

**Analisis Pengelompokan Data Perilaku *Cyclic Voltammetry* pada
Superkapasitor berbasis *Graphene Oksida* Menggunakan *Algorithma K-
Means***

*Diajukan untuk menyusun skripsi
Dijurusan Teknik Informatika Universitas Sriwijaya*



Oleh:

Melky Yurdiansyah
NIM: 09021181823013

**Jurusang Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
Tahun 2022**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Analisis Pengelompokan Data Perilaku *Cyclic Voltammetry* pada Superkapasitor berbasis *Graphene Oksida* Menggunakan Algorithma *K-Means*

Oleh :

Melky Yurdiansyah

NIM : 09021181823013

Palembang, 5 Agustus 2022

Pembimbing 1
Jaldan Jauhari, S.Pd., M.T
197107212005011005

Pembimbing 2
Julian Supardi, S.Pd., M.T
197207102010121001

Mengetahui,



TANDA LULUS UJIAN SIDANG TUGAS

Pada hari Jumat tanggal 5 Agustus 2022 telah dilaksanakan ujian sidang tugas akhir oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Melky Yurdiansyah

NIM : 09021181823013

Judul : Analisis Pengelompokan Data Perilaku *Cyclic Voltammetry* pada Superkapasitor berbasis *Graphene Oksida* Menggunakan Algorithma *K-Means clustering*

dan dinyatakan **LULUS**

1. Ketua Penguji

Osvari Arsalan, S.Kom., M.T.
NIP 1601142806880003

2. Penguji I

Syamsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D.
NIP. 197102041997021003

3. Penguji II

Danny Matthew Saputra, S.T., M.Sc.
NIP. 198505102015041002

4. Pembimbing I

Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T.
NIP. 197107212005011005

5. Pembimbing II

Julian Supardi, S.Pd., M.T.
NIP. 197207102010121001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Melky Yurdiansyah
NIM : 09021181823013

Program Studi: Teknik Informatika Reguler

Judul Skripsi : Analisis Pengelompokan Data Perilaku *Cyclic Voltammetry* pada Superkapasitor berbasis *Graphene Oksida* Menggunakan *Algorithma K-Means*

Hasil Pengecekan *Software iThenticate/Turnitin* : 7%

Menyatakan bahwa Laporan projek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam laporan projek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapapun.



Palembang, 4 Agustus 2022




Melky Yurdiansyah
NIM. 09021181823013

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

- **Sabar.**
- **Selamat Semangat, Semangat Selamat.**

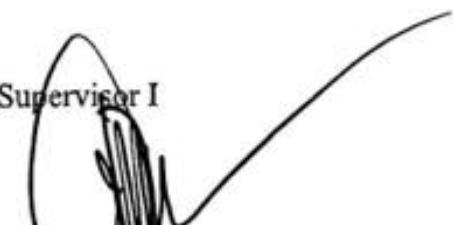
**CLUSTERING ANALYSIS OF CYCLIC VOTAMMETRY BEHAVIOR DATA
ON GRAPHENE OXIDE-BASED SUPERCAPACITORS USING K-MEANS
ALGORITHM**

By:
Melky Yurdiansyah
09021181823013

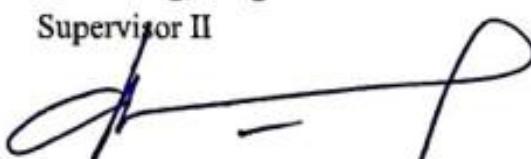
ABSTRACT

The need for renewable energy is a pressure to develop further developments in overcoming the problem of depleting fossil fuel energy. There are an pressure to do some research on renewable energy or energy storage technologies. This research proposes a computational approach with unsupervised learning method in investigating cyclic voltammetry behavior using K-Means Clustering algorithm. This study applies the elbow method, silhouette coefficient, and Davies Bouldin Index in determining the optimal number of clusters in the data. As a result, the silhouette coefficient shows a better performance than the elbow method in determining the optimal cluster in the data and the application of the optimal cluster on the data is able to show the visualization of cyclic voltammetry behavior through descriptive analysis.

Keyword: Supercapacitors, Cyclic Voltammetry, *clustering*, *K-means*, Data Visualization, Elbow Method, Silhouette Coefficient, Davies Bouldin Index, Exploratory Data Analysis

Supervisor I

Jaidev Lauhari, S.Pd., M.T.
NIP 197107212005011005

Palembang, 5 Agustus 2022

Supervisor II


Julian Supardi, S.Pd., M.T.
NIP 197207102010121001



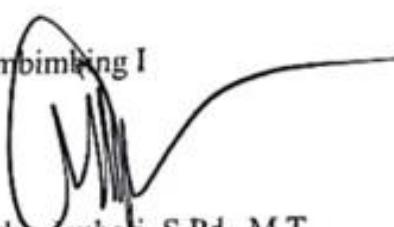
**ANALISIS PENGELOMPOKAN DATA PERILAKU CYCLIC
VOLTAMMETRY PADA SUPERKAPASITOR BERBASIS GRAPHENE
OKSIDA MENGGUNAKAN ALGORITMA K-MEANS**

Oleh:
Melky Yurdiansyah
09021181823013

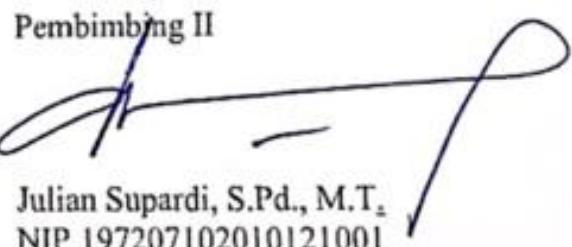
ABSTRAK

Kebutuhan akan energi terbarukan menjadi tekanan untuk dilakukannya pengembangan lebih lanjut dalam mengatasi permasalahan menipisnya energi bahan bakar fosil. Terdapat dorongan untuk melakukan pengembangan terhadap energi terbarukan maupun teknologi penyimpanan energi. Penelitian ini mengusulkan pendekatan komputasi dengan metode *unsupervised learning* dalam investigasi data perilaku *cyclic voltammetry* menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Penelitian ini menerapkan *elbow method*, *silhouette coefficient*, dan *Davies Bouldin Index* dalam menentukan jumlah *cluster* yang optimal pada data. Hasilnya, *silhouette coefficient* menunjukkan performa yang lebih baik daripada *elbow method* dalam menentukan cluster optimal pada data serta hasil penerapan cluster optimal pada data mampu menunjukkan visualisasi perilaku *cyclic voltammetry* melalui analisis deskriptif.

Kata Kunci: Supkapasitor, Cyclic Voltammetry, clustering, K-means, Elbow Method, Silhouette coefficient, data visualization, Davies Bouldin Index.

Pembimbing I

Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T.
NIP 197107212005011005

Palembang, 5 Agustus 2022

Pembimbing II

Julian Supardi, S.Pd., M.T.
NIP 197207102010121001



KATA PENGANTAR



Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat dan rahmat-Nya yang telah diberikan kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan pendidikan program Strata-1 pada Fakultas Ilmu Komputer Program Studi Teknik Informatika di Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yaitu kepada:

1. Orang tuaku, Sadikin dan Yudar Lena, Mirza, Mbah, Nenek lanang dan Nenek tino. Serta semua keluarga yang memberikan cinta dan kasih sayangnya untuk selalu mendoakan dan dukungan serta selalu ada untuk membantu dan memberikan semangat dalam menyelesaikan penelitian.
2. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika sekaligus pembimbing Tugas Akhir I yang telah banyak memberikan nasehat dan informasi dalam perkuliahan serta bimbingan dalam penyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Mastura Diana Marieska, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Informatika yang telah memberi nasihat seputar perkuliahan,
5. Bapak M. Fachrurrozi, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing akademik, yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan motivasi penulis dalam proses perkuliahan.
6. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku dosen pembimbing skripsi serta Ibu Prof. Dr. *Ida Sriyanti*, S.Pd., M.Si. yang telah membimbing, serta

memberikan semangatnya dalam mengerjakan penelitian ini sehingga dapat berjalan dengan baik.

7. Bapak Julian Supardi, S.Pd., M.T. sebagai dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan waktu serta ilmu nya dalam membimbing proses pengerjaan penelitian berikut.
8. Bapak Syamsuryadi, S.Si., M.Kom., Ph.D selaku dosen penguji I dan Bapak Danny Matthew Saputra, S.T., M.Sc. selaku dosen penguji II yang telah menguji sekaligus memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
9. Seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmunya.
10. Kak rama sebagai laboran Laboratorium Instrumentasi dan Aplikasi Nanoteknologi yang senantiasa meluangkan waktunya dalam membimbing serta memberikan ilmu dalam proses pengerjaan penelitian ini
11. Rekan rekan karasuno serta robet yang selalu hadir disetiap malam serta mendengarkan keluh kesah tentang kehidupan dan juga pengerjaan penelitian sampai akhirnya penulis dapat sampai ke titik ini.
12. Teman-teman dari Angkatan IF 2018, BEM FASILKOM UNSRI, GenBI Sumsel, kakak tingkat, adik tingkat, Himatoka, Sobat Tanjung Barangian serta teman- teman lainnya yang telah mengisi proses perkuliahan dan juga penyelesaian penelitian ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan disebabkan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, 5 Agustus 2022

Melky Yurdiansyah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	i
TANDA LULUS UJIAN SIDANG TUGAS	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBERAHAN	iv
ABSTRACT	v
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I	I-1
1.1 Pendahuluan.....	I-1
1.2 Latar Belakang Masalah	I-1
1.3 Rumusan Masalah.....	I-5
1.4 Tujuan	I-5
1.5 Manfaat.....	I-6
1.6 Batasan Masalah	I-6
1.7 Sistematika Penulisan	I-7
1.8 Ringkasan	I-8
BAB II.....	II-1
2.1 Pendahuluan.....	II-1
2.2 Penelitian Terkait.....	II-1
2.3 Ringkasan Hasil Kajian Literatur	II-3
2.4 Landasan Teori	II-5
2.4.1 <i>Machine Learning</i>	II-5
2.4.2 <i>Unsupervised Learning</i>	II-7
2.4.3 <i>Clustering</i>	II-7
2.4.4 <i>K-Means Clustering</i>	II-8
2.4.5 <i>Elbow Method</i>	II-10
2.4.6 <i>Silhouette coefficient</i>	II-11

2.4.7 <i>Davies Bouldin Index</i>	II-12
2.4.8 Superkapasitor.....	II-13
2.4.9 <i>Cyclic Voltammetry</i>	II-14
2.5 Ringkasan	II-16
BAB III	III-1
3.1 Pendahuluan.....	III-1
3.2 Pengumpulan Data.....	III-1
3.3 Tahapan Penelitian.....	III-2
3.3.1 Kerangka Penelitian	III-3
3.3.2 Kriteria Pengujian	III-5
3.3.3 Format Data Pengujian.....	III-5
3.3.4 Alat yang Digunakan dalam Pelaksanaan Penelitian	III-6
3.3.5 Pengujian Penelitian	III-6
3.3.6 Analisis Hasil Pengujian dan Membuat Kesimpulan.....	III-7
3.4 Metode Pengembangan Perangkat Lunak	III-7
3.5 Manajemen Proyek Penelitian	III-8
BAB IV	IV-1
4.1 Pendahuluan	IV-1
4.2 Fase Insepsi	IV-1
4.2.1 Pemodelan Bisnis	IV-1
4.2.2 Kebutuhan Sistem	IV-3
4.2.3 Analisis dan Desain.....	IV-3
4.3 Fase Elaborasi	IV-11
4.3.1 Interface	IV-11
4.3.2 Diagram Sequence	IV-13
4.4 Fase Construction	IV-15
4.5 Fase Transition	IV-16
4.6 Ringkasan	IV-19
BAB V	V-1
5.1 Pendahuluan.....	V-1
5.2 Data Hasil Penelitian	V-1
5.2.1 Konfigurasi Penelitian.....	V-3
5.2.2 Data Hasil Konfigurasi Penelitian 1	V-4
5.2.3 Data Hasil Konfigurasi Penelitian 2	V-6

5.2.3 Data Hasil Konfigurasi Penelitian 3	V-7
5.2.4 Data Hasil Konfigurasi Penelitian 4	V-9
5.3 Analisis Hasil Penelitian.....	V-11
5.4 Data Hasil Pengelompokan	V-14
5.5 Implementasi Metode pada Perangkat Lunak.....	V-18
5.6 Ringkasan	V-20
BAB VI	VI-1
6.1 Pendahuluan.....	VI-1
6.2 Kesimpulan.....	VI-1
6.3 Saran	VI-2
Daftar Pustaka.....	vi

DAFTAR TABEL

Tabel III-1. Total Data <i>Cyclic Voltammetry</i> pada Elektroda Superkapasitor Lab Instrumentasi dan Aplikasi Nanoteknologi.....	III-2
Tabel IV-1. Kebutuhan Non-Fungsional	IV-3
Tabel IV-2. Kebutuhan Fungsional.....	IV-3
Tabel IV-3. Definisi Aktor.....	IV-5
Tabel IV-4. Definisi <i>use case</i>	IV-5
Tabel IV-5. Skenario <i>Use Case</i> Input Dataset	IV-7
Tabel IV-6. Skenario <i>Use Case</i> Pengelompokan Data	IV-7
Tabel IV-7. Skenario <i>Use Case</i> Melakukan Visualisasi Hasil Pengelompokan.	IV-8
Tabel IV-7. Skenario <i>Use Case</i> Melakukan Visualisasi Hasil Evaluasi <i>Elbow Method</i> dan <i>Silhouette Coefficient</i>	IV-9
Tabel IV-8. Library pendukung perangkat lunak	IV-15
Tabel IV-9. Rencana pengujian Upload Folder	IV-16
Tabel IV-10. Rencana pengujian Pengelompokan Data	IV-17
Tabel V-1.	V-1
Tabel V-2. Deskripsi Data CV SG1	V-2
Tabel V-3. Deskripsi Data CV SG2	V-2
Tabel V-4. Deskripsi Data CV SG3	V-2
Tabel V-4. Deskripsi Data CV SGTotal.....	V-3
Tabel V-7. Hasil Grafik Elbow Method dan Silhouette Coefficient Data CV.	V-12
Tabel V-7.	V-13
Tabel V-8.	V-14
Tabel V-9. <i>Pairplot</i> Data Hasil Penelitian.	V-15

DAFTAR GAMBAR

Gambar II-1. Hasil tiga kurva beban yang cocok untuk dilengkapi dengan perangkat penyimpanan energi	II-4
Gambar II-2. variasi temperature pada modul baterai	II-5
Gambar II-3. Taksonomi <i>Clustering</i>	II-8
Gambar II-4. Flowchart <i>K-Means</i>	II-10
Gambar II-5. <i>Elbow Method</i>	II-10
Gambar II-6 Skema Komponen Superkapasitor dan dua mekanisme penyimpanan muatan.	II-14
Gambar II-7 Proses Investigasi Cyclic Voltammogram.	II-15
Gambar II-6 Contoh Cyclic Voltammogram.....	II-16
Gambar III-1. Kerangka Kerja Penelitian.....	III-4
Gambar III-2. Flowchart <i>K-Means clustering</i>	III-5
Gambar III-3. <i>Rational Unified Process</i>	III-8
Gambar IV-1. Diagram Use Case	IV-5
Gambar IV-2. Diagram Aktivitas Input Dataset	IV-11
Gambar IV-3. Diagram Aktivitas Pengelompokan Data	IV-11
Gambar IV-4. Rancangan <i>Interface</i> ke-satu.....	IV-12
Gambar IV-5. Rancangan <i>Interface</i> ke-dua	IV-12
Gambar IV-6. Rancangan <i>interface</i> ke-tiga	IV-12
Gambar IV-7. Sequence Diagram	IV-14
Gambar IV-7. Diagram Kelas Perangkat Lunak	IV-16
Gambar V-1. <i>Elbow Method</i> Data analisis SG0	V-5
Gambar V-2. Grafik <i>Silhouette Coefficient</i> Data Analisis SG0.	V-5
Gambar V-4. Elbow Method Data CV SG1	V-6
Gambar V-5. <i>Silhouette Coefficient</i> Data CV SG1	V-7
Gambar V-6. <i>Elbow Method</i> Data CV SG2.	V-8
Gambar V-7. Grafik Silhouette Coefficient	V-8
Gambar V-8. Grafik <i>Elbow Method</i> Data CV SG3.....	V-9
Gambar V-9. Grafik <i>Silhouette Coefficient</i> Data CV SG3.....	V-10
Gambar V-10. Grafik <i>Elbow Method</i> Data CV SG Total	V-10
Gambar V-11. Grafik <i>Silhouette Coefficient</i> Data CV SG Total	V-11
Gambar V-16. Tampilan ke Satu.....	V-19

Gambar V-17. Tampilan ke Dua	V-19
Gambar V-18. Tampilan ke Tiga.....	V-20
Gambar V-19. Tampilan ke Empat	V-20

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Dalam bab pendahuluan ini dijelaskan mengenai pokok pikiran yang menjadi dasar tentang penelitian. Pokok pikiran yang dimaksud antara lain menjelaskan tentang latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian serta manfaat penelitian.

1.2 Latar Belakang Masalah

Seiring dengan pertumbuhan ekonomi, terjadi peningkatan yang signifikan dalam satu dekade terakhir (Gao & Lu, 2020). Sebagai contoh, menurut data dari *the International Energy Agency* konsumsi listrik dan bahan bakar fosil global meningkat sebesar 19,44% dan 9,14% dari tahun 2010 hingga 2017. Hal ini memperburuk masalah kekurangan energi dan emisi CO₂ yang telah meningkat sebesar 22,2% dari 2010 hingga 2019. Apabila dibiarkan akan berdampak pada cadangan energi yang menipis dan masalah lain seperti masalah iklim akibat dampak emisi CO₂. Sehingga peningkatan efisiensi penggunaan energi dan mendorong energi terbarukan menjadi penting.

Penipisan bahan bakar fosil yang cepat menyebabkan desakan untuk mengembangkan sumber energi yang ramah lingkungan, bersih, dan terbarukan. Seiringan dengan hal tersebut, peningkatan dalam meningkatkan teknologi penyimpanan energi menjadi suatu keharusan (Ghosh et al., 2021). Sumber energi

seperti tenaga solar, energi angin, tenaga air, tenaga pasang surut dan biogas merupakan contoh sumber energi yang dicari dalam pencarian untuk energi yang bersih dan terjangkau (Mathew et al., 2020). Akan tetapi terdapat gangguan pada sumber daya ini, yaitu efisiensi yang rendah, pembatasan geografis, dan sumber daya yang terputus-putus. Oleh karena untuk tenaga yang dapat diandalkan, jaringan listrik masa depan membutuhkan metode yang ekonomis dan efisien untuk menyimpan energi.

Penyimpanan energi yang efisien dapat menjadi solusi dalam mengatasi kebutuhan energi yang terus meningkat dan sumber daya energi yang terus berkurang. Diantara sumber energi yang berkelanjutan, energi listrik memiliki peran yang cukup besar (Parwaiz et al., 2018). Karena dikehidupan sehari-hari kebutuhan manusia bergantung pada energi listrik. Energi listrik punya peran yang besar dalam pengembangan kendaraan listrik hibrida. Teknologi penyimpanan energi seperti baterai isi ulang, superkapasitor, sel bahan bakar sangat berperan penting. Lalu teknologi penyimpanan energi mewakili pasar senilai \$59 miliar yang diproyeksikan akan tumbuh sebesar \$546 miliar pendapatan tahunan pada tahun 2035 (Roman et al., 2021). Dekarbonisasi energi global dan infrastruktur transportasi mulai memanfaatkan pembangkit energi terbarukan yang masih berselang mendorong permintaan yang signifikan untuk teknologi penyimpanan energi yang lebih andal.

Ada beberapa teknologi penyimpanan yang dapat dikembangkan, seperti baterai isi ulang, superkapasitor, ataupun sel bahan bakar. Teknologi tersebut memiliki tantangan dan Batasan masing-masing. Baterai isi ulang memiliki

kepadatan daya yang rendah dan resistansi internal yang tinggi pada *system* tersebut memotivasi peneliti untuk aktif terlibat pada bidang teknologi penyimpanan lain yang lebih menjanjikan yaitu superkapasitor. Meskipun kepadatan energi dan siklus hidup yang besar dimiliki oleh baterai isi ulang.

Superkapasitor berhasil menarik banyak minat dalam beberapa tahun terakhir karena potensi besar untuk penyimpanan energi yang bebas perawatan bahkan bisa sampai seumur hidup, dan efisiensi serta kepadatan daya yang tinggi (M. Zhou et al., 2020). Dalam penggunaannya superkapasitor dapat diaplikasikan pada alat yang membutuhkan sumber energi yang memiliki siklus pakai lebih cepat seperti pada mobil, mesin derek, dan tangga berjalan. Oleh karena itu, superkapasitor memiliki potensi dalam pengembangan kendaraan listrik hibrida. Pada alat yang lebih kecil, dapat diterapkan untuk pemasok daya pada *static Random access memory*. Kedua jenis superkapasitor yaitu *electric double layer capacitors* (EDLCs) dan *pseudocapacitors* lebih unggul daripada kapasitor konvensional dan baterai dalam hal kepadatan daya, ketebalan siklus, dan waktu pengisian serta pemakaian. Dalam perbandingan kedua jenis superkapasitor berikut, pseudocapacitors lebih mendapat perhatian karena kapasitansi spesifikasi superiornya berada di atas EDLC. Karena perilaku kapasitif dalam EDLC muncul dari akumulasi ion pada antarmuka elektroda melalui mekanisme adsorpsi-desorpsi ion, sedangkan, pseudocapacitance disebabkan oleh reaksi redoks faradic yang terjadi pada permukaan elektroda dimana mekanisme transfer elektron diikuti.

Kompleksitas dari sistem superkapasitor membatasi peluang dalam mencapai perilaku yang dituju dengan intuisi sederhana melalui pendekatan

edisonian. Converter daya sementara pada superkapasitor memenuhi kebutuhan alat seperti simulasi, model matematika, *machine learning*, dan sebagainya selain metode *trial and error* (Simon & Gogotsi, 2009). Implementasi yang tepat dari alat ini dalam merancang perilaku teknologi penyimpanan, dapat menghasilkan perangkat yang efisien. Dalam hal keamanan, keandalan, dan efisiensi dapat lebih mudah dipahami dengan bantuan kecerdasan buatan pada kinerja superkapasitor. Menggunakan *system* manajemen yang tertata sangat penting untuk mengatasi masalah ini. Model yang terorganisasi dengan tepat adalah dasar untuk mengembangkan *system* manajemen pada peningkatan kinerja superkapasitor (Ike et al., 2015). Secara garis besar terdapat dua metode pembelajaran dalam *machine learning*, yaitu supervised learning dan *Unsupervised Learning*. Contohnya *clustering* dan klasifikasi yang termasuk fundamental dalam *machine learning* atau data mining. Tujuannya *clustering* bersifat deskriptif dan klasifikasi bersifat prediktif (Vayssières et al., 1998). Karena tujuan dari *clustering* adalah untuk menemukan suatu kelompok kategori baru dimana kelompok baru ini merupakan hal yang menarik dan dilakukan penilaian secara instrinsik.

Dalam investigasi kinerja superkapasitor, untuk mencapai hal keamanan, keandalan, serta efisiensi dapat diterapkan bantuan *machine learning*. Dalam pengembangan superkapasitor elektrokimia memiliki komponen utama yaitu elektroda yang dibangun dari bahan karbon aktif. Melalui pengembangan elektroda yang tepat, dapat dihasilkan suatu superkapasitor yang efektif dan efisien. menggunakan metode pengukuran *Cyclic Voltammetry* dapat dipelajari reaksi elektrokimia seperti reaksi redoks, ataupun kompleksasi untuk melihat hubungan

antara arus dan tegangan pada elektroda (Taer et al., 2015). *Clustering* dapat diterapkan untuk mengetahui klasifikasi objek yang memiliki persamaan paling dekat dengan objek lain dalam klaster yang sama. Oleh karena itu, untuk mendalami hubungan arus dan tegangan pada superkapasitor dapat diterapkan analisis menggunakan metode *K-Means clustering* untuk mengelompokkan data yang sama berdasarkan karakteristiknya.

1.3 Rumusan Masalah

Dalam melakukan investigasi pada hubungan arus dan tegangan menggunakan pengukuran *Cyclic Voltammetry*, dapat dilakukan pengklasteran pada data tersebut menggunakan algoritma *K-Means clustering* untuk mengetahui pengelompokan data yang mempunyai karakteristik sama agar dapat membantu investigasi hubungan arus dan tegangan secara tepat.

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari Tugas Akhir ini :

1. Menginvestigasi perilaku data *Cyclic Voltammetry* melalui pendekatan analisis deskriptif
2. Implementasi algoritma *K-Means clustering* dalam pengklasteran data *Cyclic Voltammetry*
3. Menentukan Jumlah cluster yang optimal untuk data *Cyclic Voltammetry*
4. Penerapan *Machine Learning* dalam bidang pengembangan penyimpanan energi

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini:

1. Mendapatkan Pengetahuan terhadap hasil pengelompokan data serta perilaku data *cyclic voltammetry*
2. Mendapatkan Pengetahuan terhadap penerapan algoritma K-Means dalam mengelompokkan data CV
3. Mengetahui jumlah cluster yang optimal pada data *cyclic voltammetry*
4. Mendapatkan pengetahuan penerapan *machine learning* pada bidang penyimpanan energi

1.6 Batasan Masalah

Batasan masalah pada *clustering* perilaku *Cyclic Voltammetry* menggunakan metode *K-Means* yang dirancang pada tugas akhir ini adalah :

1. Sistem hanya berupa simulasi untuk menentukan group data yang memiliki karakteristik sama menggunakan metode *K-Means* pada perilaku *Cyclic Voltammetry* dari hasil analisis elektroda pada superkapasitor
2. Dataset *Cyclic Voltammetry* merupakan data input dari *system* yang akan dibuat, data ini tersedia melalui Laboratorium Instrumentasi dan Aplikasi Nanoteknologi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya yang berjumlah 4 data yang berisi data perilaku *Cyclic Voltammetry*

1.7 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam Tugas Akhir ini :

1. BAB I (PENDAHULUAN)

Pada bagian ini terdapat latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, tujuan, manfaat, dan sistematika penulisan.

2. BAB II (TINJAUAN PUSTAKA)

Pada bagian ini terdapat dasar teori mengenai penjelasan model yang akan digunakan dan penjelasan dari objek yang akan dilakukan prediksi.

3. BAB III (METODOLOGI PENELITIAN)

Pada bagian ini berisi kerangka kerja yang meliputi jenis penelitian, rencana kerja penelitian, dan tahap kerja dari penelitian, lalu setelah terdapat kerangka kerja tersebut akan ada metode dari pengolahan data tersebut.

4. BAB IV (HASIL DAN ANALISA)

Pada bagian ini berisi Analisa dan juga pembahasan dari hasil yang telah dilakukan untuk dijadikan kesimpulan.

5. BAB V (KESIMPULAN DAN SARAN)

Pada bagian ini berisi kesimpulan yang didapat dari hasil yang telah dilakukan.

1.8 Ringkasan

Pada bab 1 telah dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, Batasan masalah dan sistematika penulisan. Berdasarkan penjelasan diatas penelitian menggunakan metode *K-Means* untuk membuat kluster data yang memiliki karakteristik sama pada data *Cyclic Voltammetry* diharapkan dapat memberikan hasil yang baik sesuai hipotesis berbasis *Graphene Oksida* diharapkan dapat memberikan hasil yang baik sesuai dengan hipotesis.

Daftar Pustaka

- Anwar, A. (2014). A Review of RUP (Rational Unified Process). *International Journal of Software Engineering*, 5(2), 8–24.
<http://www.cscjournals.org/library/manuscriptinfo.php?mc=IJSE-142>
- Brillas, E., & Domenech, J. (1987). *Experiment 8 : Cyclic Voltammetry (Updated)*. 702(1984), 4–6.
- Chen, C., Zuo, Y., Ye, W., Li, X., Deng, Z., & Ong, S. P. (2020). A Critical Review of *Machine Learning* of Energy Materials. *Advanced Energy Materials*, 10(8), 1–36. <https://doi.org/10.1002/aenm.201903242>
- Gao, T., & Lu, W. (2020). Physical Model and *Machine Learning* Enabled Electrolyte Channel Design for Fast Charging. *Journal of The Electrochemical Society*, 167(11), 110519. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/aba096>
- Ghahramani, Z. (2004). LNAI 3176 - Unsupervised Learning. *Machine Learning*, 72–112.
- Ghosh, S., Rao, G. R., & Thomas, T. (2021). *Machine learning*-based prediction of supercapacitor performance for a novel electrode material: Cerium oxynitride. *Energy Storage Materials*, 40(May), 426–438.
<https://doi.org/10.1016/j.ensm.2021.05.024>
- Humaira, H., & Rasyidah, R. (2020). *Determining The Appropriate Cluster Number Using Elbow Method for K-Means Algorithm*.
<https://doi.org/10.4108/eai.24-1-2018.2292388>
- Ike, I. S., Sigalas, I., Iyuke, S., & Ozoemena, K. I. (2015). An overview of mathematical modeling of electrochemical supercapacitors/ultracapacitors. *Journal of Power Sources*, 273, 264–277.
<https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.09.071>
- Joshi PS, & Sutrave DS. (2019). *Supercapacitor: Basics and Overview*. December. www.joics.org
- Khanum, M., Mahboob, T., Imtiaz, W., Abdul Ghafoor, H., & Sehar, R. (2015). A Survey on Unsupervised *Machine Learning* Algorithms for Automation,

- Classification and Maintenance. *International Journal of Computer Applications*, 119(13), 34–39. <https://doi.org/10.5120/21131-4058>
- Li, W., Chen, S., Peng, X., Xiao, M., Gao, L., Garg, A., & Bao, N. (2019). A Comprehensive Approach for the Clustering of Similar-Performance Cells for the Design of a Lithium-Ion Battery Module for Electric Vehicles. *Engineering*, 5(4), 795–802. <https://doi.org/10.1016/j.eng.2019.07.005>
- Marutho, D., Hendra Handaka, S., Wijaya, E., & Muljono. (2018). The Determination of Cluster Number at k-Mean Using Elbow Method and Purity Evaluation on Headline News. *Proceedings - 2018 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication: Creative Technology for Human Life, ISemantic 2018*, 533–538. <https://doi.org/10.1109/ISEMANTIC.2018.8549751>
- Mathew, S., Karandikar, P. B., & Kulkarni, N. R. (2020). Modeling and Optimization of a Jackfruit Seed-Based Supercapacitor Electrode Using Machine Learning. *Chemical Engineering and Technology*, 43(9), 1765–1773. <https://doi.org/10.1002/ceat.201900616>
- Mukherjee, P. P., & Wang, C.-Y. (2006). Stochastic Microstructure Reconstruction and Direct Numerical Simulation of the PEFC Catalyst Layer. *Journal of The Electrochemical Society*, 153(5), A840. <https://doi.org/10.1149/1.2179303>
- Nazeer, K. A. A., & Sebastian, M. P. (2009). Improving the Accuracy and Efficiency of the k-means Clustering Algorithm. *Proceedings of the World Congress on Engineering*, I(July 2009), 6.
- Parwaiz, S., Malik, O. A., Pradhan, D., & Khan, M. M. (2018). Machine-Learning-Based Cyclic Voltammetry Behavior Model for Supercapacitance of Co-Doped Ceria/rGO Nanocomposite. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 58(12), 2517–2527. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.8b00612>
- Rokach, L., & Maimon, O. (2005). Distance Measures for Numeric Attributes. *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, 322–352.
- Roman, D., Saxena, S., Bruns, J., Valentin, R., Pecht, M., & Flynn, D. (2021). A Machine Learning Degradation Model for Electrochemical Capacitors

- Operated at High Temperature. *IEEE Access*, 9, 25544–25553.
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3057959>
- Saxena, A., Prasad, M., Gupta, A., Bharill, N., Patel, O. P., Tiwari, A., Er, M. J., Ding, W., & Lin, C. T. (2017). A review of clustering techniques and developments. *Neurocomputing*, 267, 664–681.
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.06.053>
- Simon, P., & Gogotsi, Y. (2009). Materials for electrochemical capacitors. *Nanoscience and Technology: A Collection of Reviews from Nature Journals*, 320–329. https://doi.org/10.1142/9789814287005_0033
- Singh, A. K., Mittal, S., Malhotra, P., & Srivastava, Y. V. (2020). Clustering Evaluation by Davies-Bouldin Index(DBI) in Cereal data using K-Means. *Proceedings of the 4th International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2020, Iccmc*, 306–310.
<https://doi.org/10.1109/ICCMC48092.2020.ICCMC-00057>
- Syakur, M. A., Khotimah, B. K., Rochman, E. M. S., & Satoto, B. D. (2018). Integration K-Means Clustering Method and Elbow Method for Identification of the Best Customer Profile Cluster. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 336(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/336/1/012017>
- Taer, E., Syech, R., & Taslim, R. (2015). Analisa Siklis Voltametri Superkapasitor Menggunakan Elektroda Karbon Aktif dari Kayu Karet Berdasarkan Variasi Aktivator KOH. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2015, IV*, 105–110.
- Ünlü, R., & Xanthopoulos, P. (2019). Estimating the number of clusters in a dataset via consensus clustering. *Expert Systems with Applications*, 125, 33–39. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.01.074>
- Vayssières, M. P., Plant, R. E., Hall, H., & Ave, O. S. (1998). Identification of Vegetation State- and-transition Domains in California ' s Hardwood Table of content. *Report for Fire and Resource Assessment Program, May*, 1–101.
- Xu, J., & Lange, K. (2019). Power k-means clustering. *36th International Conference on Machine Learning, ICML 2019, 2019-June*, 11977–11991.

- Zhao, Y., Deng, B., Chen, H., Zhang, H., Shi, J., Xu, Z., Zhu, X., & Han, G. (2019). An Evaluation Strategy of Energy Storage Construction for Industrial Users Based on K-Means Clustering Algorithm. *2019 Computing, Communications and IoT Applications, ComComAp 2019*, 396–401. <https://doi.org/10.1109/ComComAp46287.2019.9018661>
- Zhihong, L., & Jie, Z. (2019). *Online Knowledge Community Governance Based on Blockchain Token Incentives*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-1209-4_5
- Zhou, H. B., & Gao, J. T. (2014). Automatic method for determining cluster number based on silhouette coefficient. *Advanced Materials Research*, 951, 227–230. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.951.227>
- Zhou, M., Gallegos, A., Liu, K., Dai, S., & Wu, J. (2020). Insights from *machine learning* of carbon electrodes for electric double layer capacitors. *Carbon*, 157, 147–152. <https://doi.org/10.1016/j.carbon.2019.08.090>