



UNIVERSITAS DIPONEGORO

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

PROYEK AKHIR

OLEH :

Arofaa Sri Gita Negara

NIM. 40040221650018

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

**SEMARANG
DESEMBER 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 : Arofaa Sri Gita Negara

NIM : 40040221650018

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. 3-4
Pleburan, Semarang, Kode Pos 50241
Telepon./Faksimile (024) 8316333
Laman: <http://me.vokasi.undip.ac.id>
Email: me.vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 488/PA/RPM/V/2025

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

Nama : Arofaa Sri Gita Negara
NIM : 40040221650018
Judul Proyek Akhir : Optimasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik
dengan Metode Simulasi Statis dan Dinamis
Dosen Pembimbing 1 : Susastro 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 : Arofaa Sri Gita Negara
NIM : 40040221650018
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 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



Arofaa Sri Gita Negara
40040221650018

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

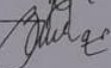
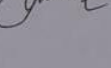
HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Arofaa Sri Gita Negara
Nim : 40040221650018
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Optimasi Rangka Sepeda Motor Listrik Dengan Metode Simulasi Statis Dan Dinamis

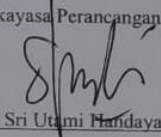
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.) pada Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

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, 16 Desember 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 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. Prof. Dr. Ir. Budiyono, M. Si., selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang.
2. Ibu Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Susastro, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dalam penyusunan proyek akhir ini.
4. Orang tua yang selalu memberikan doa dan dukungan dalam penyelesaian penulisan proposal proyek akhir ini
5. Seluruh dosen pengajar, staff, dan karyawan Program Studi Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro
6. 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 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 160 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 2,15%. Hasil simulasi statis sebelum optimasi menunjukkan tegangan *von mises* maksimum sebesar 279,4 Mpa dan nilai *safety factor* minimum 1,64 pada titik kritis yang berada pada sambungan antara arm belakang dengan rangka utama, deformasi maksimum 2,9632 mm yang berada jok penumpang, serta nilai *fatigue life* minimum sebesar 10.000.000 siklus, yang mengindikasikan rangka berada pada batas aman. Sebaliknya, pada simulasi dinamis sebelum optimasi diperoleh peningkatan signifikan pada tegangan *von mises* hingga 406,55 Mpa, nilai deformasi maksimal 1,6955 mm, dan *safety factor* minimum 1,13, titik kritis ini berada pada jok penumpang yang beresiko mengalami deformasi plastis. Optimasi 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 pada keadaan dinamis menunjukkan penurunan tegangan *von mises* maksimum dari 406,55 MPa menjadi 142,26 MPa serta peningkatan *safety factor* minimum dari 1,13 menjadi 3,23. 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 160 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 2.15%. The static simulation results before optimization showed a maximum von mises stress of 279.4 MPa and a minimum safety factor value of 1.64 at the critical point located at the connection between the rear arm and the main frame, a maximum deformation of 2.9632 mm located at the passenger seat, and a minimum fatigue life value of 10,000,000 cycles, which indicates the frame is within the safe limit. On the other hand, in the dynamic simulation before optimization, a significant increase in von mises stress was obtained up to 406.55 MPa, a maximum deformation value of 1.6955 mm, and a minimum safety factor of 1.13, this critical point is at the passenger seat which is at risk of plastic deformation. Optimization was carried out by modifying the critical point by adding a weld fillet of 3 mm, adding an arm tilt of 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 results of the optimization in dynamic conditions showed a decrease in the maximum von mises stress from 406.55 MPa to 142.26 MPa and an increase in the minimum safety factor from 1.13 to 3.23. 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.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xx
BAB I PENDAHULUAN	21
1.1 Latar Belakang.....	21
1.2 Rumusan Masalah.....	25
1.3 Batasan Masalah.....	25
1.4 Tujuan Proyek Akhir	26
1.5 Luaran Proyek Akhir	26
1.6 Sistematika Laporan Akhir	27

BAB II TINJAUAN PUSTAKA	29
2.1 Dasar Teori	29
2.1.1 Sepeda Motor Listrik.....	29
2.1.2 Tegangan Pada Rangka Sepeda Motor Listrik	30
2.1.3 Pembebanan Pada Rangka Sepeda Motor Listrik	31
2.1.4 Kekuatan Rangka/ <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik.....	33
2.1.5 Pengukuran Tegangan Rangka/ <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik	55
2.1.6 Simulasi Pembebanan Pada Pengukuran Rangka / <i>Chassis Sepeda</i> Motor Listrik.....	58
2.1.7 Analisa Konvergensi, <i>Uji grid Independence</i> dan Mesh Quality	60
2.1.8 <i>Free Body Diagram</i>	62
2.1.9 Hukum Newton	64
2.1.10 Gerak Lurus Berubah Beraturan.....	66
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	68
3.1 Diagram Alir.....	68
3.2 Studi Literatur.....	70
3.3 Input Penelitian.....	70
3.3.1 Laptop.....	70
3.3.2 <i>Numerical Software</i>	70
A. <i>SolidWorks</i>	70
B. <i>Ansys Workbench</i>	71

3.4 Identifikasi Masalah	71
3.5 Perhitungan dan Pengambilan Data Distribusi Massa Pengemudi dan Penumpang.....	71
3.6 Menentukan Parameter Serta Letak Boundary Condition Pada Simulasi Ansys Workbench	73
3.6.1 <i>Boundary Condition Static</i>	76
3.6.2 <i>Boundary Condition Deseleration</i>	77
3.7 <i>Running</i> simulasi statis dan dinamis pada beban 160 kg	79
A. <i>Free Body Diagram</i> Pada Rangka Saat Distribusi Beban	80
B. Simulasi Statis Kondisi Tanpa Pengereman	86
C. Simulasi Dinamis Kondisi Pengereman	89
3.8 <i>Safety Factor</i> dan <i>Life cycle</i>	91
3.9 Optimasi Rangka Sepeda Motor Listrik	91
3.10 Simulasi Hasil Optimasi Rangka Motor Listrik	92
3.10 Nilai <i>Safety Factor</i>	93
3.11 Pembuatan grafik hasil data simulasi statis dan dinamis.....	93
3.12 Grafik hasil simulasi statis dan dinamis sebelum dan sesudah optimasi .	93
3.13 Analisa dan Pembahasan Data.....	94
3.14 Variabel Penelitian.....	94
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	96
4.1 Validasi Simulasi Sebelum Optimasi <i>Ansys Static Structural</i>	96

4.1.1 Perhitungan Matematis dan Nilai Error Sebelum Optimasi	96
4.1.2 Uji <i>Grid Independence</i> dan Skewness.....	102
4.2 Hasil Simulasi Kondisi Statis Sebelum Optimasi Menggunakan <i>Ansys Static Structural</i>	104
4.2.1 Tegangan <i>Von Mises</i>	104
4.2.2 Total Deformasi	106
4.2.3 <i>Safety Factor</i>	107
4.2.4 <i>Mechanical Fatigue</i>	111
4.3 Hasil Simulasi Kondisi Dinamis Sebelum Optimasi Menggunakan <i>Ansys Static Structural</i>	116
4.3.1 Tegangan <i>Von Mises</i>	119
4.3.2 Total Deformasi	120
4.3.3 <i>Safety Factor</i>	121
4.4 Optimasi Rangka Sepeda Motor Listrik	124
4.5 Hasil Simulasi Statis Sesudah Optimasi.....	126
4.5.1 Tegangan <i>Von Mises</i>	127
4.5.2 Total Deformasi	128
4.5.3 <i>Safety Factor</i>	129
4.6 Hasil Simulasi Dinamis Sesudah Optimasi	130
4.6.1 Tegangan <i>Von Mises</i>	131
4.6.2 Total Deformasi	132

4.6.3 <i>Safety Factor</i>	133
4.7 Validasi Simulasi Sesudah Optimasi	136
BAB V KESIMPULAN	143
5.1 Kesimpulan.....	143
5.2 Saran	144
DAFTAR PUSTAKA	xxiii
LAMPIRAN	xxvi
Lampiran 1. Data Pengukuran Distribusi Massa	xxvi
Lampiran 2. Data Variasi Pembebanan Distribusi Massa	xxvi
Lampiran 3. Data Hasil Simulasi Pembebanan	xxvii
Lampiran 4. Data Perhitungan Kondisi Deselerasi	xxviii
Lampiran 5. Gambar Rakitan/ <i>Assembly</i>	xxx

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Skewness Mesh Metrics Spectrum.....	61
Tabel 3. 1 Perhitungan distribusi massa pengemudi	73
Tabel 3. 2 Perhitungan distribusi massa penumpang dan beban	73
Tabel 3. 3 Komposisi AISI 4130 <i>Steel</i>	74
Tabel 3. 4 <i>Mechanical properties</i> AISI 4130 <i>Steel</i>	74
Tabel 3. 5 Pembebanan dan Kondisi batas yang diterapkan pada rangka motor listrik untuk melakukan simulasi analisis statis.....	89
Tabel 3. 6 Variabel Penelitian.....	95
Tabel 4. 1 Uji Grid Independence	102
Tabel 4. 2 Uji kualitas skewness pada kondisi statik	103
Tabel 4. 3 Hasil data simulasi rangka sepeda motor listrik.....	110
Tabel 4. 4 Variasi Pembebanan	114
Tabel 4. 5 Distribusi Massa	117
Tabel 4. 6 Nilai Deselerasi pada setiap pembebanan	117
Tabel 4. 7 Variasi Jarak Pengereman (s)	118
Tabel 4. 8 Waktu Pengereman.....	118
Tabel 4. 9 Data Simulasi Kondisi Deselerasi	123
Tabel 4. 10 Data hasil optimasi berdasarkan pembebanan pada rangka sepeda motor listrik	135
Tabel 4. 11 Data hasil optimasi simulasi dinamis kondisi deselerasi pada rangka sepeda motor listrik	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi sepeda motor listrik yang di simulasikan	29
Gambar 2. 2 Sistem kelistrkan pada sepeda motor listrik.....	30
Gambar 2. 3 Ilustrasi pengendara dan penumpang	32
Gambar 2. 4 Tegangan bengkok.....	38
Gambar 2. 5 Grafik yield point atau batas luluh	43
Gambar 2. 6 Grafik mild steel.....	44
Gambar 2. 7 Grafik low and high alloy steels.....	44
Gambar 2. 8 Defleksi balok sederhana	48
Gambar 2. 9 Diagram endurance limit dengan stress life cycle.....	53
Gambar 2. 10 Moment inertia	55
Gambar 2. 11 Rangka/chassis kendaraan roda dua	57
Gambar 2. 12 Contoh titik pembebanan pada rangka kendaraan roda tiga	58
Gambar 2. 13 <i>Free body diagram</i>	63
Gambar 3. 1 Flowchart penelitian.....	69
Gambar 3. 2 Fix geometri rangka sepeda motor listrik pada arm dan komstir.....	75
Gambar 3. 3 Pengukuran dimensi secara aktual di viar motor	76
Gambar 3. 4 Boundary condition kondisi statis	76
Gambar 3. 5 Boundary condition kondisi deselerasi	77
Gambar 3. 6 Force komstir tangan pada pengemudi.....	79
Gambar 3. 7 Force jok pada pengemudi, penumpang dan beban	80
Gambar 3. 8 Force footstep pengemudi, penumpang dan beban	80
Gambar 3. 9 Free body diagram kondisi statis.....	81

Gambar 3. 10 <i>Free body diagram</i> kondisi dinamis.....	84
Gambar 3. 11 Ansys workbench static structural	86
Gambar 3. 12 Ansys workbench proses engineering data.....	87
Gambar 3. 13 Ansys workbench proses meshing.....	88
Gambar 4. 1 Penentuan titik a (node A) dan titik b (node B).....	97
Gambar 4. 2 Node A dan node B.....	97
Gambar 4. 3 Letak node A dan node B	97
Gambar 4. 4 Jarak node A ke pusat gaya	98
Gambar 4. 5 Jarak node B ke pusat gaya	100
Gambar 4. 6 Grafik nilai deformation dan safety factor terhadap jumlah element pada simulasi.....	103
Gambar 4. 7 Kondisi statis, equivalent (von mises) stress di pembebanan 160 kg	105
Gambar 4. 8 Titik kritis kondisi statis, equivalent (<i>von mises</i>) stress di pembebanan 160 kg.....	106
Gambar 4. 9 Kondisi statis, total deformasi di pembebanan 160 kg.....	107
Gambar 4. 10 Kondisi statis, safety factor di pembebanan 160 kg.....	109
Gambar 4. 11 Titik kritis kondisi statis, safety factor di pembebanan 160 kg	109
Gambar 4. 12 Grafik s-n curve baja aisi 4130 eksperimen	111
Gambar 4. 13 Grafik S-N curve baja AISI 4130 experiment dengan S-N curve baja AISI 4130 simulation	112
Gambar 4. 14 Equivalent alternating stress di pembebanan 160 kg	115
Gambar 4. 15 Cycle di pembebanan 160 kg	115

Gambar 4. 16 Kondisi deselerasi, equivalent (von mises) stress pada pembebanan 160 kg, 30 km/h	119
Gambar 4. 17 Titik kritis kondisi deselerasi, equivalent (von mises) stress pada pembebanan 160 kg, 30 km/h	120
Gambar 4. 18 Kondisi deselerasi, total deformation pada pembebanan 160 kg, 30 km/h	121
Gambar 4. 19 Kondisi deselerasi, safety factor pada pembebanan 160 kg, 30 km/h	122
Gambar 4. 20 Titik kritis kondisi deselerasi, safety factor pada pembebanan 160 kg, 30 km/h	122
Gambar 4. 21 Optimasi rangka sepeda motor listrik.....	125
Gambar 4. 22 Hasil optimasi rangka, nilai equivalent (von mises) stress max pembebanan 160 kg tanpa deselerasi	127
Gambar 4. 23 Hasil optimasi rangka, titik kritis kondisi statis, nilai equivalent (von mises) stress max pembebanan 160 kg tanpa deselerasi	128
Gambar 4. 24 Hasil optimasi rangka, nilai total deformasi pembebanan 160 kg tanpa deselerasi	129
Gambar 4. 25 Hasil optimasi rangka, nilai safety factor pembebanan 160 kg tanpa deselerasi	130
Gambar 4. 26 Hasil optimasi rangka, titik kritis kondisi statis, nilai safety factor pembebanan 160 kg tanpa deselerasi	130
Gambar 4. 27 Hasil optimasi simulasi dinamis kondisi deselerasi, nilai equivalent (von mises) stress max pembebanan 160 kg	132

Gambar 4. 28 Hasil optimasi simulasi dinamis, titik kritis kondisi deselerasi, nilai equivalent (von mises) stress max pembebanan 160 kg	132
Gambar 4. 29 Hasil optimasi simulasi dinamis kondisi deselerasi, nilai total deformasi pembebanan 160 kg.....	133
Gambar 4. 30 Hasil optimasi simulasi dinamis kondisi deselerasi, nilai safety factor 160 kg.....	134
Gambar 4. 31 Hasil optimasi simulasi dinamis, titik kritis kondisi deselerasi, nilai safety factor 160 kg.....	134
Gambar 4. 32 Penentuan titik a (<i>node A</i>) dan titik b (<i>node B</i>) sesudah optimasi	136
Gambar 4. 33 <i>Node A</i> dan <i>node B</i> sesudah optimasi	137
Gambar 4. 34 Letak <i>node A</i> dan <i>node B</i> sesudah optimasi.....	137
Gambar 4. 35 Jarak <i>node A</i> sesudah optimasi	138
Gambar 4. 36 Jarak <i>node B</i> sesudah optimasi	140

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul di halaman
σ	Tegangan (<i>stress</i>)	31
τ	Tegangan geser (<i>shear stress</i>)	34
ϵ	Regangan (<i>strain</i>)	38
E	Modulus Elastisitas	39
A	Luas Penampang	31
ΔL	Perubahan Panjang	38
L0	Panjang Awal	38
I	Inersia	34
R	Jari – jari luar	52
r	Jari – jari dalam	51
D	Diameter luar	52
d	Diameter dalam	52
c	Jarak titik pusat ke titik yang ditinjau	34
π	<i>Phi</i>	52
Σ	Jumlah Total	44
F	Gaya	31
x	Jarak dari titik pusat	47
y	Jarak ke titik beban total	47
SF	<i>Safety Factor</i>	43
m	<i>Massa</i>	51
g	<i>Gravitasi</i>	93
M	<i>Momen Inersia</i>	34
T	<i>Torsi</i>	34
l	<i>Jarak lengan</i>	93