



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

SKRIPSI

**PENGARUH PERAWATAN
BATERAI LITHIUM ION 72V 20AH
MELALUI PENYEIMBANGAN
TEGANGAN SEL TERHADAP
KAPASITAS EFEKTIF**

**TOMI TRI ADI PAMUNGKAS
NIM 20241330010**

**DOSEN PEMBIMBING :
REYNANDA BAGUS A., S.T.,M.T.
WINARNO S.T.,M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK
ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

SKRIPSI

**PENGARUH PERAWATAN
BATERAI LITHIUM ION 72V 20AH
MELALUI PENYEIMBANGAN
TEGANGAN SEL TERHADAP
KAPASITAS EFEKTIF**

**TOMI TRI ADI PAMUNGKAS
NIM 20241330010**

**DOSEN PEMBIMBING :
REYNANDA BAGUS A., S.T.,M.T.
WINARNO S.T.,M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK
ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**



UMSURA
Universitas Muhammadiyah Surabaya

THESIS

THE EFFECT OF LITHIUM ION 72V 20AH BATTERY MAINTENANCE THROUGH CELL VOLTAGE BALANCING ON EFFECTIVE CAPACITY

**TOMI TRI ADI PAMUNGKAS
NIM 20241330010**

**DOSEN PEMBIMBING :
REYNANDA BAGUS A., S.T.,M.T.
WINARNO S.T.,M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK
ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS
MUHAMMADIYAH SURABAYA
2026**

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI

**PENGARUH PERAWATAN BATERAI LITHIUM ION 72V
20AH MELALUI PENYEIMBANGAN TEGANGAN SEL
TERHADAP KAPASITAS EFEKTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana
Teknik
pada
Bidang Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Oleh:

TOMI TRI ADI PAMUNGKAS
NIM 20241330010

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T.
2. Winarno, S.T., M.T.

()
()

SURABAYA
JANUARI, 2026

LEMBAR PENGUJI SKRIPSI

**PENGARUH PERAWATAN BATERAI LITHIUM ION 72V
20AH MELALUI PENYEIMBANGAN TEGANGAN SEL
TERHADAP KAPASITAS EFEKTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Teknik Elektro

Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surabaya

Oleh :

TOMI TRI ADI PAMUNGKAS

NIM 20241330010

Dosen Penguji

Tanda Tangan

1. Reynanda Bagus Widyo Astomo, ST., MT

2. Rudi Irmawanto, S.T., M.T.

3. Winarno, S.T., M.T.



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**PENGARUH PERAWATAN BATERAI LITHIUM ION 72V
20AH MELALUI PENYEIMBANGAN TEGANGAN SEL
TERHADAP KAPASITAS EFEKTIF**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surabaya

Oleh :

TOMI TRI ADI PAMUNGKAS
NIM 20241330010



Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Disetujui oleh,
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ir. Vippy Dharmawan, M.Ars.
NIDN. 07.2509.6402

Dr. Indah Kurniawati, S.T., M.T.
NIDN. 001.606.8101

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tomi Tri Adi Pamungkas
NIM : 20241330010
Program Studi : S1 Teknik Elektro
Judul Skripsi : Pengaruh Perawatan Baterai Lithium Ion 72v 20ah
Melalui Penyeimbangan Tegangan Sel Terhadap
Kapasitas Efektif

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan skripsi ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, dan pemaparan asli dari peneliti sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan penelitian yang tercantum sebagai bagian dari skripsi ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini peneliti buat dengan sebenarnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Surabaya, 27 Januari 2026
Yang membuat pernyataan,



Tomi Tri Adi Pamungkas
NIM 20241330010

PENGARUH PERAWATAN BATERAI LITHIUM ION 72V 20AH MELALUI PENYEIMBANGAN TEGANGAN SEL TERHADAP KAPASITAS EFEKTIF

Nama Mahasiswa : Tomi Tri Adi Pamungkas
NIM : 20241330010
Jurusan : Teknik Elektro FT-UMSurabaya
Dosen Pembimbing : Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T.

ABSTRAK

Transisi energi dari bahan bakar fosil menuju energi terbarukan menjadi salah satu prioritas pemerintah dalam upaya menurunkan emisi gas rumah kaca dan mendukung pembangunan berkelanjutan. Kendaraan bermotor listrik berbasis baterai merupakan salah satu solusi strategis untuk mencapai tujuan tersebut. Salah satu kendaraan listrik nasional yang telah dikembangkan adalah Gesits, yang menggunakan baterai *lithium-ion* 72V 20Ah sebagai sumber energi utama. Namun, seiring bertambahnya masa pemakaian baterai dan siklus pengisian serta pengosongan (*charging–discharging*) lebih dari 3 (tiga) tahun, baterai mengalami ketidakseimbangan tegangan antar sel yang berdampak pada penurunan kapasitas efektif, energi baterai, dan jarak tempuh kendaraan.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penyeimbangan tegangan sel menggunakan *active balancer* “*Neey*” dengan metode *flying capacitor* terhadap performa baterai *lithium-ion* 72V 20Ah dan jarak tempuh kendaraan listrik Gesits. Metode penelitian dilakukan melalui pengujian baterai sebelum dan sesudah penyeimbangan tegangan sel. Parameter yang dianalisis meliputi diferensial tegangan antar sel, tegangan total baterai, kapasitas baterai, energi efektif, efisiensi kapasitas, serta jarak tempuh kendaraan pada kondisi beban standar.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses penyeimbangan tegangan sel mampu menurunkan diferensial tegangan antar sel dari 0,038 volt menjadi 0,005 volt, serta meningkatkan tegangan total baterai dari 82,4 volt menjadi 82,8 volt. Penurunan diferensial tegangan ini memungkinkan setiap sel bekerja secara lebih merata selama proses pengisian dan pengurusan. Selain itu, kapasitas pengisian baterai meningkat dari 15,6 Ah menjadi 17,2 Ah, dan energi efektif baterai mengalami peningkatan dari 88,3% menjadi 93,1%. Efisiensi kapasitas baterai juga meningkat dari 93,5% menjadi 98,8%, yang

menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas naik 5,3% setelah dilakukan penyeimbangan tegangan sel.

Peningkatan kinerja baterai tersebut berdampak langsung terhadap jarak tempuh kendaraan, yang meningkat dari 41,9 km menjadi 49,3 km atau sebesar 17,7%, serta mendekati spesifikasi pabrikan sebesar 98,6% dari jarak tempuh nominal 50 km. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa penyeimbangan tegangan sel menggunakan *active balancer* efektif dalam meningkatkan performa baterai *lithium-ion* 72V 20Ah dan jarak tempuh kendaraan listrik.

Kata kunci: baterai *lithium-ion* 72V 20Ah, penyeimbangan tegangan sel, *active balancer*, kapasitas efektif dan jarak tempuh kendaraan listrik.

THE EFFECT OF LITHIUM ION 72V 20AH BATTERY MAINTENANCE THROUGH CELL VOLTAGE BALANCING ON EFFECTIVE CAPACITY

Student Name : Tomi Tri Adi Pamungkas
NIM : 20241330010
Department : Electrical Engineering, Faculty of Engineering
Muhammadiyah University of Surabaya
Advisor : Reynanda Bagus Widyo Astomo, S.T., M.T.

Abstract

The energy transition from fossil fuels to renewable energy becomes one of government's priorities in reducing greenhouse gas emissions and supporting sustainable development. Battery-based electric motor vehicles are a strategic solution to achieve this goal. One of the national electric vehicles that has been developed is the Gesits, which used a 72V 20Ah lithium-ion battery as its primary energy source. However, as battery life increased and charging and discharging cycles exceed three years, the battery experiences an imbalance in inter-cell voltage, which reduced its effective capacity, battery energy, and vehicle range.

This study aimed to analyze the effect of cell voltage balancing using the "Neey" active balancer with the flying capacitor method on the performance of a 72V 20Ah lithium-ion battery and the range of the Gesits electric vehicle. The research method involved testing the battery before and after cell voltage balancing. Parameters analyzed included inter-cell voltage differential, total battery voltage, battery capacity, effective energy, capacity efficiency, and vehicle range under standard load conditions.

The test results showed that the cell voltage balancing process reduced the inter-cell voltage differential from 0.038 volts to 0.005 volts and increased the total battery voltage from 82.4 volts to 82.8 volts. This reduction in voltage differential allowed each cell to operate more evenly during charging and discharging. Furthermore, the battery's charging capacity increased from 15.6 Ah to 17.2 Ah, and its effective energy increased from 88.3% to 93.1%. Battery capacity efficiency also increased from 93.5% to 98.8%, indicating a 5.3% increase in capacity after cell voltage balancing.

This improvement in battery performance directly impacted vehicle range, which increased from 41.9 km to 49.3 km which resulted 17.7%, and approached the manufacturer's specification of 98.6% of the nominal range of 50 km. The results of this study demonstrated that cell voltage balancing

using an active balancer is effective in improving the performance of a 72V 20Ah lithium-ion battery and the range of electric vehicles.

Keywords: *a 72V 20Ah lithium-ion battery, cell voltage balancing, active balancer, effective capacity, and electric vehicle range*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Penyeimbangan Tegangan Sel Baterai Lithium-Ion 72V 20Ah terhadap Kapasitas Efektif dan Jarak Tempuh Kendaraan Listrik Gesits”. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Mundakir, S.Kep., Ns., M.Kep. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Surabaya.
2. Bapak Ir. Vippy Dharmawan, M. Ars, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surabaya.
3. Ibu Dr. Indah Kurniawati, ST., MT. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya.
4. Bapak Reynanda Bagus Widyo A, ST., MT. dan Bapak Winarno, ST., MT. selaku dosen pembimbing skripsi yang selalu bersedia berdiskusi untuk bimbingan hingga penulis menyelesaikan skripsi ini.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen yang telah membekali ilmu kepada penulis saat menuntut ilmu di Universitas Muhammadiyah Surabaya.
6. Orang tua, istri dan anak tercinta yang selalu mendukung dan mendoakan selama perkuliahan dan penyusunan skripsi.
7. Seluruh teman – teman Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surabaya yang mendukung dan membantu satu sama lain.

Semoga Allah SWT selalu memberikan perlindungan, rahmat dan nikmat-Nya bagi kita semua. Aamiin.

Surabaya, 27 Januari 2026

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PEMBIMBING SKRIPSI	iii
LEMBAR PENGUJI SKRIPSI.....	iv
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	v
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR TABEL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.2 Baterai Kendaraan Listrik.....	5
2.3 Fungsi Baterai Pada Kendaraan Listrik	7
2.4 Sistem Kerja baterai	8
2.4.1 Proses Pengisian Baterai.....	9
2.4.2 Proses Pengosongan Baterai	12
2.5 Jenis Baterai Kendaraan Listrik.....	13
2.6 Bentuk Fisik Baterai	15
2.7 Pemilihan Jenis Baterai Untuk Kendaraan Listrik.....	16

2.7.1	<i>Density Energi</i>	17
2.7.2	Daya dan Kapasitas	17
2.7.3	Siklus Baterai (<i>life cycle</i>).....	18
2.7.4	Keamanan dan Stabilitas Termal	19
2.7.5	Biaya Produksi dan Perawatan	19
2.8	Konfigurasi Baterai <i>Pack Lithium-Ion</i> 72Volt 20Ah.....	20
2.8.1	Spesifikasi Sel Baterai <i>Lithium-Ion</i>	20
2.8.2	Perhitungan Konfigurasi Baterai 72V 20Ah.....	20
2.9	Penurunan Kinerja Pada Baterai.....	22
2.9.1	Suhu Operasi	23
2.9.2	Tegangan Pengisian dan Pengosongan.....	23
2.9.3	Arus Pengisian dan Pengosongan (<i>C-Rate</i>).....	24
2.9.4	Pengosongan Berlebih (<i>Depth of Discharge – DoD</i>)	24
2.9.5	Ketidakseimbangan Antar Sel	24
2.9.6	Siklus Pemakaian (<i>life cycle</i>).....	25
2.10	<i>Battery Management Sistem</i> (BMS)	25
2.11	Sistem Penyeimbangan Tegangan Baterai.....	26
2.11.1	Penyeimbangan Pasif (<i>Passive Balancing</i>).....	27
2.11.2	Penyeimbangan Aktif (<i>Active Balancing</i>)	27
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		29
3.1	Jadwal Penelitian	29
3.2	Metode Penelitian.....	29
3.3	Bahan dan Peralatan	32
3.3.1	Baterai <i>Lithium-Ion</i> 72V 20Ah Dan <i>Battery Management System</i> (BMS).....	32
3.3.2	Penyeimbang Tegangan Sel <i>Active Balancer “Neey”</i>	33
3.3.3	Alat Ukur PZEM-015	35
3.4	Variabel Penelitian	36

3.4.1	Variabel Bebas.....	36
3.4.2	Variabel Terikat.....	37
3.4.3	Variabel Kontrol.....	37
3.5	Alur Pelaksanaan Penelitian	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		43
4.1	Gambaran Umum Pengujian	43
4.2	Pengukuran Awal Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Sel	43
4.2.1	Hasil Pengukuran Tegangan Tiap Sel Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Sel.....	44
4.2.2	Hasil Pengukuran Tegangan Total dan Kapasitas Baterai Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Sel	47
4.2.3	Hasil Pengukuran Jarak Tempuh Kendaraan Listrik dengan kapasitas Baterai Sebelum Penyeimbangan Tegangan Sel.....	49
4.3	Analisis Kondisi Baterai Sebelum <i>Balancing</i>	50
4.4	Hasil Pengujian Penyeimbangan Tegangan Sel.....	52
4.5	Hasil Pengisian / <i>Charging</i> Baterai Setelah Penyeimbangan Tegangan Sel	57
4.5.1	Hasil Pengukuran Tegangan Total dan Kapasitas Baterai Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Sel.....	60
4.5.2	Hasil Pengukuran Jarak Tempuh Kendaraan Listrik dengan kapasitas Baterai Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Sel.....	62
4.6	Analisis Pengaruh <i>Balancing</i> terhadap Kapasitas Efektif.....	63
4.7	Analisis Energi dan Efisiensi Baterai	64
4.8	Pengaruh <i>Balancing</i> Terhadap Jarak Tempuh Kendaraan	65
4.9	Tabel Perbandingan Hasil Pengujian Sebelum dan Sesudah <i>Balancing</i>	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran.....	70

DAFTAR PUSTAKA	71
LAMPIRAN.....	73
BIODATA PENULIS.....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Baterai 72V 20Ah.....	6
Gambar 2.2	Kendaraan Listrik Gesits	7
Gambar 2.3	Proses Pengisian dan Pengosongan Dalam Baterai	8
Gambar 2.4	Diagram Kerja Kendaraan Bermotor Listrik	9
Gambar 2.5	Perangkat <i>Charger</i>	10
Gambar 2.6	Proses Pengisian Dalam Baterai	11
Gambar 2.7	Proses Pengurasan Dalam Baterai	13
Gambar 2.8	Baterai <i>SLA</i>	14
Gambar 2.9	Baterai <i>NiMH</i>	14
Gambar 2.10	Baterai <i>Lithium-Ion</i>	15
Gambar 2.11	Baterai <i>Solid State</i>	15
Gambar 2.12	Perhitungan Tegangan & Kapasitas Rangkaian Seri	21
Gambar 2.13	Perhitungan Tegangan & Kapasitas Rangkaian Pararel	22
Gambar 2.14	Baterai Pack 20S4P 72V 20Ah.....	22
Gambar 2.15	Perbedaan Kapasitas Baterai	23
Gambar 2.16	<i>Battery Management System</i> (BMS)	26
Gambar 3.1	Baterai dan <i>Battery Management System</i> (BMS) Pada Baterai Kendaraan Gesits	33
Gambar 3. 2	Diagram Blok Baterai dan <i>Battery Management System</i> (BMS)	33
Gambar 3.3	Penyeimbangan Tegangan Sel <i>Aktive Balancer</i>	34
Gambar 3.4	Alat Ukur PZEM-015.....	35
Gambar 3.5	Pemasangan Alat Ukur PZEM-015	36
Gambar 3. 6	Diagram Alur Percobaan	38
Gambar 4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Tiap Sel Sebelum Penyeimbangan Tegangan	45
Gambar 4.2	Nilai Tegangan Tiap Sel Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan Saat Kondisi Baterai Penuh.....	47
Gambar 4.3	Nilai Tegangan Total Baterai Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan.....	48
Gambar 4.4	Nilai Pengukuran Kapasitas Baterai Sebelum Penyeimbangan Tegangan	49
Gambar 4.5	Hasil Jarak Tempuh Kendaraan dengan Kapasitas Baterai Sebelum Dilakukan Penyeimbangan Tegangan.....	49
Gambar 4.6	Diagram Blok Penyambungan <i>Active Balancer</i>	52
Gambar 4.7	Penyambungan Sel-Sel Baterai Dengan <i>Active Balancer</i>	53

Gambar 4.8	Tampilan Awal Aplikasi <i>Neey</i> yang Terhubung Dengan <i>Smart Phone</i> Saat Proses Penyeimbangan Tegangan Sel.....	54
Gambar 4. 9	Tampilan Akhir aplikasi <i>Neey</i> yang Terhubung Dengan <i>Smart Phone</i> Saat Selesai Proses Penyeimbangan Tegangan Sel...	55
Gambar 4.10	Grafik Perbandingan Hasil Tegangan.....	56
Gambar 4.11	Hasil Pengisian Baterai Mengalami kenaikan Tegangan Tiap Sel Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan.....	59
Gambar 4.12	Nilai Tegangan Tiap Sel Setelah Pengisian / <i>Charging</i> Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan.....	60
Gambar 4.13	Nilai Tegangan Total Baterai Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan	61
Gambar 4. 14	Nilai Kapasitas Baterai Setelah Penyeimbangan Tegangan Sel Saat Kondisi Baterai Penuh dan Kondisi Baterai Kosong ...	62
Gambar 4.15	Hasil Jarak Tempuh Kendaraan dengan Kapasitas Baterai Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan	62
Gambar 4.16	Grafik Perbandingan Kapasitas Baterai Sebelum dan Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan.....	63
Gambar 4.17	Grafik Perbandingan Energi Baterai Sebelum dan Setelah Penyeimbang Tegangan	65
Gambar 4.18	Grafik Perbandingan Jarak Tempuh Kendaraan Sebelum dan Setelah Dilakukan Penyeimbangan Tegangan	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi sel model 21700	20
Tabel 3.1	Jadwal kegiatan Penelitian	29
Tabel 3.2	Skema Pengukuran Data	30
Tabel 4.1	Hasil Pengukuran Tegangan Sel Kondisi Baterai Penuh dan Kondisi Baterai Kosong	44
Tabel 4.2	Hasil Pengujian Penyeimbangan Tegangan Sel	55
Tabel 4.3	Hasil Pengisian Baterai Setelah Penyeimbangan Tegangan Sel	58
Tabel 4.4	Perbandingan Kinerja Baterai Sebelum dan Sesudah Penyeimbangan Tegangan Sel.....	67