



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**OPTIMASI DESAIN RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK
DENGAN METODE SIMULASI STATIS DAN DINAMIS**

PROYEK AKHIR

Oleh :

Lela Nur Ellysa

40040221650021

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK
SEKOLAH VOKASI UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SEMARANG
NOVEMBER 2025**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Proyek Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang
dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Lela Nur Ellysa
NIM : 40040221650021
Tanda Tangan : 
Tanggal : 29 Agustus 2025

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PRODI REKAYASA PERANCANGAN MEKANIK

Jalan Hayam Wuruk No. 54
Pekunden, Semarang, Kode Pos 50261
Telepon/Faksimili (024) 8216323
Laman: <http://www.unidy.ac.id>
Email: rua.unidy@unidy.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 487/PA/RPM/VII/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Lela Nur Ellysa
NIM : 40040221650021
Judul Proyek Akhir : Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik
dengan Metode Simulasi Statis dan Dinamis
Dosen Pembimbing I : Sunastro S.T., M.T.
NIP : 198909232018031001

Isi Tugas:

1. Mencari nilai tegangan dan defleksi maksimal rangka sepeda motor listrik pada kondisi pembebanan statis.
2. Mencari grafik nilai *life cycle* rangka sepeda motor listrik yang dihasilkan pada pembebanan dinamis
3. Mencari nilai tegangan hasil simulasi pada salah satu titik kritis yang ada pada rangka sepeda motor listrik

Demikian agar diselesaikan selama-lamanya 6 bulan terhitung sejak diberikan tugas ini dan diwajibkan konsultasi sedikitnya 12 kali demi kelancaran penyelesaian tugas.

Semarang, 14 Juli 2025
Ketua Program Studi,
S.Ter. Rekayasa Perancangan Mekanik

Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

Tembusan:

1. Ketua Prodi
2. Bagian pengajaran
3. Mahasiswa ybs

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Lela Nur Ellysa
NIM : 40040221650021
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“ Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Dengan Metode Simulasi Statis Dan Dinamis”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan memublikasikan proyek akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : 4 November 2025

Yang menyatakan



Lela Nur Ellysa
40040221650021

MOTTO

"Pendidikan adalah senjata paling kuat yang bisa digunakan untuk mengubah dunia." - Nelson Mandela

"Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali." - HR Tirmidzi

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Lela Nur Ellysa
Nim : 40040221650021
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Dengan
Metode Simulasi Statis Dan Dinamis

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing : Susastro, S.T., M.T.
Penguji I : Susastro, S.T., M.T. ()
Penguji II : Prof. Dr. Eng. Munadi S.T., M.T. ()
Penguji III : Bambang Setyoko, S. T., M. Eng. ()

Semarang, 21 November 2025
Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.
NIP. 197609152003122001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada kita semua sehingga Proposal Proyek Akhir dengan judul“ OPTIMASI DESAIN RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK DENGAN METODE SIMULASI STATIS DAN DINAMIS”, dapat selesai dengan baik. Proposal ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan yaitu Proyek Akhir yang merupakan salah satu mata kuliah wajib di Fakultas Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro. Penulis menyadari dalam penyusunan proyek akhir ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Karena itu pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Bapak Susastro, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan proyek akhir ini.
3. Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam penyelesaian penulisan proposal proyek akhir ini
4. Seluruh dosen pengajar, staff, dan karyawan Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
5. Teman-teman Rekayasa Perancangan Mekanik angkatan 2021 yang selalu memberikan dukungan dan motivasi dalam proses penyusunan proposal proyek akhir.

Meskipun demikian, penulis menyadari proposal proyek akhir ini tidak luput dari berbagai kekurangan. Penulis mengharapkan saran dan kritik sehingga proyek akhir ini dapat memberikan manfaat bagi bidang pendidikan serta bisa dikembangkan lagi lebih lanjut.

Semarang, 17 Agustus 2025



Tim Penyusun

ABSTRAK

OPTIMASI DESAIN RANGKA SEPEDA MOTOR LISTRIK DENGAN METODE SIMULASI STATIS DAN DINAMIS

Kebutuhan akan motor listrik yang efisien mendorong pengembangan rangka yang ringan namun memiliki kekuatan struktural tinggi. Studi ini menerapkan Finite Element Analysis (FEA) untuk mengevaluasi dan mengoptimasi rangka sepeda motor listrik melalui simulasi statis dan dinamis. Simulasi statis dilakukan dengan pembebanan terpusat ekuivalen sebesar 180 kg untuk memperoleh parameter tegangan *Von Mises*, deformasi total, *fatigue life*, dan *safety factor*. Analisis dinamis dilakukan pada kondisi deselerasi untuk memodelkan kontribusi gaya inersia terhadap distribusi tegangan. Material rangka dimodelkan menggunakan sifat mekanik AISI 4130 Steel. Validasi dilakukan melalui perbandingan hasil FEA dengan perhitungan analitik pada titik yang telah ditentukan, menghasilkan nilai error 4,94%. Hasil simulasi statis menunjukkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 368,99 Mpa dan nilai *safety factor* minimum 1,2466 pada titik kritis yang berada pada sambungan antara arm belakang dengan rangka utama, deformasi maksimum 4,0247 mm yang berada jok penumpang, serta nilai *fatigue life* minimum sebesar 10.000.000 siklus, yang mengindikasikan desain rangka berada pada batas aman. Sebaliknya, pada simulasi dinamis diperoleh peningkatan signifikan pada tegangan *von mises* hingga 547 Mpa, nilai deformasi maksimal 2,239 mm, dan *safety factor* minimum 0,841 titik kritis ini berada pada jok penumpang, yang menunjukkan potensi kegagalan struktural pada skenario deselerasi. Optimasi desain dilakukan dengan memodifikasi titik kritis tadi dengan penambahan *fillet* las sebesar 3 mm, penambahan kemiringan arm sebesar 10° ke atas, penambahan tebal plat sebesar 4 mm di rangka utama, dan tebal plat sebesar 1,5 mm di bagian jok penumpang, berdasarkan parameter tegangan dan *safety factor*. Hasil optimasi menunjukkan penurunan tegangan *von mises* maksimum dari 547 MPa menjadi 191,37 MPa serta peningkatan *safety factor* minimum dari 0,841 menjadi 2,4038. Dengan demikian, pendekatan optimasi berbasis FEA terbukti efektif dalam meningkatkan ketahanan struktural rangka motor listrik.

Kata Kunci : FEA, tegangan, deformasi, *safety factor*.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF ELECTRIC MOTORCYCLE FRAME DESIGN USING STATIC AND DYNAMIC SIMULATION METHODS

The need for efficient electric motorcycles drives the development of lightweight frames with high structural strength. This study applies Finite Element Analysis (FEA) to evaluate and optimize electric motorcycle frames through static and dynamic simulations. Static simulations were performed with an equivalent concentrated load of 180 kg to obtain Von Mises stress parameters, total deformation, fatigue life, and safety factor. Dynamic analysis was performed under deceleration conditions to model the contribution of inertial forces to stress distribution. The frame material was modeled using the mechanical properties of AISI 4130 Steel. Validation was performed by comparing the FEA results with analytical calculations at predetermined points, resulting in an error value of 4.94%. The static simulation results showed a maximum von mises stress of 368.99 MPa and a minimum safety factor value of 1.2466 at the critical point located at the connection between the rear arm and the main frame, a maximum deformation of 4.0247 mm located at the passenger seat, and a minimum fatigue life value of 10,000,000 cycles, which indicates the frame design is within the safe limit. On the other hand, the dynamic simulation obtained a significant increase in von mises stress up to 547 MPa, a maximum deformation value of 2.239 mm, and a minimum safety factor of 0.841. This critical point is located on the passenger seat, which indicates the potential for structural failure in the deceleration scenario. Design optimization was carried out by modifying the critical point by adding a weld fillet of 3 mm, increasing the arm tilt by 10° upwards, adding a plate thickness of 4 mm in the main frame, and a plate thickness of 1.5 mm in the passenger seat, based on stress parameters and safety factors. The optimization results showed a decrease in the maximum von mises stress from 547 MPa to 191.37 MPa and an increase in the minimum safety factor from 0.841 to 2.4038. Thus, the FEA-based optimization approach proved effective in increasing the structural resilience of the electric motorcycle frame.

Keywords: FEA, stress, deformation, safety factor.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
SURAT TUGAS.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	iv
MOTTO.....	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	19
1.1 Latar Belakang.....	19
1.2 Rumusan Masalah	23
1.3 Batasan Masalah.....	23
1.4 Tujuan Proyek Akhir	24
1.5 Luaran Proyek Akhir	24
1.6 Sistematika Laporan Akhir	25

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	27
2.1 Dasar Teori	27
2.1.1 Sepeda Motor Listrik.....	27
2.1.2 Tegangan Pada Rangka Sepeda Motor Listrik	28
2.1.3 Pembebanan Pada Rangka Sepeda Motor Listrik	29
2.1.4 Kekuatan Rangka/ <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik.....	30
2.1.5 Pengukuran Tegangan Rangka/ <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik	52
2.1.6 Simulasi Pembebanan Pada Pengukuran Rangka / <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik.....	55
2.1.7 Analisa Konvergensi, <i>Uji grid Independence</i> dan Mesh Quality	57
2.1.8 <i>Free Body Diagram</i>	59
2.1.9 Hukum Newton	62
2.1.10 Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	63
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	66
3.1 Diagram Alir.....	66
3.2 Studi Literatur.....	68
3.3 Identifikasi Masalah	68
3.4 Perhitungan dan Pengambilan Data Distribusi Massa Pengemudi dan Penumpang.....	68
3.5 Menentukan Parameter Serta Letak Boundary Condition Pada Simulasi Ansys Workbench	70

3.6 <i>Running</i> simulasi statis dan dinamis pada beban 180 kg	74
A. <i>Free Body Diagram</i> Pada Rangka Saat Distribusi Beban	75
B. Simulasi Statis Kondisi Tanpa Pengereman	81
C. Simulasi Dinamis Kondisi Pengereman	84
3.7 Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik.....	86
3.8 Simulasi Hasil Optimasi Desain Rangka Motor Listrik.....	86
3.9 Nilai <i>Safety Factor</i>	87
3.10 Pembuatan grafik hasil data simulasi statis dan dinamis	87
3.11 Grafik hasil simulasi statis dan dinamis sebelum dan sesudah optimasi..	88
3.12 Analisa dan Pembahasan Data.....	88
3.13 Variabel Penelitian.....	88
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	91
4.1 Validasi Simulasi <i>Ansys Static Structural</i>	91
4.1.1 Perhitungan Matematis dan Nilai Error.....	91
4.1.2 Uji <i>Grid Independence</i> dan Skewness.....	98
4.2 Simulasi Rangka Sepeda Motor Listrik Menggunakan <i>Ansys Static Structural</i>	100
4.2.1 Simulasi dengan Pembebanan Driver, Penumpang, dan Beban dengan total beban sekitar 180 kg	100
4.3 <i>Mechanical Fatigue</i>	105
4.4 Simulasi Dinamis Kondisi <i>Deselarasi</i>	113

4.4.1 Boundary Condition Deselerasi.....	117
4.4.4 Hasil Simulasi Dinamis Kondisi Deselarasi dengan Pembebanan 180 kg	118
4.8 Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik.....	123
BAB V KESIMPULAN	130
5.1 Kesimpulan.....	130
5.2 Saran	131
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN	xxv
Lampiran 1. Data Pengukuran Distribusi Massa.....	xxv
Lampiran 2. Data Variasi Pembebanan Distribusi Massa	xxv
Lampiran 3. Data Hasil Simulasi Pembebanan	xxvi
Lampiran 4. Data Perhitungan Kondisi Deselerasi	xxvii
Lampiran 5. Gambar Rakitan/ <i>Assembly</i>	xxix

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skewness Mesh Metrics Spectrum.....	58
Tabel 3. 1 Perhitungan distribusi massa pengemudi	70
Tabel 3. 2 Perhitungan distribusi massa penumpang dan beban	70
Tabel 3. 3 Tabel Mechanical Properties AISI 4130 Steel.....	71
Tabel 3. 4 Pembebanan dan Kondisi batas yang diterapkan pada rangka motor listrik untuk melakukan simulasi analisis statis.....	84
Tabel 3. 5 Variabel Penelitian.....	90
Tabel 4. 1 Uji Grid Independence	98
Tabel 4. 2 Uji kualitas skewness pada kondisi statik	99
Tabel 4. 3 Hasil data simulasi rangka sepeda motor listrik.....	104
Tabel 4. 4 Variasi Pembebanan	108
Tabel 4. 5 Distribusi Massa	114
Tabel 4. 6 Nilai Deselerasi pada setiap pembebanan	114
Tabel 4. 7 Variasi Jarak Pengereman (s)	115
Tabel 4. 8 Waktu Pengereman.....	116
Tabel 4. 9 Data Simulasi Kondisi Deselerasi	122
Tabel 4. 10 Data Hasil Optimasi Desain Berdasarkan Pembebanan pada Rangka Sepeda Motor Listrik.....	129
Tabel 4. 11 Data Hasil Optimasi Desain Simulasi Dinamis Kondisi Deselerasi pada Rangka Sepeda Motor Listrik	129

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi sepeda motor listrik yang di simulasikan	27
Gambar 2. 2 Sistem kelistrkan pada sepeda motor listrik.....	28
Gambar 2. 3 Tegangan bengkok.....	36
Gambar 2. 4 Grafik yield point atau batas luluh	40
Gambar 2. 5 Grafik mild steel Sumber : Callister, W. D., & Rethwisch, D. G., 2020	41
Gambar 2. 6 Grafik low and high alloy steels.....	41
Gambar 2. 7 Defleksi balok sederhana	45
Gambar 2. 8 Diagram endurance limit dengan stress life cycle.....	50
Gambar 2. 9 Moment inertia	52
Gambar 2. 10 Rangka/chassis kendaraan roda dua.....	54
Gambar 2. 11 Contoh titik pembebanan pada rangka kendaraan roda tiga.....	55
Gambar 2. 12 <i>Free body diagram</i>	60
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian.....	67
Gambar 3. 2 Fix geometri rangka sepeda motor listrik pada arm dan komstir.....	72
Gambar 3. 3 Pengukuran dimensi secara aktual di viar motor	73
Gambar 3. 4 Force komstir tangan pada pengemudi.....	74
Gambar 3. 5 Force jok pada pengemudi, penumpang dan beban	75
Gambar 3. 6 Force footstep pengemudi, penumpang dan beban	75
Gambar 3. 7 Free body diagram kondisi statis.....	76
Gambar 3. 8 <i>Free body diagram</i> kondisi dinamis.....	80
Gambar 3. 9 Ansys workbench static structural.....	81

Gambar 3. 10 Ansys workbench proses engineering data.....	82
Gambar 3. 11 Ansys workbench proses meshing.....	83
Gambar 4. 1 Hasil Simulasi von mises dengan pembebanan 160 kg.....	92
Gambar 4. 2 Penentuan titik a (node A) dan titik b (node B).....	92
Gambar 4. 3 Node A dan node B.....	93
Gambar 4. 4 Letak node A dan node B	93
Gambar 4. 5 Jarak node A ke pusat gaya	94
Gambar 4. 6 Jarak node B ke pusat gaya	96
Gambar 4. 7 Grafik nilai deformation dan safety factor terhadap jumlah element pada simulasi.....	99
Gambar 4. 8 Max equivalent (von mises) stress pada pembebanan 180 kg	102
Gambar 4. 9 Deformasi pada pembebanan 180 kg	102
Gambar 4. 10 Safety factor pada pembebanan 180 kg.....	103
Gambar 4. 11 Grafik s-n curve baja aisi 4130 eksperimen	105
Gambar 4. 12 Grafik S-N curve baja AISI 4130 experiment dengan S-N curve baja AISI 4130 simulation before and after design optimization	106
Gambar 4. 13 Grafik S-N S-N curve baja AISI 4130 simulation before and after design optimization	106
Gambar 4. 14 Equivalent alternating stress di pembebanan 80 kg	110
Gambar 4. 15 Cycle di pembebanan 80 kg	111
Gambar 4. 16 Equivalent alternating stress di pembebanan 160 kg	111
Gambar 4. 17 Cycle di pembebanan 160 kg	112
Gambar 4. 18 Equivalent alternating stress di pembebanan 180 kg	112

Gambar 4. 19 Cycle di pembebanan 180 kg	113
Gambar 4. 21 Boundary condition kondisi deselerasi	117
Gambar 4. 21 Kondisi deselerasi, equivalent (von mises) stress pada pembebanan 180 kg, 30 km/h	119
Gambar 4. 22 Kondisi deselerasi, total deformation pada pembebanan 180 kg, 30 km/h	120
Gambar 4. 23 Kondisi deselerasi, safety factor pada pembebanan 180 kg, 30 km/h	121
Gambar 4. 24 Menambah lengkungan pada sudut tajam antara dua permukaan sebesar 3 mm.....	123
Gambar 4. 25 Menambah kemiringan sudut bagian arm belakang sebesar 10° ke atas.....	123
Gambar 4. 26 Memperkuat bagian silinder arm belakang penambahan jari-jari tebal plat 4 mm	124
Gambar 4. 27 Penambahan jari-jari tebal plat 3 mm bagian rangka penyangga.	124
Gambar 4. 28 Hasil optimasi desain rangka, nilai equivalent (von mises) stress max kondisi statis 180 kg.....	126
Gambar 4. 29 Hasil optimasi desain rangka, nilai safety factor kondisi statis 180 kg	126
Gambar 4. 30 Hasil optimasi desain simulasi dinamis kondisi deselerasi, nilai equivalent (von mises) stress max 180 kg	127
Gambar 4. 31 Hasil optimasi desain simulasi dinamis kondisi deselerasi, safety factor 180 kg	127

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul di halaman
σ	Tegangan (<i>stress</i>)	73
τ	Tegangan geser (<i>shear stress</i>)	73
ϵ	Regangan (<i>strain</i>)	21
E	Modulus Elastisitas	22
A	Luas Penampang	16
ΔL	Perubahan Panjang	21
L0	Panjang Awal	21
I	Inersia	73
R	Jari – jari luar	73
r	Jari – jari dalam	73
D	Diameter luar	72
d	Diameter dalam	72
c	Jarak titik pusat ke titik yang ditinjau	73
π	<i>Phi</i>	73
Σ	Jumlah Total	58
F	Gaya	57
x	Jarak dari titik pusat	73
y	Jarak ke titik beban total	73
SF	<i>Safety Factor</i>	26
m	<i>Massa</i>	57
g	<i>Gravitasi</i>	57
M	<i>Momen Inersia</i>	59
T	<i>Torsi</i>	73
l	<i>Jarak lengan</i>	73