



**PENGOPTIMALAN ESTIMASI STATE OF CHARGE
PADA BATERAI KENDARAAN LISTRIK
MENGUNAKAN KONSUMSI DAYA BERDASARKAN
METODE EQUIVALENT CIRCUIT MODEL DAN GREY
WOLF OPTIMIZER**

TESIS

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

OLEH

SULTAN SUHADA

NIM: 55423110004

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA
2025**



**PENGOPTIMALAN ESTIMASI STATE OF CHARGE
PADA BATERAI KENDARAAN LISTRIK
MENGUNAKAN KONSUMSI DAYA BERDASARKAN
METODE EQUIVALENT CIRCUIT MODEL DAN GREY
WOLF OPTIMIZER**

TESIS

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Menyelesaikan
Program Studi Magister Teknik Elektro**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

OLEH

SULTAN SUHADA

NIM: 55423110004

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS MERCU BUANA**

2025

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Karya Ilmiah/Laporan Tugas Akhir/Skripsi pada BAB I, BAB II, BAB III, BAB IV dan BAB V atas nama:

Nama : **Sultan Suhada**
NIM : **55423110004**
Program Studi : **Magister Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Pengoptimalan Estimasi State of Charge pada Baterai Kendaraan Listrik Menggunakan Konsumsi Daya Berdasarkan Metode Equivalent Circuit Model dan Grey Wolf Optimizer**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Senin, 21 Juli 2025** dengan hasil presentase sebesar **10 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.
Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 21 Juli 2025

Administrator Turnitin,



Itmam Haidi Syarif

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan dengan sebenar – benarnya bahwa semua pernyataan dalam Tesis ini:

Judul : Pengoptimalan Estimasi *State Of Charge* Pada Baterai Kendaraan Listrik Menggunakan Konsumsi Daya Berdasarkan Metode *Equivalent Circuit Model* dan *Grey Wolf Optimizer*

Nama : Sultan Suhada

NIM : 55423110004

Program Studi : Magister Teknik Elektro

Tanggal : 16 Maret 2025

Merupakan hasil studi Pustaka, penelitian lapangan, dan karya saya sendiri dengan bimbingan Dosen Pembimbing yang ditetapkan dengan Surat Keputusan Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro, Universitas Mercu Buana.

Karya ilmiah ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar Magister pada program sejenis di perguruan tinggi lain. Semua informasi, data, dan hasil pengelolahannya yang digunakan telah dinyatakan secara jelas sumbernya dan dapat diperiksa kebenarannya.

Jakarta, 16 Maret 2025



Sultan Suhada
55423110004

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tesis ini diajukan oleh:

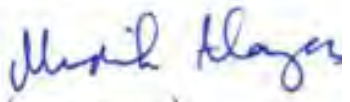
Nama : Sultan Suhada
NIM : 55423110004
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Proposal Tesis : Pengoptimalan Estimasi *State Of Charge* Pada Baterai
Kendaraan Listrik Menggunakan Konsumsi Daya
Berdasarkan Metode *Equivalent Circuit Model* dan *Grey Wolf Optimizer*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Satriata 2 pada Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik/ Program Pascasarjana, Universitas Mercu Buana

Disahkan oleh:

Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M. Eng., SMEEE (.....) 
NIDN : 0327027002

Ketua Penguji : Prof. Dr. -Ing. Mudrik Alaydrus, IPU
NIDN : 0311057101


(.....)

Anggota Penguji : Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanoto, ST., MT., IPU,
Asean-Eng., APEC-Eng
NIDN : 0312118206

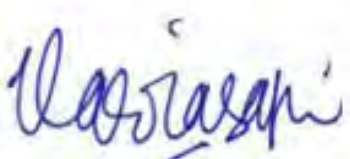

(.....)

Jakarta, 17 Juli 2025

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

Ketua Program Studi


(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T)


(Prof. Dr. Ir. Setiyo Budiyanoto, ST., MT.,
IPU., Asean-Eng., APEC-Eng)

ABSTRAK

Peningkatan kinerja Sistem Manajemen Baterai (*Battery Management System/BMS*) dalam menentukan *State of Charge* (SoC) sangat penting untuk mencegah over charging dan over discharging. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem manajemen baterai pada bagian *State of Charge* saat baterai dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti umur baterai yang sudah lama atau gangguan eksternal pada rangkaian *output*. Penelitian ini membahas penurunan kapasitas baterai berdasarkan konsumsi daya per detik menggunakan metode *Equivalent Circuit Model* (ECM) serta optimasi dengan algoritma *Grey Wolf Optimizer* (GWO) selama 600 detik dan 3600 detik. Tiga model dibandingkan: SoC aktual, estimasi SoC metode ECM, dan estimasi SoC metode ECM dan GWO. Pada durasi 600 detik, ECM memberikan error 0,08% dengan akurasi 93,36% terhadap SoC aktual. Setelah optimasi menggunakan GWO, error turun menjadi 0% dengan akurasi 100%. Pada durasi 3600 detik, ECM menunjukkan error 1,15% dan akurasi 63,77%, sementara GWO menurunkan error menjadi 0,04% dengan akurasi 99,95%. Melalui kombinasi ECM sebagai metode monitoring dan GWO sebagai metode optimasi adaptif, sistem manajemen baterai mampu mempertahankan akurasi estimasi SoC meskipun terjadi penyimpangan akibat faktor massa pemakaian. Penelitian ini berhasil menggambarkan kondisi baterai yang menyimpang dari kondisi aktual, namun dapat dikembalikan ke kondisi optimal dengan optimasi yang lebih unggul dibandingkan penelitian sebelumnya.

Kata kunci: *Battery Management System, Equivalent Circuit Model, Grey Wolf Optimizer, Kapasitas baterai, State of Charge*

ABSTRACT

Improving the performance of the Battery Management System (BMS) in determining the State of Charge (SOC) is very important to prevent over charging and over discharged. Therefore, this study aims to optimize the battery management system in the State of Charge section when the battery is influenced by various factors, such as a long battery life or external disorders in the output circuit. This study discusses a decrease in battery capacity based on power consumption per second using the Equivalent Circuit Model (ECM) method as well as optimization with the Gray Wolf Optimizer (GWO) algorithm for 600 seconds and 3600 seconds. Three models compared to: actual SOC, ECM SOC estimation, and ECM and GWO SOC estimates. In the duration of 600 seconds, ECM gave an error of 0.08% with an accuracy of 93.36% to the actual SOC. After optimization using GWO, the error dropped to 0% with 100% accuracy. In the duration of 3600 seconds, ECM showed an error of 1.15% and accuracy 63.77%, while GWO decreased error to 0.04% with an accuracy of 99.95%. Through the combination of ECM as a method of monitoring and GWO as a method of adaptive optimization, the battery management system is able to maintain the accuracy of the SOC estimation despite deviations due to mass of use. This study succeeded in describing the condition of the battery that deviated from the actual condition, but can be returned to optimal conditions with superior optimization compared to previous research..

Keywords: *Battery Capacity, Battery Management System, Equivalent Circuit Model, Gray Wolf Optimizer, State of Charge*

KATA PENGANTAR

Pertama-tama saya panjatkan puji syukur kehadiran ALLAH SWT, karena hanya atas anugerahnya proposal tesis dengan judul “Pengoptimalan Estimasi *State Of Charge* Pada Baterai Kendaraan Listrik Menggunakan Konsumsi Daya Berdasarkan Metode *Equivalent Circuit Model* dan *Grey Wolf Optimizer*” dapat diselesaikan.

Dalam penyusunan proposal ini, saya pribadi banyak mendapat masukan dan bimbingan dari berbagai pihak. Jadi, pada kesempatan yang baik ini, izinkan saya mengucapkan terima kasih secara pribadi:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Ardiansyah, M.Eng., SMEEE. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Prof. Dr. Ir Setiyo Budiyo, ST., MT., IPU., Asean-Eng., APEC-Eng. selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Prof. Dr. Andi Ardiansyah, M.Eng., SMEEE. selaku Dosen Pembimbing Program Studi Megister Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana.
4. Orang tua yang selalu memberikan semangat dan doa dalam kelancaran penyusunan laporan proposal tesis ini.
5. Teman-teman Mahasiswa Megister Teknik Elektro Universitas Mercu Buana yang telah memberikan semangat dan doa dalam kelancaran penyusunan laporan proposal tesis ini. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat kepada kita semua yang telah membantu pelaksanaan dan penyelesaian tesis ini.

Jakarta, 16 Maret 2025



SULTAN SUHADA
NIM: 55423110004

DAFTAR ISI

COVER HALAMAN.....	i
SURAT KETERANGAN HASIL <i>SIMILARITY</i>	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Masalah.....	5
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II STUDI LITERATUR	7
2.1 <i>Previous Work</i> / Tinjauan Pustaka.....	7
2.2 <i>Battery Management System (BMS)</i>	9
2.3 <i>State of Charge</i>	11
2.4 <i>Grey Wolf Optimizer</i>	12
2.5 <i>Equivalent Circuit Model (ECM)</i>	15
2.6 RMSE.....	17

2.7	<i>R Squared (R²)</i>	18
2.8	MAE.....	19
2.9	<i>Relative Error</i>	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		21
3.1	Desain Penelitian.....	23
3.1.1	Metode.....	23
3.1.2	Model	25
3.1.3	<i>Blok Diagram</i>	28
3.1.4	<i>Flowchart</i>	31
3.2	Subyek/Obyek Penelitian	34
3.3	Data	35
3.3.1	Proses	35
3.3.2	Variabel	36
3.3.3	Analisa.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Hasil Penelitian	40
4.1.1	Hasil pengujian dengan waktu 10 menit atau 600 detik	41
4.1.2	Hasil pengujian dengan waktu 1 jam atau 3600 detik.....	58
4.2	Analisa Hasil	76
4.3	Diskusi dan Komparasi	84
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran.....	87
DAFTAR PUSTAKA		89
DAFTAR LAMPIRAN		97

Lampiran 1. Data Sheets.	97
Lampiran 2. Coding / Pemograman	98



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram umum sistem kerja BMS.	10
Gambar 2.2 Ilustrasi BMS.	10
Gambar 2.3 Ilustrasi SoC.	12
Gambar 2.4 Ilustrasi algoritma GWO.	15
Gambar 2.5 Ilustrasi rangkaian ECM.....	17
Gambar 3.1 Flowchart usulan metodologi penelitian yang ditawarkan.....	21
Gambar 3.2 Contoh model dalam bentuk grafik.	28
Gambar 3.3 Diagram blok kendali sistem kerja penelitian.	28
Gambar 3.4 Flowchart optimasi.....	32
Gambar 3.5 Alat ukur digital multimeter tester dan digital thermometer infrared sensor.....	36
Gambar 3.6 Baterai pada sepeda listrik.....	36
Gambar 3.7 Sepeda listrik di penelitian ini.	36
Gambar 4.1 Perbandingan nilai daya untuk setiap model (600 detik).....	41
Gambar 4.2 Hasil Pengujian pertama dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	43
Gambar 4.3 Hasil keseluruhan pengujian pertama dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	43
Gambar 4.4 Hasil Pengujian kedua dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).	44
Gambar 4.5 Hasil keseluruhan pengujian kedua dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	45

Gambar 4.6 Hasil Pengujian ketiga dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).	46
Gambar 4.7 Hasil keseluruhan pengujian ketiga dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.	46
Gambar 4.8 Hasil Pengujian keempat dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).	47
Gambar 4.9 Hasil keseluruhan pengujian keempat dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.	48
Gambar 4.10 Hasil Pengujian kelima dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).	49
Gambar 4.11 Hasil keseluruhan pengujian kelima dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.	49
Gambar 4.12 Hasil Pengujian keenam dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).	50
Gambar 4.13 Hasil keseluruhan pengujian keenam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.	51
Gambar 4.14 Hasil Pengujian ketujuh dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan	

Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	52
Gambar 4.15 Hasil keseluruhan pengujian ketujuh dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	52
Gambar 4.16 Hasil Pengujian kedelapan dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	53
Gambar 4.17 Hasil keseluruhan pengujian kedelapan dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	54
Gambar 4.18 Hasil Pengujian kesembilan dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	55
Gambar 4.19 Hasil keseluruhan pengujian kesembilan dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	55
Gambar 4.20 Hasil Pengujian kesepuluh dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	56
Gambar 4.21 Hasil keseluruhan pengujian kesepuluh dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	57
Gambar 4.22 Perbandingan nilai daya untuk setiap model (3600 detik).	58
Gambar 4.23 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	60

Gambar 4.24 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	60
Gambar 4.25 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	61
Gambar 4.26 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	62
Gambar 4.27 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	63
Gambar 4.28 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	63
Gambar 4.29 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	64
Gambar 4.30 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	65
Gambar 4.31 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	66
Gambar 4.32 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	66

Gambar 4.33 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	67
Gambar 4.34 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	68
Gambar 4.35 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	69
Gambar 4.36 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	69
Gambar 4.37 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	70
Gambar 4.38 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	71
Gambar 4.39 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	72
Gambar 4.40 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	72
Gambar 4.41 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan	

Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	73
Gambar 4.42 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	74
Gambar 4.43 Hasil Pengujian kesebelas dalam bentuk model grafik: (a) Grafik pencarian parameter arus selama 1000 kali iterasi; (b) Grafik pencarian parameter suhu terbaik selama 1000 kali iterasi; (c) Grafik perbandingan daya Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal); (d) Grafik perbandingan SoC Aktual dan Estimasi (ECM dan Optimal).....	75
Gambar 4.44 Hasil Keseluruhan pengujian kesebelas dengan durasi waktu 1 jam dalam bentuk persentase perbandingan di Command Window.....	75



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Previous Work.	7
Tabel 3.1 Data pengukuran baterai EV.....	37
Tabel 4.1 Hasil Keseluruhan Pengujian Perbandingan SoC aktual dengan Estimasi SoC yang optimal dalam kurun waktu 600 detik.....	57
Tabel 4.2 Hasil Keseluruhan Pengujian Perbandingan SoC Aktual dengan Estimasi SoC yang Optimal dalam Kurun Waktu 3600 detik.....	76
Tabel 4.3 Komparasi usulan dengan penelitian terdahulu.	84



DAFTAR SINGKATAN

A	= <i>Ampere</i>
Ah	= <i>Ampere Hours</i>
BMS	= <i>Battery Management System</i>
EKF	= <i>Extended Kalman Filter</i>
EV	= <i>Electric Vehicle</i>
GA	= <i>Genetic Algorithm</i>
GWO	= <i>Grey Wolf Optimizer</i>
HKF	= <i>Hybrid Kalman Filter</i>
MAE	= <i>Mean Absolute Error</i>
OCV	= <i>Open Circuit Voltage</i>
RMSE	= <i>Root Mean Square Error</i>
SoC	= <i>State of Charge</i>
T	= <i>Temperature</i>
t	= <i>time</i>
UKF	= <i>Uncented Kalman Filter</i>
V	= <i>Volt</i>

