ALAT UKUR STAE OF CHARGE (SOC) BATERAI

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Oleh:

FAISAL WAHYU SAMABTA	**201810130311150**
MOCHAMAD ADITYA HUTAMA	**201810130311137**
FAUZAN FATUR OHORELLA	**202010130311018**
DICKY PRASETYO NUGROHO	**202010130311112**

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

Disusun Oleh:

Faisal Wahyu Samabta	**201810130311150**
Mochamad Aditya Hutama	**201810130311137**
Fauzan Fatur Ohorella	**202010130311018**
Dicky Prasetyo Nugroho	**202010130311112**

Diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Diding Suhardi, M.T.	**Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**
NIDN. 0706066501	**NIDN. 0723108202**

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. 0706066501
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	Dosen Pembimbing II
Ir. Diding Suhardi, M.T.	**Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**
NIDN. 0706066501	**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	**Dosen Pembimbing II**
Ir. Diding Suhardi, M.T.	**Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**
NIDN. 0706066501	**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

Yang Membuat Pernyataan

Fauzan Fatur Ohorella

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
Ir. Diding Suhardi, M.T.	**Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**
NIDN. 0706066501	**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	**Dosen Pembimbing II**
Ir. Diding Suhardi, M.T.	**Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**
NIDN. 0706066501	**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 di isi ulang (rechargeable batteray), 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 Capasity 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, Coloumb 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. Cost Estimate **8**

1.6. Daftar *Deliverables*, 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 *Module SD Card* **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

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG

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 *decision*, 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 unsoncented 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 Taipe 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 Negri Surabaya

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO & D3 TEKNIK ELEKTRONIKA
Jl. Raya Tlogomas 246 Malang 65144 Telp. 0341 - 464318 Ext. 129, Fax. 0341 - 460782

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.)