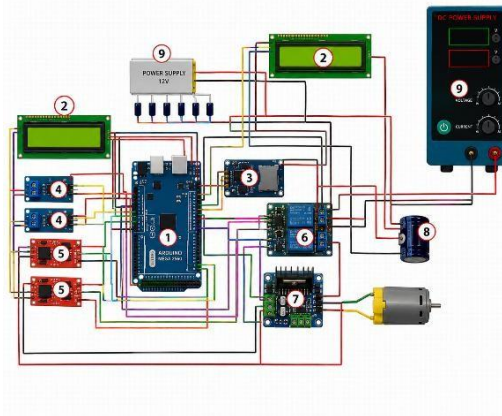
3.3.2 *Flowchart* Sistem Kerja Alat



Gambar 3. 3 Gambar Sistem Kerja Alat

Flowhart atau diagram alir diatas menunjukkan sistem kerja dari rancang bangun sistem konversi dan monitoring tegangan-arus modul superkapasitor berbasis mikrokontroler untuk aplikasi *regenerative motor braking* motor DC. Tahapan pertama mulai dari inisiasi mode *charging* atau *discharging* lalu kemudian melakukan kalibrasi sensor setelah itu membaca sensor tegangan dan sensor arus pada superkapasitor di lanjut dengan inisiasi kondisi superkapasitor posisi *charging* ketika posisi *charging relay* akan on maka sensor tegangan dan arus akan membaca data dan di lanjut ketika daya pada superkapasitor 100% maka relay secara otomatis akan mendeteksi dalam kondisi *charging off* jika tidak mendeteksi maka akan kembali membaca data sensor tegangan dan arus dan di lanjut ketika kondisi sudah membaca data sensor tegangan dan arus relay *charging off* lalu di lanjut inisiasi kondisi *discharging* maka relay secara otomatis *discharging* on di lanjut membaca data sensor tegangan dan arus sensing dan ketika kondisi daya superkapasitor 50% maka *relay discharging* secara otomatis akan off dan akan di setting 50% karena mempermudah untuk peralihannya pada saat *Charging* dan *discharging*.

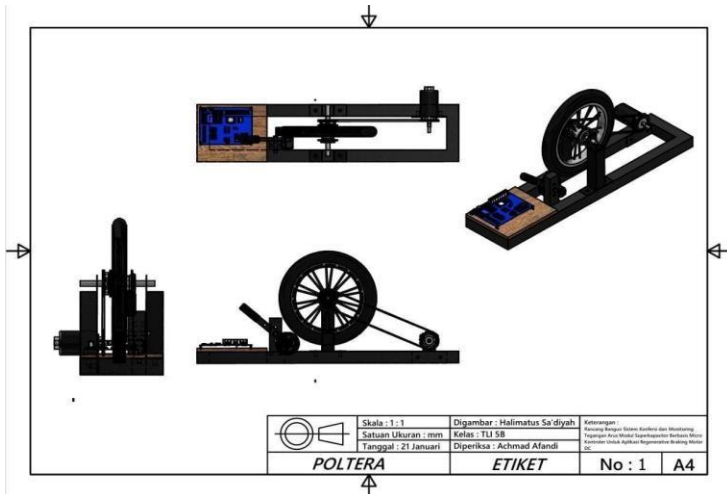
3.3.3 Desain Electrical



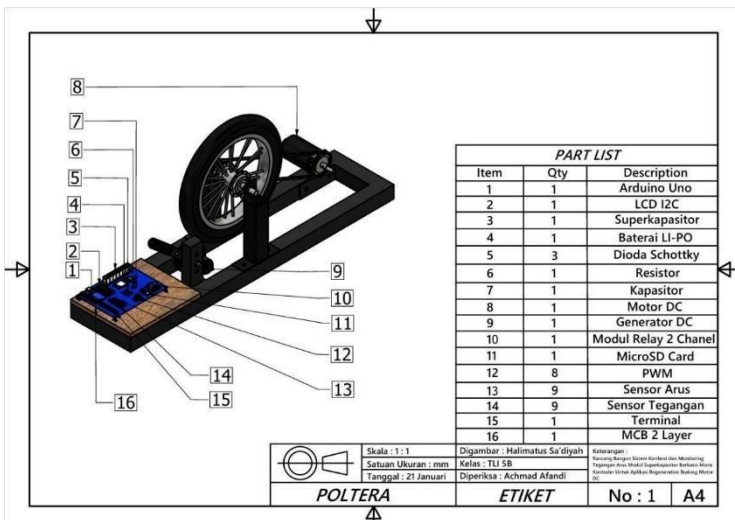
Gambar 3. 4 Gambar Desain *Electrical*

1. Arduino Sebagai otak sistem yang menintegrasikan fungsi monitoring kontrol.
2. LCD di gunakan sebagai untuk menampilkan tegangan dan arus saat proses *charging* dan *discharging*
3. *MicroSD Card* sebagai penyimpanan data *logger* tegangan dan arus
4. Sebagai pembaca tegangan yang masuk dan tegangan yang keluar
5. Sebagai pembaca arus yang keluar dan masuk
6. Modul *Relay 2 chanel* sebagai pendeteksi saat proses *charging* dan *discharging*
7. PWM motor Untuk mengatur kecepatan motor/torsi motor
8. Superkapasitor sebagai penyimpan *Energy Storage*

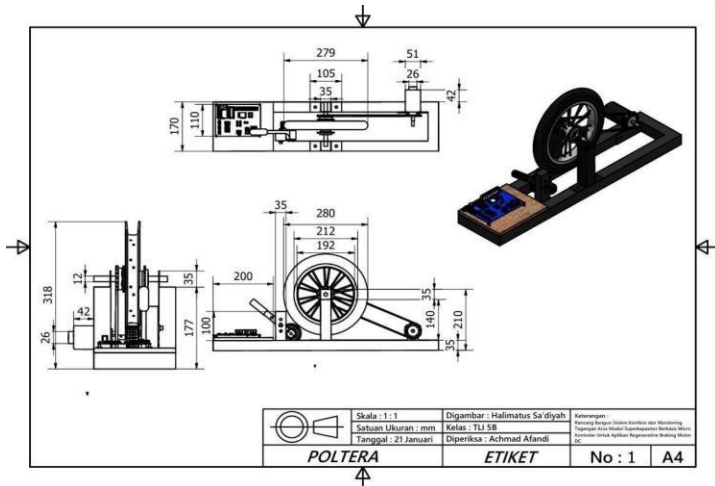
9. Power suplay sebagai sumber untuk menghidupkan arduino



Gambar 3. 5 Desain 3D Mekanik

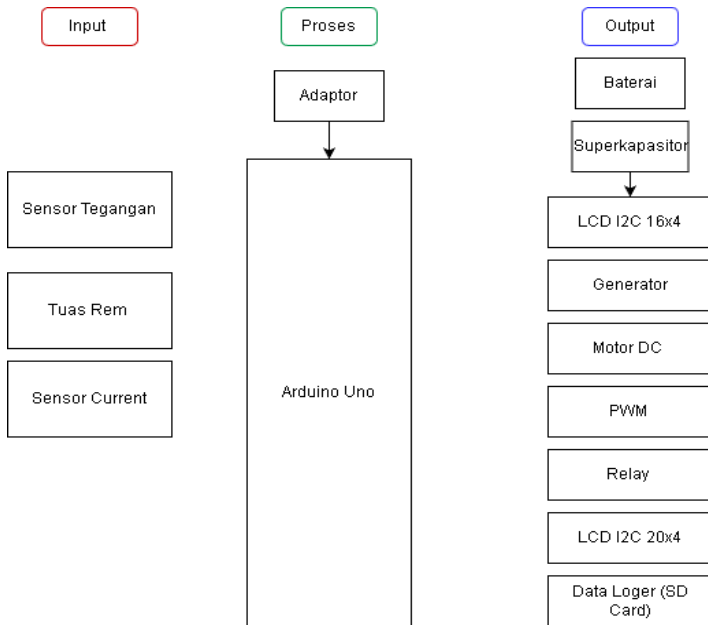


Gambar 3. 6 Desain 3D Part List Alat



Gambar 3. 7 Gambar Desain 3D Tampak Samping

3.3.4 Blok Diagram



Gambar 3. 8 Gambar Blok Diagram

Blok diagram menunjukkan sistem monitoring performa motor DC berbasis superkapasitor dengan input berupa sensor kecepatan, tegangan, dan arus sebagai parameter analisis. Modul relay dua kanal digunakan untuk mendeteksi kondisi pengisian dan pengosongan energi, dengan catu daya 12V sebagai sumber pengisian yang dikendalikan modul XY-L10A serta tegangan 5,5 V untuk sensor dan mikrokontroler melalui konverter DC/DC. Sistem

menggunakan konsep *double power supply* yang memanfaatkan baterai *lithium polymer* dan superkapasitor sebagai sumber energi motor DC, sedangkan hasil pengujian ditampilkan pada LCD I2C 20×6 dan direkam menggunakan *MicroSD Card* data *logger* untuk keperluan analisis data.

3.3.5 Spesifikasi Alat

Berisi semua spesifikasi alat dan bahan yang digunakan pada penelitian.

Tabel 3. 1 Spesifikasi Alat

No	Komponen	Spesifikasi	
1.	Super-Cap	Tegangan / cell	2.7V
		Kapasn/cell	100F
		Arus	6.48A
		Densitas daya	
2.	MicroSD Card	Tegangan kerja	4.5-5.5vDC
		Kotrol	GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS
		Lubang posisi sekrup	4 x M2
		Diameter skrup	2.2mm

No	Komponen	Spesifikasi	
3.	ACS758	Sensing arus	30A
		Tegangan kerja	5 vDC
		Dimensi	31x13mm
4.	Sensor tegangan Divider	Input tegangan	0-25vDC
		Tegangan sensing	0.02445-25 vDC
		Dimensi	21x15mm
5.	Arduino mega 2560 R3	Tegangan kerja	5vDC
		Tegangan input	7-12VDC
		Limit tegangan	6-20vDC
		Digital I/O	54 (15 PWM)
		Analog Pin	16
		Arus per I/O	20mA
		Arus dari pin 3.3V	50mA
		Clock Speed	16MHz
		Panjang	101.52mm
		Lebar	53.3mm
6.	Relay 2 Channel	Tegangan input	5vDC
		Maksimal beban	260vAC/30A 30 vDC/30A
		Isolasi	Optocoupler

No	Komponen	Spesifikasi	
7	LCD I2C 20X6 I2C 20X4	Tegangan	5 DC
		GND	Negative
		Menampilkan	4 baris X 20-karakter
	Sandisk <i>SD Card</i>	ukuran	60mmx99mm
8	Baterai Lithium- Ion	Kapasitor	32GB
		Tegangan	11.1vDC
		Arus	1500mAh
		Cell	3
		Port	T-plug
		Berat	112g
		PxTxL	8x2x8.3

3.4. Kalibrasi Sensor

3.4.1 Sensor yang di kalibrasi

adalah sensor tegangan dan arus proses kalibrasi di lakukan untuk mencari titik refrensi sebagai acuan pembacaan parameter.

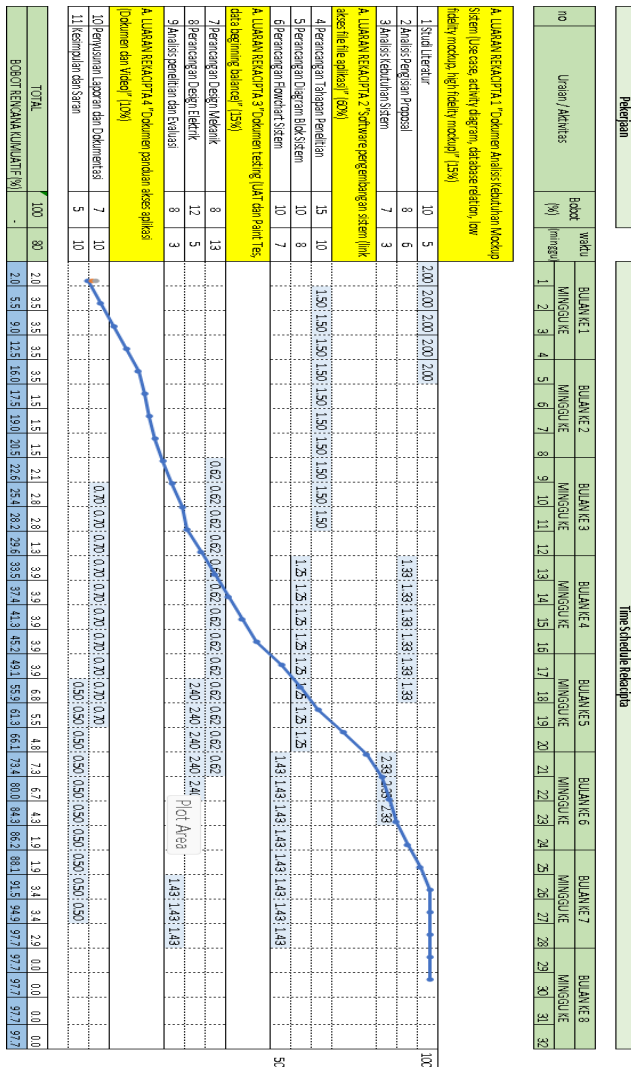
1. *Charging* Parameter yang di lakukan sensor tegangan dan arus, proses charging pembacaan tegangan dan arus di konversikan menggunakan $Q = C \times V$ untuk mengetahui muatan superkapasitor.
2. *Discharging* Parameter yang di lakukan sesnsor tegangaan dan arus, proses discharging pembacaan tegangan dan arus di konversikan menggunakan rumus $Q = C \times V$ untuk mengetahui muatan superkapasitor.

3.4.2 Data Loger

Selain parameter sensor tegangan dan sensor arus pada data *logger* menggunakan fitur waktu untuk mengetahui berapa lama proses *charging* dan *discharging*

3.5 Proses Prosedur Pengerjaan

Tabel 3. 2 Proses dan Prosedur Pengerjaan



3.4.3 Rencana Anggaran Biaya

Tabel 3. 3 Tabel Rencana anggaran biaya

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total	Refrensi
1	Arduino Mega 2560	1	PCS	Rp.165.000	Rp.165.000	https://tk.tokopedia.com/ZSa6PVjEP/
2	Acs712	2	PCS	Rp.11,660	Rp.11,660	https://tk.tokopedia.com/ZSa6PKeWT/
3	Voltage Divider	2	PCS	Rp.4000	Rp.4000	https://tk.tokopedia.com/ZSa65JWKj/
4	superkapsitor	6	PCS	Rp.210.000	Rp.210.000	https://tk.tokopedia.com/ZSa65UCEW/
5	Modul relay 2 Channel	1	PCS	Rp. 10.900	Rp. 10.900	https://tk.tokopedia.com/ZSa65n6tv/
6	LCD I2C 20x4	1	PCS	Rp.97.000	Rp.97.000	https://tk.tokopedia.com/ZSa6aBMt/

No	Bahan	Jumlah	Satuan	Harga satuan	Total	Refrensi
7	Micro SD Card	1	PCS	Rp. 5.830	Rp. 5.830	https://tk.tokopedia.com/ZSa6ayxBt/
8	Baterai	1	PCS	Rp.158.400	Rp.158.400	https://id.shopee/Xsq1fbh
9	Motor Dc	1	PCS	Rp. 169.00	Rp. 16.900	https://tk.tokopedia.com/ZSaMHvq8X/
TOTAL					Rp. 679.690	



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

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. Pengujian sensor Tegangan DIVIDER
2. Pengujian sensor Arus ACS758-50A
3. Pengujian sistem perekaman Data *Logger*
4. Pengujian sensor RPM-Proximity
5. Pengujian *Charging* Superkapasitor
6. Pengujian *Discharging* Superkapasitor

4.1 Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan DIVIDER dilakukan pengujian untuk menunjukkan keakuratan dalam mengukur tegangan listrik DC. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa sensor DIVIDER dapat memberikan keakuratan pengukuran pada sistem yang akan di uji. Cara untuk mengetahui keakuratan pembacaan sensor dengan membandingkan nilai pembacaan pada sensor dengan alat ukur. Pada sensor perlu dilakukan penyesuaian nilai pembacaan dengan mengubah nilai resistor pada program arduino sesuai dengan resistansi aktual yang tersusun seri pada komponen modul,

kemudian penyesuaian selanjutnya adalah dengan menyamakan nilai tegangan VIN pada program arduino dengan mengukur tegangan aktual pada pin arduino 5V dan GND menggunakan alat ukur.

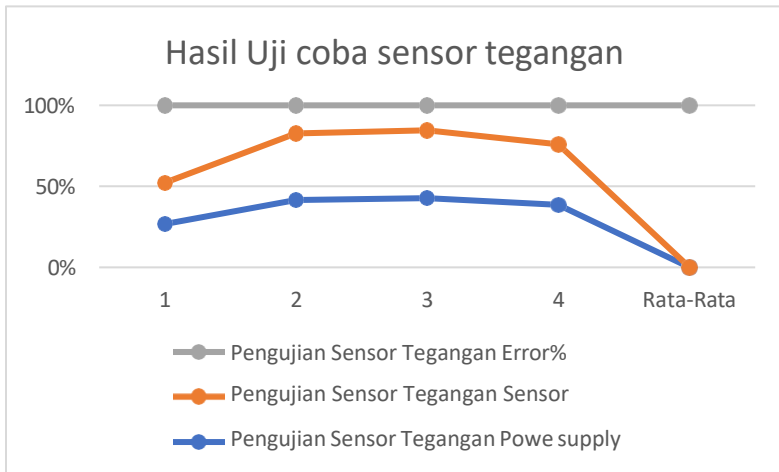
Sensor DIVIDER bekerja berdasarkan prinsip pembagi tegangan dengan menurunkan tegangan input sebesar lima kali lipat dan menghasilkan *output* tegangan analog yang proporsional. Sebagai contoh, tegangan *input* sebesar 30 V akan menghasilkan output sebesar 6 V. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan sensor DIVIDER ke sumber tegangan dan beban, kemudian hasil pengukuran direkam oleh data *logger*.

Table 4. 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

V-PWM	Poe Supply	Sensor
2.8		
3.11		
4.13		
5.23		

Proses kalibrasi sensor DIVIDER dengan cara membandingkan nilai pembacaan sensor terhadap pengukuran

sebagai referensi ke akuratan pembacaan sensor. Dari proses perbandingan nilai tersebut didapatkan nilai yang menggambarkan hubungan antara kedua nilai.



Gambar 4. 1Kurva Sensor Tegangan

Tabel 4. 2 Hasil perbandingan sensor tegangan

Pengujian Sensor Tegangan			
No	Powe supply	Sensor	Error%
1	2.8	2.66	5
2	3.11	3.07	1.29
3	4.13	4.05	1.49
4	5.23	5.06	3.25
Rata-Rata			2.87

4.2 Pengujian Sensor Arus ACS758-50A

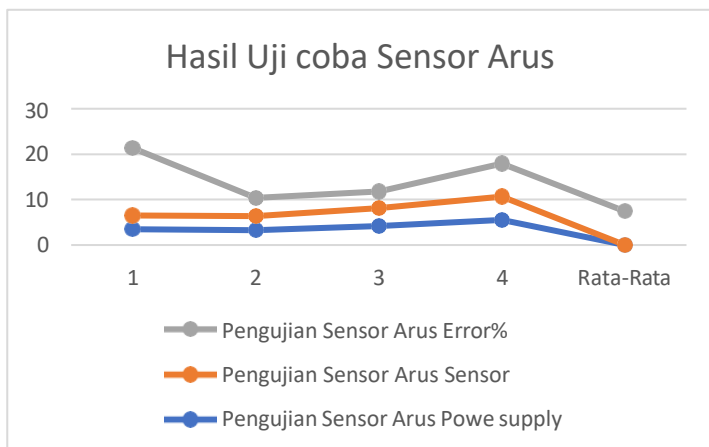
Pengujian sensor ACS758 dilakukan untuk meningkatkan akurasi pembacaan arus sebelum digunakan pada sistem. Sensor ACS758 bekerja berdasarkan prinsip *Hall effect* dengan mendeteksi medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik yang mengalir melalui konduktor. Medan magnet tersebut kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan analog yang terhubung ke pin A0 Arduino.

Sensor ACS758-50A memiliki sensitivitas sebesar 40 mV/A dengan tegangan offset sebesar 2,5 V. Tegangan output sebesar 2,5 V menunjukkan pembacaan arus sebesar 0 A, sedangkan setiap kenaikan arus sebesar 1 A akan meningkatkan tegangan *output* sebesar 40 mV. Dengan demikian, pada arus sebesar 1 A, tegangan *output* sensor menjadi sekitar 2,54 V. Untuk meningkatkan akurasi pembacaan, digunakan metode sampling sebanyak 150 kali pada program Arduino serta dilakukan kalibrasi tanpa beban untuk menentukan nilai *offset* awal sensor

Tabel 4. 3 Hasil Uji Sensor Tegangan

Ampere	Power Supply	Sensor
2.4		
2.43		
2.8		
3.25		

Proses kalibrasi sensor ACS758-50A dengan cara membandingkan nilai pembacaan sensor terhadap pengukuran sebagai referensi ke akuratan pembacaan sensor. Dari proses perbandingan nilai tersebut didapatkan nilai yang menggambarkan hubungan antara kedua nilai.



Gambar 4. 2 Kurva Hasil Uji coba sensor Arus

Berikut persamaan untuk menghitung %error sensor

$$\%Error = \left(\frac{\text{Nilai pengukuran} - \text{nilai alat ukur}}{\text{nilai alat ukur}} \right) \times 100\%$$

Pengujian Sensor Arus			
No	Powe supply	Sensor	Error%
1	3.5	2.98	14.86
2	3.25	3.12	4
3	4.15	4	3.61
4	5.53	5.13	7.23
Rata-Rata			7.43

4.3 Pengujian Sistem Perekaman Data Logger

Pada bagian ini, dilakukan pengujian sistem penyimpanan data logger yang bertujuan untuk merekam atau mencatat ke-3 nilai sensor pada saat pengujian alat, dimana sistem perekaman data ini memiliki keunggulan yaitu dapat merekam data secara real time yang sangat dibutuhkan pada penelitian untuk melihat karakteristik akselerasi menggunakan superkapasitor-baterai dengan beban terukur. Adapun beberapa proses pengujian sistem pada sistem data *logger* sebagai berikut:

1. Menyempurnakan rangkain pada modul SPI (Serial *Peripheral Interface*) data *logger* yang terdiri dari pin MISO, MOSI, SCK, CS terhadap arduino.
2. Selanjutnya mencoba sistem rekaman data *logger* dengan cara membaca spesifikasi memori yang akan tampil pada

serial monitor. Jika berhasil maka membuktikan bahwa rangkaian sudah benar dan kemudian rangkaian siap digunakan untuk merekam nilai pengujian dari sensor.

3. Pada bagian program data *logger*, *interval logging* di atur dalam waktu $1000\text{ms} / 5 \text{ data} = 200\text{ms}$ atau metode pembacaan 1 detik 5 kali rekaman data, metode pembacaan ini bertujuan untuk merekam karakteristik kecepatan terhadap energi dari baterai superkasitor yang mempengaruhi RPM, arus dan tegangan pada motor DC yang membutuhkan rekaman data yang cepat.
4. Kemudian menambahkan *Header* (\$) di sebelah kiri nilai dan *Footer* (/r/n) di sebelah kanan nilai sensor, fungsi dari penambahan *Header* dan *footer* untuk mengapit nilai sensor agar ketika sistem merekam data kemudian tidak membaca nilai dari sensor karena terlalu cepat interval pembacaan, maka akan pembacaan akan 0 ditengah waktu yang direkam atau dalam hal kondisi sensor tidak mendeteksi objek.

Adapun hasil pengujian sistem data *logger* yang digunakan dalam analisis penelitian melalui pengolahan data, berikut hasil pengujiannya:

Tabel 4. 5 Hasil Data Logger

TIME	VCHARGE	ICHARGE	VCAP	IDISCHARGE	RPM	SOC	MODE
3	2.7	-0.08	2.66	-0.14	0	0.7	CHARGING
4	2.69	-0.08	2.67	-0.15	0	0.7	CHARGING
5	2.69	-0.09	2.66	-0.15	0	0.7	CHARGING
6	2.68	-0.09	2.67	-0.16	0	0.7	CHARGING
7	2.7	-0.07	2.66	-0.15	0	0.7	CHARGING
10	2.7	-0.09	2.67	-0.15	0	0.7	CHARGING
11	2.69	-0.08	2.67	-0.15	0	0.7	CHARGING
12	2.69	-0.08	2.66	-0.16	0	0.7	CHARGING
13	2.68	-0.08	2.67	-0.16	0	0.7	CHARGING
14	2.68	-0.08	2.66	-0.16	0	0.7	CHARGING
18	2.68	-0.07	2.67	-0.16	0	0.7	CHARGING
18	2.68	-0.09	2.67	-0.15	0	0.7	CHARGING
19	5.08	6.05	5.06	-0.14	60	4.7	CHARGING
20	5.4	6.05	5.37	-0.15	0	11	CHARGING
21	5.66	6.05	5.64	-0.15	0	15.5	CHARGING
22	5.83	6.05	5.81	-0.15	0	18.8	CHARGING
26	6.01	6.04	5.99	-0.14	0	21.3	CHARGING
26	6.33	6.04	6.31	-0.14	0	22	CHARGING
27	6.48	6.04	6.47	-0.14	0	24.9	CHARGING

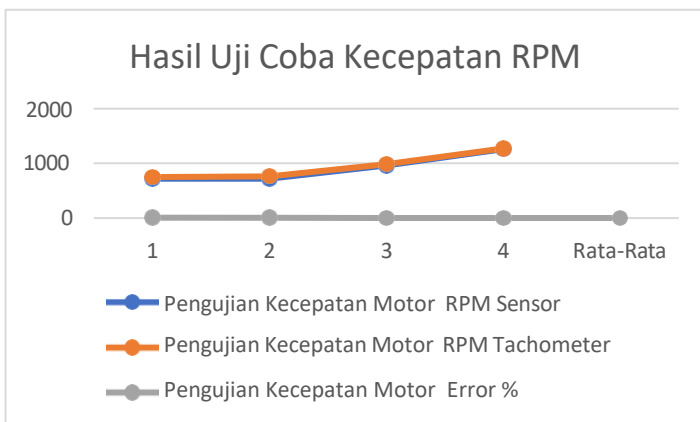
4.4 Pengujian Sensor RPM-Proximity

Pengujian RPM bertujuan untuk mengetahui akurasi dan kemampuan sensor RPM dalam membaca kecepatan putaran motor DC. Hasil pembacaan sensor kemudian dibandingkan dengan alat ukur referensi, jika tersedia, seperti tachometer. Selain itu, pengujian RPM dapat digunakan untuk mengamati perubahan kecepatan motor pada kondisi normal, saat proses *charging* melalui *regenerative braking*, dan saat proses *discharging*.

Pada saat motor berputar, sensor RPM akan mendeteksi setiap

putaran motor. Sensor tersebut dapat berupa sensor *Hall effect*, sensor infrared, encoder, atau sensor lain yang digunakan pada sistem Anda. Sinyal dari sensor kemudian dibaca oleh mikrokontroler dan dikonversi menjadi nilai kecepatan dalam satuan RPM.

Jika menggunakan sensor *Hall effect* dengan magnet yang dipasang pada bagian motor atau poros, setiap kali magnet melewati sensor akan menghasilkan satu pulsa. Jumlah pulsa yang terdeteksi dalam periode waktu tertentu kemudian digunakan untuk menghitung nilai RPM



Gambar 4. 4 Kurva Hasil Uji kecepatan RPM

Table 4.5 Hasil Perbandingan Sensor Kecepatan

Pengujian Kecepatan Motor			
No	RPM Sensor	RPM Tachometer	Error %
1	720	750	4
2	720	763	5.64
3	960	982	2.25
4	1260	1273	1.02
Rata-Rata			3.32

Proses kalibrasi sensor Proximity sebagai sensor kecepatan dengan cara membandingkan nilai pembacaan sensor terhadap pengukuran tachometer sebagai referensi ke akuratan pembacaan sensor. Dari proses perbandingan nilai tersebut didapatkan nilai yang menggambarkan hubungan antara kedua nilai.

4.5 Pengujian *Charging* Superkapasitor

Pengujian proses *charging* pada sistem *regenerative braking* dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengubah energi kinetik motor DC menjadi energi listrik yang kemudian disimpan pada superkapasitor. Pada kondisi ini, motor DC terlebih dahulu diputar hingga mencapai kecepatan tertentu. Ketika sistem *regenerative braking* diaktifkan, putaran motor diperlambat sehingga motor berfungsi sebagai generator. Energi kinetik yang dihasilkan dari putaran motor kemudian dikonversi menjadi energi listrik dan dialirkan melalui rangkaian konversi

menuju modul superkapasitor.

Selama proses pengisian berlangsung, mikrokontroler melakukan pemantauan terhadap tegangan dan arus yang dihasilkan dari proses *regenerative braking*, serta kecepatan putaran motor dalam satuan RPM. Data hasil pengukuran tersebut kemudian direkam dan disimpan menggunakan data *logger* pada modul *microSD card*. Pengujian dilakukan dengan mengamati perubahan tegangan superkapasitor selama proses pengereman. Peningkatan tegangan pada superkapasitor menunjukkan bahwa energi listrik hasil *regenerative braking* berhasil disimpan. Selain itu, perubahan arus pengisian dan penurunan RPM motor juga diamati untuk mengetahui hubungan antara proses pengereman, energi yang dihasilkan, dan proses pengisian superkapasitor.

Table 4. 6 Hasil Pengujian Charging Superkapasitor

RPM Motor	Tegangan Superkapasitor	Arus Charging	SOC%
12000	10.51	1.25	89
1120	9.92	1.34	74
1000	8.98	1.47	56
900	8.23	1.58	38

4.2 Pengujian *Discharging* Motor

Pengujian proses *discharging* dilakukan untuk mengetahui kemampuan superkapasitor dalam menyalurkan energi listrik yang telah tersimpan untuk menggerakkan motor DC. Pada pengujian ini, superkapasitor terlebih dahulu diisi hingga mencapai tegangan tertentu melalui proses *charging*. Setelah itu, energi yang tersimpan pada superkapasitor dialirkan melalui rangkaian konversi menuju motor DC sebagai beban.

Selama proses *discharging* berlangsung, mikrokontroler melakukan pemantauan terhadap perubahan tegangan dan arus yang dikeluarkan oleh superkapasitor serta kecepatan putaran motor dalam satuan RPM. Data hasil pengukuran tersebut kemudian direkam dan disimpan menggunakan data *logger* pada modul *micro sd card*. Pengujian dilakukan dengan mengamati penurunan tegangan superkapasitor selama motor beroperasi. Penurunan tegangan menunjukkan bahwa energi yang tersimpan pada superkapasitor sedang digunakan untuk menyuplay motor DC. Selain itu, perubahan arus dan RPM motor juga diamati untuk mengetahui kemampuan superkapasitor dalam menyediakan energi bagi motor selama proses pengosongan berlangsung.

Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Discharging Motor

RPM Motor	Tegangan Supercap	Arus Discharging	SOC%
320	2.34	0.55	15
510	3.23	0.78	32
670	3.47	0.95	46
580	4.07	1.18	63

4.6 State of Charge (SOC) Kondisi Charging

State of Charge (SOC) merupakan parameter yang menunjukkan persentase energi yang tersimpan pada modul superkapasitor selama proses pengisian (*charging*). Perhitungan SOC didasarkan pada hubungan antara energi dan tegangan superkapasitor yang dinyatakan dengan persamaan:

E = Energi yang tersimpan (Joule)

C = Kapasitansi Superkapasitor (Farad)

V = Tegangan Superkapasitor (Volt)

Karena nilai kapasitas (C) bersifat konstan, maka persentase *Stage of Charge* (SOC) dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$SOC(\%) = \left(\frac{V_t}{V_{max}} \right)^2 \times 100\%$$

SOC = *Stage of Charge* (%)

V_t = Tegangan hasil pengukuran (volt)

V_{max} = Tegangan maksimum superkapasitor (Volt)

V_{min} = Tegangan minimum superkapasitor (Volt)

Berdasarkan Tabel 4.6, peningkatan tegangan superkapasitor dari 8,23 V menjadi 10,51 V menyebabkan nilai SOC meningkatkan dari 38% menjadi 89%. Hal ini menunjukkan bahwa selama proses *charging* energi hasil *regenerative braking* berhasil disimpan ke dalam superkapasitor. Meskipun arus *charging* mengalami penurunan dari 1,58 A menjadi 1,25 A, tegangan dan nilai SOC tetap meningkatkan hingga mendekati kondisi penuh. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa proses pengisian energi berlangsung secara optimal.

Contoh perhitungan;

Diketahui:

$V_t = 2.34 \text{ Volt}$

$V_{max} = 12 \text{ Volt}$

$V_{min} = 0 \text{ Volt}$

Maka:

$$SOC = \left(\frac{2.34}{12} \right)^2 \times 100$$

$$SOC = (0.195)^2 \times 100$$

$$SOC = 3.80\%$$

State of Discharging (SOC) Kondisi Discharging

Pada proses *discharging*, nilai *State of Charge* (SOC) digunakan untuk mengetahui persentase energi yang masih tersimpan pada superkapasitor saat digunakan sebagai sumber energi bagi motor DC. Perhitungan SOC menggunakan persamaan yang sama, yaitu:

$$SOC(\%) = \left(\frac{V_t}{V_{max}} \right)^2 \times 100\%$$

SOC = *State of Charge* (%)

V_t = Tegangan hasil pengukuran (Volt)

V_{max} = Tegangan maksimum superkapasitor (Volt)

V_{min} = Tegangan minimum superkapasitor (Volt)

Berdasarkan Tabel 4.7, tegangan superkapasitor meningkat dari 2,34 V menjadi 4,07 V, sehingga nilai SOC juga meningkatkan dari 15% menjadi 63% peningkatan tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi tegangan yang tersimpan pada superkapasitor, maka semakin besar energi yang tersedia untuk menyuplai motor DC. Selain itu, kenaikan arus *discharging* dari 0,55 A menjadi 1,18 A menunjukkan bahwa energi yang tersimpan pada superkapasitor dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan beban selama proses pelepasan energi.

Contoh perhitungan:

Diketahui:

$$V_t = 10,51 \text{ Volt}$$

$$V_{\max} = 12 \text{ Volt}$$

$$V_{\min} = 0 \text{ Volt}$$

Maka:

$$SOC = \left(\frac{10,51^2}{12^2} \right) \times 100\%$$

$$SOC = \left(\frac{110,46}{144} \right) \times 100\%$$

$$SOC = 76,71\%$$

4.7 Pengambilan pengukuran data 10 kali – kondisi charging

Pada kondisi charging, secara umum tegangan superkapasitor meningkat karena energi sedang disimpan. Arus charging dapat mengalami sedikit variasi.

Table 4. 8 Tabel Percobaan

No	RPM	Tegangan (v)	Arus Charging (A)
1	1.165	8,21	1,61
2	1.178	8,35	1,59
3	1.190	8,52	1,57
4	1.185	8,69	1,55
5	1.202	8,86	1,52
6	1.195	9,08	1,49
7	1.210	9,31	1,45
8	1.205	9,55	1,41
9	1.218	9,79	1,37
10	1.210	10,02	1,34
Rata-Rata	1.196	9,04	1,49

Berdasarkan 10 kali pengambilan data pada kondisi charging, diperoleh rata-rata RPM sebesar 1.196 RPM, tegangan sebesar 9,04 V, dan arus charging sebesar 1,49 A. Tegangan superkapasitor mengalami peningkatan selama proses

pengisian, yang menunjukkan adanya penambahan energi yang tersimpan pada superkapasitor. Sementara itu, arus charging mengalami kecenderungan menurun seiring meningkatnya tegangan superkapasitor.

4.8 Pengambilan pengukuran data 10 kali – kondisi discharging

Pada kondisi discharging, superkapasitor digunakan untuk menyalurkan energi ke motor DC. Agar berbeda dengan charging, data dibuat pada kondisi tegangan yang lebih rendah.

Tabel 4. 9 Hasil 10 kali percobaan

No	RPM	Tegangan (v)	Arus Charging (A)
1	565	4,18	1,08
2	572	4,12	1,10
3	580	4,07	1,12
4	576	4,01	1,14
5	584	3,94	1,16
6	579	3,88	1,17
7	588	3,81	1,19
8	581	3,74	1,21
9	590	3,67	1,23
10	585	3,59	1,25
Rata-Rata	580	3,90	1,17

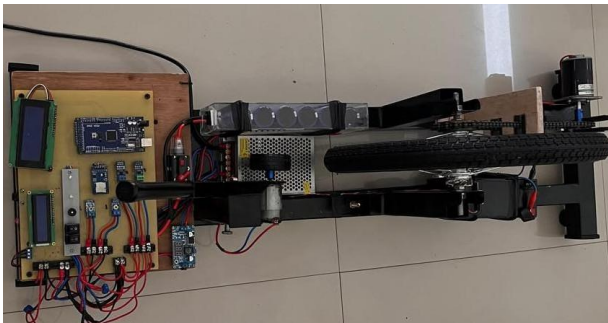
Berdasarkan 10 kali pengambilan data pada kondisi discharging, diperoleh rata-rata RPM sebesar 580 RPM, tegangan sebesar 3,90 V, dan arus discharging sebesar 1,17 A. Selama proses discharging, tegangan superkapasitor mengalami penurunan karena energi yang tersimpan digunakan untuk menyuplai motor DC. Sementara itu, arus discharging menunjukkan adanya variasi sesuai dengan kondisi beban motor selama proses pelepasan energi.

4.9 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem setelah seluruh komponen terintegrasi. Pengujian meliputi pembacaan tegangan, arus, RPM, proses charging dan discharging superkapasitor, serta monitoring dan penyimpanan data menggunakan LCD dan MicroSD Card.

Hasil pengujian sensor menunjukkan error rata-rata sensor tegangan sebesar 2,87%, sensor arus sebesar 7,43%, dan sensor RPM sebesar 3,32%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor dapat digunakan untuk membaca parameter sistem dengan cukup baik. Pada proses charging, tegangan superkapasitor meningkat dari 8,21 V menjadi 10,02 V, sedangkan arus charging berada pada rentang 1,34–1,61 A. Sementara pada proses discharging, tegangan superkapasitor menurun dari 4,18 V menjadi 3,59 V dengan arus discharging sebesar 1,08–1,25 A.

Perubahan tersebut menunjukkan adanya proses penyimpanan dan penggunaan energi pada superkapasitor. Secara keseluruhan, sistem mampu melakukan monitoring tegangan, arus, RPM, dan SOC pada kondisi charging maupun discharging serta merekam data secara real-time. Dengan demikian, sistem yang dirancang dapat berfungsi sesuai tujuan sebagai sistem monitoring modul superkapasitor berbasis mikrokontroler.



Gambar 4. 6 Dokumentasi alat keseluruhan



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan data pengujian yang telah dilakukan dan analisa terhadap data, dapat disimpulkan bahwa baterai dan superkapasitor dapat melakukan akselerasi pada kondisi tanpa beban dan berbeban dengan sangat baik. Berikut kesimpulan utama dari penelitian ini.

1. Sistem monitoring tegangan, arus, RPM, dan State of Charge (SOC) berbasis Arduino Mega 2560 berhasil dirancang dan direalisasikan sesuai dengan tujuan penelitian. Sistem mampu melakukan pemantauan kondisi superkapasitor pada proses *charging* maupun *discharging* secara *real-time*.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perubahan tegangan superkapasitor berpengaruh terhadap nilai SOC dan kecepatan putaran motor DC. Pada saat tegangan superkapasitor menurun selama proses *discharging*, nilai SOC dan RPM motor juga mengalami penurunan.
3. Sensor tegangan, sensor arus ACS712, dan sensor *Hall Effect* mampu melakukan pembacaan parameter sistem dengan tingkat akurasi yang cukup baik sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan monitoring.

4. LCD, LED, buzzer, dan SD Card telah berfungsi dengan baik dalam menampilkan informasi kondisi sistem serta menyimpan data hasil pengukuran secara otomatis sebagai bahan analisis.
5. Berdasarkan hasil pengujian, sistem monitoring superkapasitor dapat bekerja dengan baik. Sensor tegangan, arus, dan RPM memiliki error rata-rata masing-masing 2,87%, 7,43%, dan 3,32%. Sistem juga berhasil memantau proses charging dan discharging, serta menampilkan dan merekam data tegangan, arus, RPM, dan SOC secara real-time.

5.2 Saran

Dalam perancangan tugas akhir ini dengan judul “Rancang Bangun Sistem Konversi Monitoring Tegangan-Arus Modul Superkapasitor Berbasis Mikrokontroler Untuk Aplikasi Braking Motor DC” masih terdapat banyak kekurangan, maka dari itu kedepannya penulis berharap dapat dilakukan pengembangan sehingga penelitian tentang superkapasitor dapat lebih baik. Adapun hal yang perlu diperbaiki sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan sensor dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi agar hasil pengukuran tegangan, arus, dan RPM menjadi lebih

presisi.

2. Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan fitur komunikasi nirkabel atau Internet of Things (IoT) sehingga proses monitoring dapat dilakukan secara jarak jauh dan real-time.
3. Pengujian dapat dilakukan pada sistem regenerative braking yang lebih mendekati kondisi nyata sehingga kinerja superkapasitor sebagai media penyimpanan energi dapat dievaluasi secara lebih komprehensif.



DAFTAR PUSTAKA



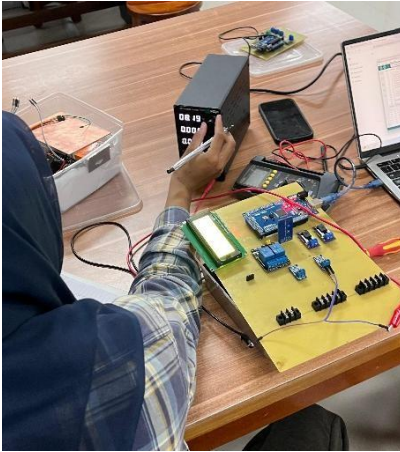
DAFTAR PUSTAKA

- [1] JAMAL ULUM, “RANCANG BANGUN PROTOTIPE LIFT MANUSIA 4 LANTAI BERBASIS PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) MITSUBISHI FX3U,” SAMPANG, Jun. 2023.
- [2] A. Sudaesi and G. Wahyu Wiriasto, “RANCANG BANGUN SIMULATOR PENGENDALIAN LIFT 6 LANTAI BERBASIS PLC (PLC-Based 6-Floor Elevator Control Simulator),” Mataram, Mar. 2022.
[Online]. Available:
<http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>
- [3] Y. Efronia, Y. Agussationo, A. Alfarisi, and I. Artikel, “Prototipe Replika Modul Trainer Lift (Elevator) Barang Berbasis PLC,” 2024.
- [4] I. Halimi, M. Fariz Ar, V. Dearn, and Y. Hn, “Rancang Bangun Elevator Trainer Berbasis PLC Dengan Monitoring Scada,” 2020.
- [5] A. Yudin, M. Asnan Habib, W. W. Saputri Alfira, T. Listrik, and P. Negeri Ujung Pandang, “Prototype Elevator 5 Lantai Berbasis PLC,” *Jurnal Teknologi Elekterika*, vol. 20, no. 2, pp. 113–118, 2023.
- [6] N. Nursalim, A. S. Sampeallo, and F. J. Sengaji, “Desain dan Simulasi Sistem kontrol elevator 3 Lantai

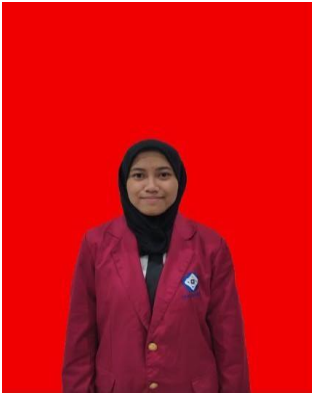
- Menggunakan GMWIN,” *Jurnal EEICT (Electric Electronic Instrumentation Control Telecommunication*, vol. 7, no. 1, Apr. 2024, doi: 10.31602/eeict.v7i1.14604.
- [7] M AVIAN KHOIRURRIZAL, “Rancang Bangun Miniatur Lift 3 Lantai menggunakan PLC Omron CP1E dengan HMI,” Semarang, Dec. 2021.
- [8] G. Rahmatillah and B. Suprianto, “SISTEM PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA PROTOTIPE LIFT MENGGUNAKAN KONTROLER PI BERBASIS ARDUINO,” surabaya, 2020.
- [9] Ilham Aldi Saputra, “RANCANG BANGUN TRAINER KIT LIFT 4 LANTAI BERBASIS PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC) MITSUBISHI FX3G,” Sampang, Jul. 2025.
- [10] MUHAMMAD NAILUL ALFAT, “RANCANG BANGUN LIFT PROTOTYPE BERBASIS MICROCONTROLLER,” SEMARANG, Feb. 2021.

LAMPIRAN

Lampiran 1. 1 Dokumentasi Tugas Akhir



BIODATA PENULIS



Halimatus Sadiyah. Dilahirkan di Sampang, 11 Mei 2005. Anak dari Khotima dan Ayah Alm. Syamsul Arifin, penulis merupakan anak Ketiga dari ke empat bersaudara. Penulis Bertempat tinggal di Dusun Malakah, Desa Komis, Kecamatan Kedungdung, Kabupaten Sampang Jawa Timur. Riwayat pendidikan

penulis adalah, lulusan SDN Komis 1 pada tahun 2017, lulusan MTs AL-Jawahir Malakah pada tahun 2020, dan lulusan SMK AL-Asyari Malakah pada tahun 2023. Pada tahun 2023 penulis melanjutkan studi di Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Madura di Jurusan Teknologi Elektro, Program Studi DIII Teknik Listrik Industri. Selama berkuliah di Politeknik Negeri Madura, penulis juga aktif dalam mengikuti Organisasi Mahasiswa yaitu Badan Eksekutif Mahasiswa. Dalam menempuh pendidikan ini, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir dengan judul **“Rancang Bangun Sistem Konversi Dan Monitoring Tegangan-Arus Modul Superkapasitor Berbais Mikrokontroler Untuk Aplikasi Regenerative Braking motor Dc”**.