

ALAT UKUR STAE OF CHARGE (SOC) BATERAI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

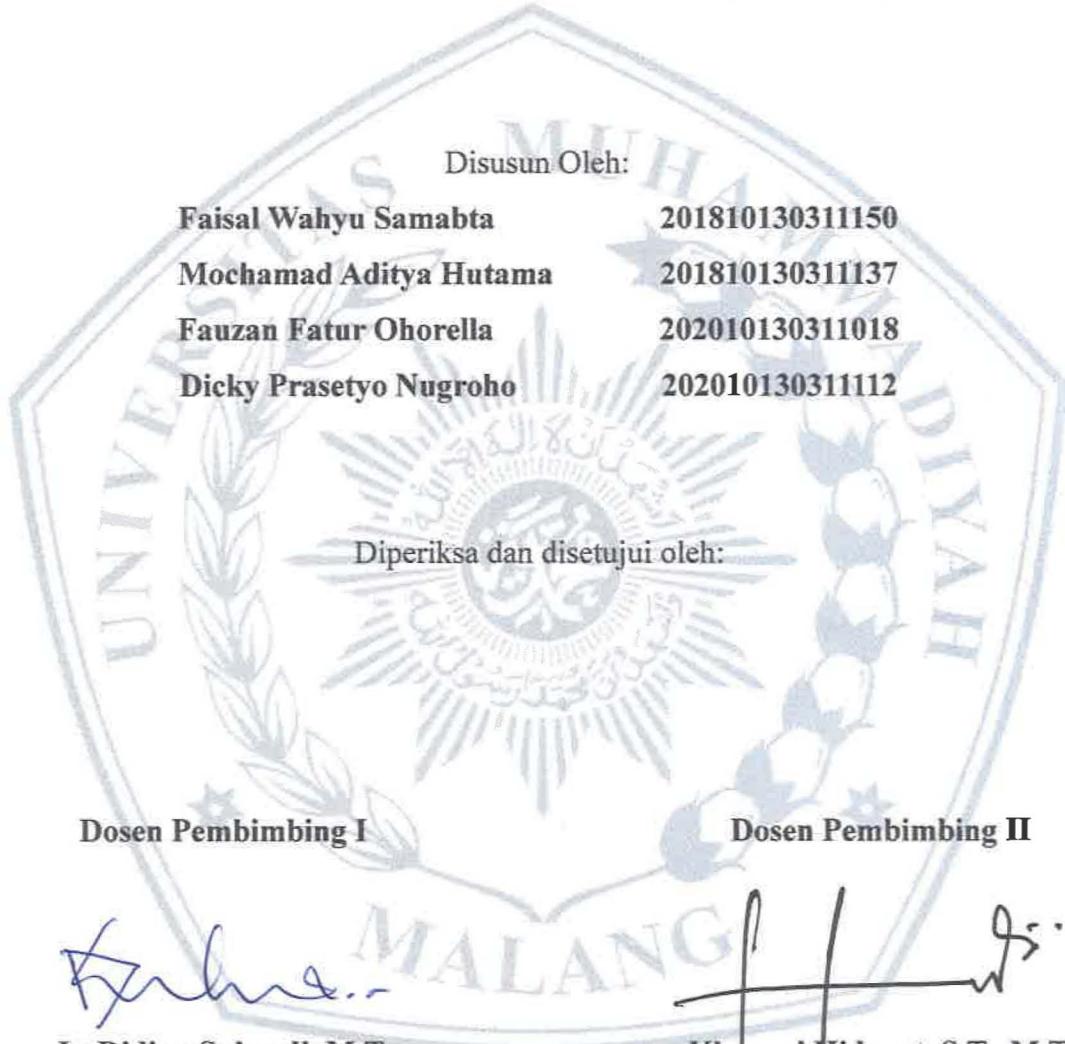
2024

LEMBAR PERSETUJUAN

ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



LEMBAR PENGESAHAN

ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh:

Faisal Wahyu Samabta 201810130311150

Mochamad Aditya Hutama 201810130311137

Fauzan Fatur Ohorella 202010130311018

Dicky Prasetyo Nugroho 202010130311112

Tanggal Ujian : 8 Juli 2024

Periode Wisuda : IV

Disetujui oleh:

1. Ir. Diding Suhardi, M.T. (Pembimbing I)
NIDN. 0106066501
2. Khusnul Hidayat, S.T., M.T. (Pembimbing II)
NIDN. 0723108202
3. Dr. Drs. Imam Khambali, M.Si. (Penguji I)
NIDN. 0729106701
4. Merinda Lestandy, S.Kom., M.T. (Penguji II)
NIDN. 0703039302

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Elektro

Khusnul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Faisal Wahyu Samabta

Tempat / Tgl Lahir : Nganjuk, 22 Mei 2000

NIM : 201810130311150

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul "ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI" beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

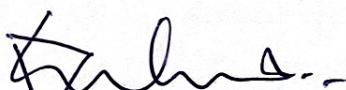
Malang, 9 Juli 2024

Yang Membuat Pernyataan


Faisal Wahyu Samabta

Mengetahui,

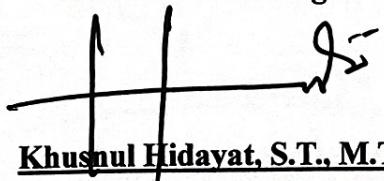
Dosen Pembimbing I



Ir. Diding Suhardi, M.T.

NIDN. 0706066501

Dosen Pembimbing II


Khushnul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mochamad Aditya Hutama

Tempat / Tgl Lahir : Malang, 12 Agustus 2000

NIM : 201810130311137

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul "ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI" beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 9 Juli 2024

Yang Membuat Pernyataan

Mochamad Aditya Hutama



Mengetahui,

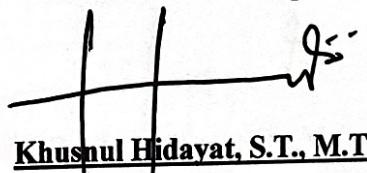
Dosen Pembimbing I



Ir. Diding Suhardi, M.T.

NIDN. 0706066501

Dosen Pembimbing II



Khusnul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fauzan Fatur Ohorella

Tempat / Tgl Lahir : Masohi, 27 Juni 2001

NIM : 202010130311018

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul “**ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI**” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 9 Juli 2024

Saya Mengakui Membuat Pernyataan

Fauzan Fatur Ohorella

Mengetahui,

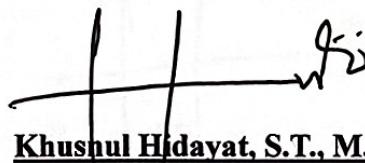
Dosen Pembimbing I



Ir. Diding Suhardi, M.T.

NIDN. 0706066501

Dosen Pembimbing II



Khushul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dicky Prasetyo Nugroho

Tempat / Tgl Lahir : Ponorogo, 03 Januari 2002

NIM : 202010130311112

Fakultas / Jurusan : Teknik / Teknik Elektro

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir kami dengan judul “ALAT UKUR STATE OF CHARGE (SOC) BATERAI” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko/sanksi yang berlaku.

Malang, 9 Juli 2024



ng Membuat Pernyataan

Dicky Prasetyo Nugroho

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

Ir. Diding Suhardi, M.T.

NIDN. 0706066501

Dosen Pembimbing II

Khusnul Hidayat, S.T., M.T.

NIDN. 0723108202

ABSTRAK

Baterai adalah perangkat yang penting dalam implementasi renewable energy. Baterai merupakan jenis teknologi penyimpanan yang sering digunakan. Salah satu jenis baterai yang sering digunakan dalam implementasi renewable energy adalah baterai Lead Acyd. Karena baterai Lead Acyd adalah baterai yang dapat diisi ulang (rechargeable battery), maka dalam proses pengisian ulang pada baterai Lead Acyd memerlukan sistem yang dirancang agar mendapatkan manajemen baterai yang baik, dan menghindari baterai beroperasi dalam keadaan overcharge dan overdischarge.

Metode Coulomb Counting merupakan perhitungan muatan listrik yang masuk maupun keluar pada baterai. Perhitungan yang digunakan dalam menghitung muatan listrik ini dengan cara mengintegralkan arus listrik yang mengalir pada baterai terhadap waktu. Coulomb Counting Variable Capacity bekerja dengan cara mengimplementasikan estimator dengan menggunakan metode perhitungan coulomb. Input yang digunakan sel kapasitas pada baterai yang kemudian dibagi dengan akumulasi muatan yang mengintegrasikan arus baterai. Kalman Filter adalah salah satu model penyaringan autoregressive, karena estimasi optimal kondisi saat ini dapat diperoleh dengan estimasi optimal dari sistem sebelumnya dan pengamatan sistem saat ini. Adaptive Kalman Filter (AKF) adalah variasi dari filter Kalman standar yang dapat menyesuaikan parameter internalnya secara otomatis sesuai dengan perubahan sistem yang diamati. Ada beberapa metode untuk mengimplementasikan Adaptive Kalman Filter, tetapi ide dasarnya adalah memperbarui parameter filter, seperti matriks kovariansi proses dan pengukuran, berdasarkan informasi yang diperoleh dari pengamatan dan hasil estimasi sebelumnya.

Kata Kunci : Baterai, *Kalman Filter*, *Coulomb Counting*, *State of Charge*

ABSTRACT

Batteries are crucial devices in the implementation of renewable energy. They are commonly used as storage technologies. One type frequently employed in renewable energy systems is the Lead Acid battery. Since Lead Acid batteries are rechargeable, the recharging process requires a well-designed system to ensure effective battery management and prevent them from operating in conditions of overcharge and overdischarge.

The Coulomb Counting method involves calculating the electrical charge entering and leaving the battery. This calculation integrates the electric current flowing into the battery over time. Coulomb Counting Variable Capacity works by implementing an estimator using the Coulomb counting method. It takes as input the cell capacity of the battery, which is then divided by the accumulated charge integrating the battery current. The Kalman Filter is a type of autoregressive model used for filtering, as it provides optimal estimation of the current condition based on optimal estimation from previous system states and current observations. The Adaptive Kalman Filter (AKF) is a variation of the standard Kalman Filter that adjusts its internal parameters automatically according to observed changes in the system. There are several methods to implement the Adaptive Kalman Filter, but the basic idea involves updating filter parameters, such as process covariance matrix and measurements, based on information obtained from observations and previous estimation results.

Keyword : Batteries, Kalman Filter, Coloumb Counting, State of Charge

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa penulis panjatkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita menuju jalan kebaikan. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi S1 Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang. Tugas akhir yang disusun oleh penulis berjudul “**Alat Ukur State of Charge (SOC) Baterai**”. Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan kedepan.

Malang, 9 Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERNYATAAN	vi
LEMBAR PERNYATAAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	x
Daftar Isi	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GRAFIK	xvii
CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN	xviii
BAB I	1
LATAR BELAKANG PROYEK	1
1.1. Pengantar	1
1.1.1. Ringkasan Isi Dokumen	1
1.1.2. Tujuan Penulisan dan Aplikasi/Kegunaan Dokumen	1
1.1.3. Daftar Singkatan	1
1.2. Development Project Proposal	2
1.2.1. Need, Objective, and Product	2
1.2.2. Product Characteristics	3
1.3. Business Analysis	4
1.4. Product Development Planning.....	5

1.4.1.	Development Effort.....	5
1.5.	<i>Cost Estimate</i>	8
1.6.	Daftar <i>Deliverables</i>, Spesifikasi, dan Jadwalnya	8
1.7.	Cluster Plan.....	9
1.8.	Conclusion	9
BAB II.....		10
SPESIFIKASI		10
2.1	Pengantar	10
2.1.1	Ringkasan Dokumen	10
2.1.2	Tujuan Penulisan dan Aplikasi atau Kegunaan Dokumen.....	10
2.2	Spesifikasi.....	10
2.2.1	Definisi, Fungsi dan Spesifikasi	10
2.3	Desain.....	11
2.3.1	Spesifikasi Fungsi dan Performansi Fungsi.....	11
2.3.2	Spesifikasi Fisik dan Lingkungan.....	12
2.4	Verifikasi.....	12
2.5	Biaya dan Jadwal.....	13
2.5.1	Biaya Komponen	13
2.5.2	Perhitungan Biaya Produksi	13
2.5.3	Biaya Karyawan/Jasa	13
2.5.4	Jadwal Pengerjaan	14
2.5.5	Tugas masing-masing Anggota Kelompok.....	14
BAB III.....		16
PERANCANGAN SISTEM		16
3.1	Penjabaran Sistem Level.....	16
3.2	Pendahuluan Metode	19

3.3	Desain Sistem.....	27
3.4	Desain Hardware	28
3.5	Desain Software.....	31
	BAB IV	32
	IMPLEMENTASI	32
	BAB V.....	37
	PENGUJIAN.....	37
5.1	Pengujian Sistem Perangkat Keras	37
5.1.1	Pengujian Sensor INA219 dan Sensor Tegangan.....	37
5.1.2	Mikrokontroler (Arduino Uno)	40
5.1.3	Pengujian LCD dan <i>Module SD Card</i>.....	43
5.2	Pengujian Subsistem Perangkat Lunak	46
5.2.1	Pengujian SOC baterai menggunakan semua metode	46
5.3	Kesimpulan	52
5.4	Saran.....	52
	DAFTAR PUSTAKA	53
	LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram Alur Kerja.....	11
Gambar 3. 1 DFD Leveling 0 Sistem Keseluruhan.....	16
Gambar 3. 2 DFD Level 1 Measurment Sistem	16
Gambar 3. 3 Skematik DFD Level 1.....	17
Gambar 3. 4 DFD Level 2 Sensor Arus dan Tegangan	17
Gambar 3. 5 Skematik DFD Level 2.....	18
Gambar 3. 6 DFD Sistem Level 3.....	18
Gambar 3. 7 Skematik DFD Level 3.....	19
Gambar 3. 8 Flowchart Couloumb Counting.....	20
Gambar 3. 9 Flowchart Modified Couloumb Counting	22
Gambar 3. 10 Flowchart Kalman Filter	24
Gambar 3. 11 Diagram Blok Sistem Menggunakan Extended Kalman Filter	25
Gambar 3. 12 Ilustrasi Persamaan Rangkaian Equivalen	26
Gambar 3. 13 Flowchart Extended Kalman Filter	27
Gambar 3. 14 Alur Desain Sistem.....	28
Gambar 3. 15 Baterai Lead Acid 12V	29
Gambar 3. 16 Sensor INA219	29
Gambar 3. 17 Sensor Tegangan 0-25V	30
Gambar 3. 18 Arduino Uno.....	30
Gambar 3. 19 LCD 16x2	30
Gambar 3. 20 Flowchart Keseluruhan Sistem.....	31
Gambar 4. 1 Sensor INA219	32
Gambar 4. 2 Sensor Tegangan.....	33
Gambar 4. 3 Arduino UNO	33
Gambar 4. 4 LCD 16x2	34
Gambar 4. 5 PushButton	35
Gambar 4. 6 Module SD Card.....	36
Gambar 5. 1 Hasil Pengujian Pada Mikrokontroler	42
Gambar 5. 2 Hasil Penggabungan Komponen Arduino UNO dengan LCD, Sensor INA219, Module SD Card	42
Gambar 5. 3 Pemrograman Ketika Mode Discharging.....	42

Gambar 5. 4 Pemrograman Ketika Mode Charging pada Baterai	43
Gambar 5. 5 Hasil Pengujian LCD Ketika Menggunakan Metode Kalman Filter	45
Gambar 5. 6 Hasil Pengujian LCD Ketika Menggunakan Metode Extended Kalman Filter	45
Gambar 5. 7 Hasil LCD Menggunakan Metode Couloumb Counting.....	45
Gambar 5. 8 Hasil LCD Ketika Menggunakan Metode Couloumb Counting Modified.....	46
Gambar 5. 9 Pemrograman Untuk Menghasilkan Baterai Menggunakan Metode Coloumb Counting.....	47
Gambar 5. 10 Pemrograman Untuk Menentukan Kapasitas Baterai Pada Kondisi Discharge Coloumb Counting.....	47
Gambar 5. 11 Pemrograman Untuk Menentukan Kapasitas Baterai Pada Kondisi Discharger Kalman Filter	48
Gambar 5. 12 Pemrograman Untuk Menentukan Kapasitas Baterai Pada Kondisi Discharger Extended Kalman Filter	49
Gambar 5. 13 Pemrograman Untuk Menampilkan Hasil Pengukuran ke LCD	50

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Daftar Singkatan.....	2
Tabel 1. 2 Jadwal dan Waktu Pengembangan Produk.....	6
Tabel 1. 3 Cost Estimate dan Pengeluaran	8
Tabel 1. 4 Deliverable, Spesifikasi, dan Jadwal Proyek Penelitian	8
Tabel 2. 1 Biaya Komponen.....	13
Tabel 2. 2 Biaya Karyawan/Jasa	13
Tabel 2. 3 Jadwal Pengerjaan	14
Tabel 2. 4 Tugas Anggota Kelompok	14
Tabel 3. 1 Desain Hardware	28
Tabel 5. 1 Lingkup Pengujian Sensor INA219 dan Sensor tegangan	37
Tabel 5. 2 Hasil Pengujian Sensor INA219 dan Sensor Tegangan	38
Tabel 5. 3 Lingkup Pengujian Arduino Uno	40
Tabel 5. 4 Konfigurasi Pengujian.....	41
Tabel 5. 5 Pengujian LCD dan Module SD Card.....	43
Tabel 5. 6 Konfigurasi Pengujian LCD dan Module SD Card.....	44
Tabel 5. 7 Hasil penyimpanan SD Card	46

DAFTAR GRAFIK

Grafik 5. 1 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....	39
Grafik 5. 2 Hasil Pengujian Sensor Arus	40
Grafik 5. 3 Hasil Pengujian Keseluruhan Metode	51



CATATAN SEJARAH PERBAIKAN DOKUMEN

VERSI (C100)	TANGGAL	OLEH	PERBAIKAN
1	15 November 2023	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	n.a

VERSI (C200)	TANGGAL	OLEH	PERBAIKAN
1	30 November 2023	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	Spesifikasi Alat
2	4 Januari 2024	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	Penjelasan Keterangan Gambar

VERSI (C300)	TANGGAL	OLEH	PERBAIKAN
1	3 Januari 2024	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan	Blok diagram

		Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	
2	4 Januari 2024	(Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	Diagram alir ditambahkan blok <i>decision</i> , urut tabel

VERSI (C400)	TANGGAL	OLEH	PERBAIKAN
1	26 April 2024	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	n.a

VERSI (C500)	TANGGAL	OLEH	PERBAIKAN
1	15 Juni 2024	Tim Capstone (Faisal Wahyu Samabta, Mochamad Aditya Hutama, Fauzan Fatur Ohorella, Dicky Prasetyo Nugroho)	n.a

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abhishek Singh, Kriti Pal, Chanda Bhan Vishwakarma, "State of Charge Estimation Techniques of Li-Ion Batteray of Electric", School of Engineering Electrical Engineering Department, Harcourt Butler Technical University, Kanpur-208002, India, 2, 2023
- [2] Shulin Liu Xia Dong Xiaodong Yu Xiaoqing Ren Jinfeng Zhang Rui Zhu, "A method for state of charge and state of health estimation of lithium-ion battery based on adaptive unscented Kalman filte", International Conference on Energy Storage Technology, and Power System (ESPS), 427, 2022
- [3] Chang Yeau Wen, "The State of Charge Estimating Method for Battery", ISRN Applied Mathematic, Article ID 953792, 7 Pages. Hindawi Publishing Corporation. New Tipe City Taiwan 2013.
- [4] Avandi Achmad, Novie Ayub Windarko, Bambang Sumantri, Fakharuddin Hasyir Hanif "Estimasi State of Charge (SoC) Ultrakapasitor menggunakan Extended Kalman Filter berbasis Ladder Equivalent Sircuit Model" ELKOMIKA:Jurnal Teknik Energi Electrik, Teknik Telekomunikasi, Teknik Elektronika, Vol.10 Nomor.1 Hal 61-75, Januari 2022 Departement Teknik Elektro, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya



FORM CEK PLAGIASI LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : FAISAL WAHYU SAMABTA, MOCHAMAD ADITYA HUTAMA,
FAUZAN FATUR OHORELLA, DICKY PRASETYO NUGROHO.

NIM : 201810130311150, 201810130311137, 202010130311112, 202010130311018

Judul TA : Alat Ukur State Of Charge (SOC) Baterai

Hasil Cek Plagiarisme dengan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	4%
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	16%
3.	Bab 3 – Metodelogi Penelitian	35 %	19%
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	10%
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	0%
6.	Publikasi Tugas Akhir	20 %	19%

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I,

(Ir. Diding Suhardi, MT.,IPM., ASEAN Eng)

Dosen Pembimbing II,

(Khusnul Hidayat, S.T., M.T.)