

**RANCANG BANGUN POTENSIOSTAT PORTABEL
UNTUK KARAKTERISASI AWAL
SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN METODE
*CYCLIC VOLTAMMETRY***



**FEBRIANTY DETAFANY
NIM. 21034055/2021**

**DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

**RANCANG BANGUN POTENSIOSTAT PORTABEL
UNTUK KARAKTERISASI AWAL
SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN METODE
CYCLIC VOLTAMMETRY**

Acc. Sempura
4505/03/2021

Acc. u/ shirni
14/01/2021

u/ red
21/02/2021

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar
Sarjana Sains*

Acc. korpri
27/01/2021



Acc. Sempura
Penguji
y. Drs. Hufri, Mdi
y. Dr. Nona Belkandari Mdi
Korporasi Fisik
13/3/21

Oleh:

**FEBRIANTY DETAFANY
NIM. 21034055/2021**

**PROGRAM STUDI FISIKA
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2026**

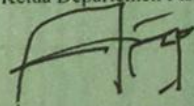
PERSETUJUAN SKRIPSI

RANCANG BANGUN *POTENSIOSTAT PORTABLE*
UNTUK KARAKTERISASI AWAL
SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN *CYCLIC*
VOLTAMMETRY

Nama : Febrianty Detafany
NIM : 21034055
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

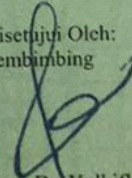
Padang, Februari 2026

Mengetahui:
Ketua Departemen Fisika



Prof. Dr. Asrizal, M.Si
NIP. 196606031992031001

Disetujui Oleh:
Pembimbing



Prof. Dr. Yulkifli, S.Pd., M.Si
NIP. 197307022003121002

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Febrianty Detafany
NIM : 21034055
Program Studi : Fisika
Departemen : Fisika
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

RANCANG BANGUN *POTENSIOSTAT PORTABLE* UNTUK KARAKTERISASI AWAL SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN METODE *CYCLIC VOLTAMMETRY*

Dinyatakan Lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, Februari 2026

Tim Penguji

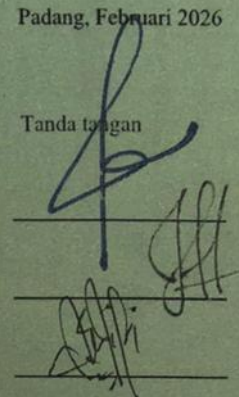
Nama

Tanda tangan

Ketua : Prof. Dr. Yulkifli, S.Pd, M.Si

Anggota : Drs. Hufri, M.Si

Anggota : Dr. Mona Berlian Sari, M.Si

The block contains three handwritten signatures in blue ink, each written over a horizontal line. The first signature is the largest and most prominent, followed by two smaller ones below it.

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Febrianty Detafany

NIM : 21034055

Program Studi : Fisika

Departemen : Fisika

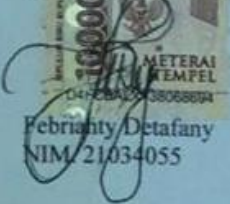
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa, skripsi saya dengan judul "Rancang Bangun Potensiostat Portable untuk Karakterisasi Awal Superkapasitor Menggunakan *Cyclic Voltammetry*" adalah benar merupakan karya sendiri, bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya yang ditulis dan diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Februari 2026

Sd/ an,


Febrianty Detafany
NIM. 21034055

RANCANG BANGUN POTENSIOSTAT PORTABEL UNTUK KARAKTERISASI AWAL SUPERKAPASITOR MENGGUNAKAN *CYCLIC VOLTAMMETRY*

Febrianty Detafany

ABSTRAK

Karakterisasi awal superkapasitor memerlukan alat ukur elektrokimia yang akurat, salah satunya potensiostat. Namun, potensiostat komersial umumnya memiliki harga yang mahal, ukuran yang besar dan kurang fleksibel untuk pengukuran di lapangan atau di laboratorium dengan fasilitas terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini merancang dan mengembangkan potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* yang berbiaya rendah, mudah dioperasikan dan dapat bekerja secara mandiri tanpa bergantung pada perangkat komersial. Sistem ini mengintegrasikan mikrokontroler Arduino Uno, DAC MCP4725, rangkaian pengkondisi sinyal berbasis op-amp, serta antarmuka berbasis GUI MATLAB untuk mengontrol parameter pengukuran, visualisasi data *real-time* dan penyimpanan hasil. Penelitian dilakukan untuk menentukan spesifikasi performansi dan spesifikasi desain dari alat yang dikembangkan.

Penelitian ini merupakan jenis penelitian rekayasa dengan tahapan yang terdiri dari studi literatur, perancangan konsep, identifikasi komponen, perakitan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler dan perangkat lunak, serta pengujian kinerja alat. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran parameter tegangan dan arus pada komponen utama (DAC, ADC) serta respons sistem terhadap *dummy cell*. Analisis data dilakukan dengan membandingkan nilai teoritis dan terukur, serta menghitung koefisien determinasi (R^2), ketepatan (akurasi) dan ketelitian (presisi) dalam bentuk tabel dan grafik.

Spesifikasi performansi potensiostat portabel meliputi rancangan mekanik yang kompak, rangkaian elektronika terintegrasi pada PCB, serta antarmuka pengguna berbasis GUI MATLAB yang memungkinkan pengaturan parameter pengukuran dan visualisasi data *cyclic voltammetry* secara *real-time*. Spesifikasi desain alat terdiri dari ketepatan dan ketelitian pengukuran DAC, ADC dan sistem potensiostat. Rincian dari DAC adalah sebagai berikut: rata-rata ketepatan sebesar 97,75% dan rata-rata ketelitian sebesar 96,89%. Rincian dari ADC Arduino Uno adalah sebagai berikut: rata-rata ketepatan sebesar 96,33% dan rata-rata ketelitian sebesar 96,07%. Dan rincian dari sistem potensiostat: rata-rata ketepatan sebesar 97,50% dan rata-rata ketelitian sebesar 99,16%.

Kata kunci: Potensiostat portabel, superkapasitor, *cyclic voltammetry*.

KATA PENGANTAR



Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Rancang Bangun Potensiostat Portabel untuk Karakterisasi Awal Superkapasitor Menggunakan Metode *Cyclic Voltammetry*”. Sholawat beserta salam untuk Nabi Muhammad SAW sebagai junjungan umat seluruh alam.

Penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains Departemen Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Yulkifli, S.Pd., M.Si., sebagai Pembimbing yang telah memberikan pikiran, waktu, dan tenaga untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Drs. Hufri, M.Si., selaku dosen penguji I penulis serta Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan masukan, kritik dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
3. Ibu Dr. Mona Berlian Sari, M.Si., selaku dosen penguji II yang telah memberikan masukan, kritik dan saran kepada peneliti untuk menyempurnakan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Asrizal, M.Si., sebagai Ketua Departemen Fisika
5. Bapak/Ibu Dosen staf Departemen Fisika yang telah membantu untuk kelancaran penulisan skripsi ini.

6. Keluarga besar Fisika angkatan 2021 yang selalu memberikan dukungan serta do'anya.

Semoga bantuan yang Bapak/Ibu serta rekan-rekan berikan, bernilai ibadah, dan mendapatkan pahala dari Allah SWT. Penulis berharap skripsi ini bisa memberikan manfaat bagi semua orang yang membacanya.

Padang, Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Batasan Masalah	6
C. Rumusan Masalah	6
D. Tujuan Penelitian	6
E. Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Potensiostat	8
B. <i>Cyclic Voltammetry</i>	9
C. Laju Pemindaian (<i>Scan Rate</i>)	10
D. Resistor	11
E. Kapasitor	12
F. DAC MCP4725	13
G. ADC (<i>Analog-to-Digital Converter</i>)	14
H. Arduino Uno	15
I. <i>Dummy Cell</i> Potensiostat	16

J. Superkapasitor.....	17
K. GUI (<i>Graphic User Interface</i>)	18
L. Arduino IDE.....	19
BAB III METODE PENELITIAN.....	21
A. Jenis Penelitian.....	21
B. Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
C. Data dan Variabel Penelitian	22
D. Prosedur Penelitian	23
E. Teknik Pengumpulan Data.....	30
F. Teknik Analisis Data.....	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	33
A. Hasil Penelitian.....	33
B. Pembahasan.....	58
BAB V PENUTUP.....	63
A. Kesimpulan	63
B. Saran	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Cyclic Voltammetry</i>	10
Gambar 2. Resistor.....	11
Gambar 3. Kapasitor	12
Gambar 4. DAC MCP4725	13
Gambar 5. Pin Arduino Uno (Simanjuntak & Sibarani, 2016).....	15
Gambar 6. Rangkaian <i>Dummy Cell</i>	17
Gambar 7. GUI Matlab	19
Gambar 8. Tampilan Arduino IDE.....	20
Gambar 9. Tahapan Penelitian Rekayasa.....	23
Gambar 10. Rancang Awal Rangkaian Skematik potensiostat	25
Gambar 11. Blok Diagram Alat	25
Gambar 12. Rancang Bangun Potensiostat Portabel.....	27
Gambar 13. <i>Flowchart</i> Perancangan alat potensiostat portabel.....	28
Gambar 14. <i>Flowchart</i> perangkat lunak GUI Matlab	29
Gambar 15. Desain Potensiostat Portabel	34
Gambar 16. Desain Elektronika Alat Potensiostat Portabel.....	36
Gambar 17. Perbandingan Tegangan DAC MCP4725 dengan Tegangan Teoritis	37
Gambar 18. Perbandingan Tegangan ADC dengan Tegangan Teoritis	38
Gambar 19. Pengujian <i>Dummy Cell Resistor Only</i>	39
Gambar 20. Linearitas Percobaan <i>Dummy Cell Resistor Only</i>	40
Gambar 21. Pengujian Variasi <i>Dummy Cell Capacitor Only</i>	41
Gambar 22. Linearitas Percobaan <i>Dummy Cell Capacitor Only</i>	41

Gambar 23. Pengukuran 5 Variasi <i>Dummy Cell</i>	42
Gambar 24. Variasi <i>Scan Rate</i>	43
Gambar 25. Variasi <i>Step Size</i>	45
Gambar 26. Variasi <i>Time</i>	46
Gambar 27. Tampilan GUI Matlab	48
Gambar 28. Tampilan GUI Matlab Potensiostat <i>Dummy Cell</i> RC	49

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Spesifikasi Arduino UNO	16
Tabel 3. Hasil pengukuran ketepatan DAC MCP4725	51
Tabel 4. Hasil pengukuran ketepatan ADC Arduino Uno	52
Tabel 5. Hasil pengukuran ketepatan sistem potensiostat.....	53
Tabel 6. Hasil pengukuran ketelitian DAC MCP4725.....	55
Tabel 7. Hasil pengukuran ketelitian ADC Arduino Uno	56
Tabel 8. Hasil pengukuran ketelitian sistem potensiostat	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Program pada Arduino Uno.....	68
Lampiran 2. Program untuk GUI Matlab.....	73
Lampiran 3. Tampilan export data pada pengukuran di GUI Matlab	84
Lampiran 4. Dokumentasi Alat	87

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Potensiostat merupakan alat yang digunakan untuk mengontrol dan mengukur tegangan serta arus listrik dalam suatu sistem. Alat ini banyak digunakan dalam berbagai penelitian, termasuk analisis seperti voltametri, studi korosi atau, pengujian material dan karakterisasi sistem penyimpanan energi. Dalam teknik voltametri, potensiostat berfungsi untuk mengontrol perubahan potensial pada elektroda kerja serta merekam arus yang dihasilkan, memungkinkan analisis kuantitatif dan kualitatif berbagai zat dalam larutan dengan sensitivitas tinggi seperti *cyclic voltammetry* atau voltametri siklik.

Salah satu aplikasi penting voltametri siklik adalah dalam karakterisasi awal superkapasitor. Superkapasitor atau kapasitor elektrokimia merupakan perangkat penyimpanan energi yang menawarkan kepadatan daya tinggi (*high power density*) dan umur siklus panjang (G. Wang et al., 2012). Karakterisasi kinerjanya sangat penting untuk pengembangan material elektroda dan penjaminan mutu perangkat. Teknik CV (Cyclic Voltammetry) digunakan secara khusus untuk menginvestigasi mekanisme penyimpanan muatan, mengevaluasi kapasitansi spesifik, stabilitas elektrokimia, serta kinerja elektroda material (Zhang & Zhao, 2009). Prinsip pengukuran dilakukan dengan memvariasikan potensial listrik pada elektroda secara siklik dan merekam respons arus yang dihasilkan (Bard & Faulkner, 2001). Hasil pengukuran ini kemudian divisualisasikan dalam bentuk voltammogram, yaitu grafik hubungan antara arus dan potensial (Compton & Banks, 2007). Dengan demikian, CV (Cyclic Voltammetry)

merupakan alat karakterisasi yang *indispensable* dalam penelitian dan pengembangan superkapasitor pada potensiostat.

Potensiostat yang dipasarkan secara umum sistemnya tertutup (*closed system*) dimana pengguna tidak mengetahui cara kerja internalnya dan hanya mengetahui masukan (*input*) dan keluarannya (*output*) (Bard & Faulkner, 2001). Hal ini mengakibatkan informasi mengenai rangkaian dan cara kerjanya kurang diketahui pengguna, sehingga mempersulit pengguna dalam menyesuaikan keadaan instrumen sesuai yang diinginkan. Potensiostat standar yang dipasarkan juga memerlukan biaya yang besar dengan harga dari Rp10.000.000,00 hingga lebih dari Rp800.000.000,00 karena desainnya yang bersifat *black box*. Potensiostat standar dari segi ke akuratan data sangat *reliable* dan akurat, namun dari segi ukuran dan harga potensiostat standar berukuran besar, mahal dan tidak fleksibel penggunaannya di luar laboratorium dan di lapangan. Potensiostat standar pada laboratorium juga memerlukan keahlian khusus dalam penggunaannya. Oleh karena itu diperlukan potensiostat yang bersifat *open source* dan fleksibel untuk dilakukan pada penelitian lapangan seperti *potensiostat portable*. Beberapa penelitian sebelumnya telah berusaha mengatasi keterbatasan ini dengan mengembangkan potensiostat portabel yang lebih kecil dan lebih terjangkau.

Penelitian yang diteliti oleh (Rowe et al., 2011) telah melakukan penelitian tentang pembuatan potensiostat *do-it-yourself* (DIY) bernama “CheapStat” yang menggunakan mikrokontroler Atmel XMEGA menghasilkan CheapStat yang dapat mendukung gelombang persegi, *linear sweep*, *stripping* dan *cyclic voltammetry*. Namun, alat ini masih minim pada kontrol dan visualisasi data, serta menggunakan mikrokontroler

yang relatif mahal dan kurang umum di pasaran Indonesia, sehingga menyulitkan reproduksi dan pengembangan lebih lanjut di lingkungan dengan sumber daya terbatas.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Dryden & Wheeler, 2015) telah melakukan penelitian mengenai pembuatan sebuah potensiostat bernama “Dstat” yang serbaguna dan *open-source* untuk elektroanalisis menggunakan mikrokontroler Atxmega256A3U untuk menyeimbangkan kinerja dengan biaya dan modul op-amp LMP7721 yang dapat berguna sebagai potensiometri dengan kinerja sebanding dengan pH meter komersial. Namun, alat ini memiliki kekurangan dalam konsumsi daya yang relatif tinggi dan ketersediaan komponen yang digunakan masih menjadi kendala dalam produksi.

(Meloni, 2016) juga telah melakukan penelitian mengenai pembuatan potensiostat berbasis mikrokontroler Arduino Uno dengan modul quad op-amp LM324 yang terjangkau, berguna sebagai platform pembelajaran pada elektrokimia dan instrumentasi. Dari penelitian ini, didapatkan perangkat potensiostat berharga kurang dari \$30 dan mampu melakukan *cyclic voltametry* dengan arus orde mikroampere. Namun, alat ini memiliki kekurangan pada kinerja potensiostat yang masih terbatas dalam rentang arus dan tegangan yang dapat diukur serta kurangnya fitur komunikasi yang memudahkan analisis data secara *real-time*.

Berdasarkan penelitian terdahulu, sudah dikembangkan potensiostat yang biayanya jauh lebih terjangkau dibandingkan dengan potensiostat standar yang dijual secara komersial. Prototipe potensiostat pada penelitian sebelumnya membuat potensiostat yang mereplikasi potensiostat standar dengan menggunakan komponen elektronika, seperti: mikrokontroler, op-amp, resistor, kapasitor, dioda dan komponen lainnya. Potensiostat yang dibuat oleh peneliti sebelumnya tidak dapat menggantikan

potensiostat standar seluruhnya, tetapi prototipe tersebut dapat menjadi sumber informasi untuk pelajar maupun mahasiswa. Selain itu mampu mempermudah pengguna dengan dapat diakses menggunakan perangkat lainnya. Namun sumber informasi dalam pengembangan prototipe potensiostat secara menyeluruh, khususnya untuk aplikasi superkapasitor masih terbatas. Sedangkan, kebutuhan akan perangkat analisis elektrokimia yang portabel dan efisien meningkat dalam beberapa tahun terakhir. Dalam konteks pengembangan dan validasi superkapasitor, baik untuk penelitian material baru maupun aplikasi dalam energi terbarukan dan elektronik portabel, kemampuan untuk melakukan karakterisasi awal yang cepat dan praktis di luar laboratorium sangat bernilai. Potensiostat portabel menawarkan solusi untuk uji kinerja material elektroda, kontrol kualitas dan demonstrasi edukatif di bidang penyimpanan energi secara langsung di lapangan.

Potenstiotat portabel yang dirancang oleh penulis memudahkan dalam karakterisasi awal superkapasitor dengan harga yang lebih terjangkau. Potensiostat portabel yang dirancang menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler dan menggunakan beberapa rangkaian op amp sebagai *circuit* yang akan dijelaskan pada metodologi penelitian. Potensiostat portabel ini diintegrasikan dengan teknik voltametri siklik, dimana data pengukuran dapat ditampilkan dan dianalisis secara *real-time* melalui Antarmuka Pengguna Grafis (*Graphical User Interface/GUI*) berbasis MATLAB. . Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, potensiostat portabel ini dirancang secara khusus untuk mengatasi kebutuhan karakterisasi superkapasitor, dengan keunggulan utama dalam hal portabilitas, integrasi sistem dan resolusi pengukuran yang teroptimasi. Alat ini mampu mengukur respons arus pada rentang yang relevan

untuk superkapasitor (hingga orde miliampere) dan terintegrasi dengan antarmuka berbasis MATLAB untuk menampilkan voltammogram secara *real-time*. Hal ini memungkinkan analisis cepat dan akurat dengan desain yang ringkas dan mandiri. Alat ini tidak hanya mengatasi keterbatasan prototipe sebelumnya dalam hal komunikasi dan pemrosesan data, tetapi juga menjadi solusi praktis untuk karakterisasi awal superkapasitor di luar lingkungan laboratorium, baik untuk penelitian material maupun tujuan pendidikan. Dengan demikian, keterbatasan resolusi, komunikasi, serta pemrosesan data pada penelitian sebelumnya dapat diatasi dengan pendekatan yang lebih modern dan fleksibel.

Pengembangan potensiostat portabel ini diharapkan dapat menjadi solusi praktis dan ekonomis, terutama dalam karakterisasi awal superkapasitor untuk penelitian material dan pengembangan teknologi penyimpanan energi. Selain mendukung kebutuhan di laboratorium dengan anggaran terbatas, alat ini dapat diaplikasikan secara langsung di lapangan untuk uji kinerja superkapasitor dalam berbagai konteks seperti energi terbarukan dan elektronik portabel. Inovasi ini juga mendukung dalam bidang pendidikan, karena dapat memperkenalkan prinsip elektrokimia dan analisis voltametri kepada pelajar dan mahasiswa, sekaligus mengatasi kendala biaya peralatan laboratorium yang mahal. Dengan demikian, potensiostat portabel ini tidak hanya memperluas aksesibilitas teknologi elektrokimia, tetapi juga membuka peluang lebih lanjut dalam penelitian material energi dan pengembangan perangkat penyimpanan energi yang lebih efisien di masa depan.

B. Batasan Masalah

Untuk lebih memfokuskan pengerjaan dalam penelitian, maka diperlukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Fokus analisis terdapat pada potensiostat portabel yang dapat bekerja sebagai karakterisasi awal superkapasitor.
2. Pengambilan data menggunakan *dummy cell*.
3. Mikrokontroler yang digunakan pada alat ini adalah Arduino Uno.
4. Keluaran data ditampilkan menggunakan GUI Matlab.

C. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :

1. Bagaimana spesifikasi performansi sistem rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno?
2. Bagaimana spesifikasi desain sistem rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno?

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menentukan spesifikasi performansi sistem rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.

2. Untuk menentukan spesifikasi desain sistem rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Uno.

E. Manfaat Penelitian

Ada beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah

1. Bagi peneliti, penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi S1 Fisika serta menjadi sarana pengembangan diri dalam bidang kajian Fisika Elektronika dan Instrumentasi.
2. Peneliti lain. Untuk menambah pengetahuan dan memperluas wawasan dalam bidang kajian elektronika dan instrumentasi.
3. Bagi masyarakat. Menambah informasi tentang rancang bangun *potensiostat portable* yang terjangkau.

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisa data serta pembahasan terhadap rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* penelitian yang dilakukan didapatkan kesimpulan:

1. Spesifikasi perfomansi dari rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* terdiri atas dua bagian, yaitu perancangan sistem mekanik dan perancangan sistem elektronik. Perancangan sistem mekanik terdiri dari kotak potensiostat portabel, posisi *port* arduino dan konektor elektroda RE CE WE. Perancangan sistem elektronik terdiri dari rangkaian PCB potensiostat yang tersusun dari komponen elektronika berupa resistor, kapasitor IC TL081 dan pin *header* konektor, Arduino Uno, DAC MCP4725 baterai 9 Volt dan *dummy cell*. Hasil pengukuran akan ditampilkan dalam bentuk grafik beserta keseluruhan data pada aplikasi GUI Matlab.
2. Spesifikasi desain dari rancang bangun potensiostat portabel untuk karakterisasi awal superkapasitor menggunakan metode *cyclic voltammetry* terdiri dari dua bagian, yaitu ketepatan dan ketelitian dari pengukuran. Pengukuran ketepatan dan ketelitian ini dilakukan pada DAC MCP4725, ADC Arduino Uno dan sistem potensiostat. Rincian dari DAC MCP4725 adalah sebagai berikut: rata-rata ketepatan sebesar 97,75% dan rata-rata ketelitian sebesar 96,89%. Rincian dari ADC Arduino Uno adalah sebagai berikut: rata-rata ketepatan sebesar 96,33% dan

rata-rata ketelitian sebesar 96,07%. Dan rincian dari sistem potensiostat: rata-rata ketepatan sebesar 97,50% dan rata-rata ketelitian sebesar 99,16%.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan serta kendala yang ditemukan dalam proses kegiatan penelitian, sebagai saran untuk tindak lanjut dan pengembangan dalam penelitian ini yaitu:

1. Diperlukan penyempurnaan pada rangkaian dengan menambahkan beberapa fuse dan dioda agar komponen dapat terjaga serta dapat digunakan dalam pemakaian jangka panjang.
2. Alat ini dikembangkan lebih lanjut lagi dalam pengujian metode lain seperti *electrochemical impedance spectroscopy* (EIS) atau *chronoamperometry*, untuk meningkatkan fleksibilitas alat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadi, M. M., & Jullien, G. A. (2008). Current-mirror-based potentiostats for three-electrode amperometric electrochemical sensors. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, 56(7), 1339–1348.
- Anshori, I., Ramadhan, I. F., Ariasena, E., Siburian, R., Affi, J., Handayani, M., Yunkins, H., Kuji, T., Mengko, T. L. E. R., & Harimurti, S. (2022). ESPotensio: A low-cost and portable potentiostat with multi-channel and multi-analysis electrochemical measurements. *Ieee Access*, 10, 112578–112593.
- Bard, A. J., & Faulkner, L. R. (2001). Fundamentals and applications: electrochemical methods. *Electrochem. Methods*, 2(482), 580–632.
- Bard, A. J., Faulkner, L. R., & White, H. S. (2022). *Electrochemical methods: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
- Chen, R., Zhai, W., & Qi, Y. (1996). The Mechanism and technology of friction control by applying electric voltage II. The effects of applied voltage on friction. *TRIBOLOGY-BEIJING-*, 16, 238–245.
- Compton, R. G., & Banks, C. E. (2007). *Understanding voltammetry*. World Scientific.
- Dobbelaere, T., Vereecken, P. M., & Detavernier, C. (2017). A USB-controlled potentiostat/galvanostat for thin-film battery characterization. *HardwareX*, 2, 34–49.
- Dryden, M. D. M., & Wheeler, A. R. (2015). DStat: A versatile, open-source potentiostat for electroanalysis and integration. *PloS One*, 10(10), e0140349.
- Elgrishi, N., Rountree, K. J., McCarthy, B. D., Rountree, E. S., Eisenhart, T. T., & Dempsey, J. L. (2018). A practical beginner's guide to cyclic voltammetry. *Journal of Chemical Education*, 95(2), 197–206.
- Giancoli, D. C. (2005). *Physics: principles with applications* (Vol. 1). Pearson Educación.
- Ibnu, F., Fardan, F. I. I., & Erlinasari, E. (2025). Pengaruh Variasi Kapasitor Terhadap Faktor Daya dan Stabilitas Tegangan Pada Sistem Elektronika. *Akiratech*, 2(2), 71–77.
- Ibrahim, D. (2020). *ARM-based microcontroller multitasking projects: Using the FreeRTOS multitasking kernel*. Newnes.

- Jaelani, I., Sompie, S. R. U. A., & Mamahit, D. J. (2016). Rancang bangun rumah pintar otomatis berbasis sensor suhu, sensor cahaya, dan sensor hujan. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(1), 1–10.
- Kellner, K., Posnicek, T., Ettenauer, J., Zuser, K., & Brandl, M. (2015). A new, low-cost potentiostat for environmental measurements with an easy-to-use PC interface. *Procedia Engineering*, 120, 956–960.
- Khan, M., Khusro, S., Alam, I., Ali, S., & Khan, I. (2022). Perspectives on the design, challenges, and evaluation of smart TV user interfaces. *Scientific Programming*, 2022(1), 2775959.
- Kirkup, L. (2019). *Experimental methods for science and engineering students: an introduction to the analysis and presentation of data*. Cambridge University Press.
- Meloni, G. N. (2016). *Building a microcontroller based potentiostat: A inexpensive and versatile platform for teaching electrochemistry and instrumentation*. ACS Publications.
- Narbuko, C., & Achmadi, A. (2005). Metode Penelitian. *Penerbit Bumi Aksara, Jakarta*, 174.
- Pandolfo, A. G., & Hollenkamp, A. F. (2006). Carbon properties and their role in supercapacitors. *Journal of Power Sources*, 157(1), 11–27.
- Ponce, P., Peffer, T., Molina, A., & Barcena, S. (2020). Social creation networks for designing low income interfaces in programmable thermostats. *Technology in Society*, 62, 101299.
- Rowe, A. A., Bonham, A. J., White, R. J., Zimmer, M. P., Yadgar, R. J., Hobza, T. M., Honea, J. W., Ben-Yaacov, I., & Plaxco, K. W. (2011). Cheapstat: An open-source, “do-it-yourself” potentiostat for analytical and educational applications. *PloS One*, 6(9), e23783.
- Serway, R. A., Jewett, J. W., & Peroomian, V. (2000). *Physics for scientists and engineers* (Vol. 2). Saunders college publishing Philadelphia.
- Setiawan, M. A. (2022). *Graphical User Interface (GUI) Matlab dan Interface dengan Arduino*. Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung.
- Simanjuntak, B. E., & Sibarani, M. T. P. (2016). *Sistem Pendeteksi Kemiringan Tanah Longsor dengan Menggunakan Arduino Uno*.
- Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (1998). *Principles of instrumental analysis* (Vol. 203). Saunders college publishing Philadelphia.

- Sokop, S. J., Mamahit, D. J., & Sompie, S. R. U. A. (2016). Trainer periferal antarmuka berbasis mikrokontroler arduino uno. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 5(3), 13–23.
- Wang, G., Zhang, L., & Zhang, J. (2012). A review of electrode materials for electrochemical supercapacitors. *Chemical Society Reviews*, 41(2), 797–828.
- Wang, Y., & Xia, Y. (2013). Recent progress in supercapacitors: from materials design to system construction. *Advanced Materials*, 25(37), 5336–5342.
- Xie, M., Xing, Z., Feng, S., Xu, X., Zhu, L., & Chen, C. (2022). Psychologically-inspired, unsupervised inference of perceptual groups of GUI widgets from GUI images. *Proceedings of the 30th ACM Joint European Software Engineering Conference and Symposium on the Foundations of Software Engineering*, 332–343.
- Yohandri, Y., & Rahmawati, D. (2023). Arduino-based spectrometer design for measurement of liquid absorbance. *Journal of Experimental and Applied Physics*, 1(1), 67–75.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2015). *University physics with modern physics and masteringphysics*. Academic Imports Sweden AB San Francisco.
- Yulkifli, Y., & Murtiani, A. N. (2018). Development op Digital Archimedes Experiment System Based on Microcontroller for Physics Education. *Padang: IOP Jurnal of Physich*.
- Zhang, L. L., & Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. *Chemical Society Reviews*, 38(9), 2520–2531.