



**OPTIMASI TOPOLOGI *ROLL BAR* PADA MOBIL
SUPERMILEAGE SOEDIRMAN 2.0 DENGAN
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

TRIANDA IQBAL RAMADHAN

2110311042

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025



**OPTIMASI TOPOLOGI *ROLL BAR* PADA MOBIL
SUPERMILEAGE SOEDIRMAN 2.0 DENGAN
METODE ELEMEN HINGGA**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik**

TRIANDA IQBAL RAMADHAN

2110311042

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

2025

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Trianda Iqbal Ramadhan

NIM : 2110311042

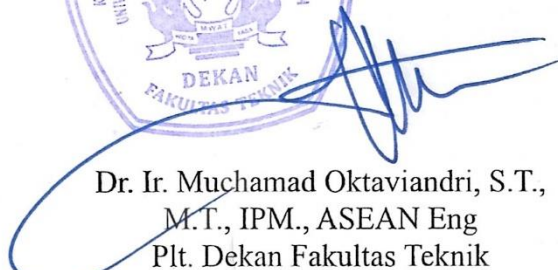
Program Studi : S1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : OPTIMASI TOPOLOGI *ROLL BAR* PADA MOBIL
SUPERMILEAGE SOEDIRMAN 2.0 DENGAN METODE
ELEMEN HINGGA

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



Dr. Eng. Riki Hendra Purba, S.T., M.Eng.
Penguji Utama


Sigit Pradana, S.T., M.T.
Penguji Lembaga
Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, S.T.,
M.T., IPM., ASEAN Eng
Plt. Dekan Fakultas Teknik

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 15 Juli 2025



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.
Penguji III (Pembimbing)



Ir. Fahrudin, S.T., M.T.
Kepala Program Studi Teknik Mesin

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Trianda Iqbal Ramadhan

NIM : 2110311042

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Judul Skripsi : OPTIMASI TOPOLOGI PADA *ROLL BAR* MOBIL
SUPERMILEAGE SOEDIRMAN 2.0 DENGAN METODE
ELEMEN HINGGA

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.

Menyetujui,



M. Arifudin Lukmana, S.T., M.T.
Dosen Pembimbing I



Nicky Yongkimandalan, S.T., M.M., M.T.
Dosen Pembimbing II

Mengetahui,



Fahrudin, S.T., M.T.
Ketua Program Studi Teknik Mesin

PERNYATAAN ORISIONALITAS

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

Nama : Trianda Iqbal Ramadhan

NIM : 2110311042

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan saya ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Jakarta, 15 Juli 2025

Yang menyatakan,



Trianda Iqbal Ramadhan

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai civitas akademika Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Trianda Iqbal Ramadhan

NIM : 2110311042

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non Eksklusif (*Non Exclusive Royalty Free Right*) atas skripsi saya yang berjudul :

“OPTOMASI TOPOLOGI *ROLL BAR* PADA MOBIL *SUPERMILEAGE* SOEDIRMAN 2.0 DENGAN METODE ELEMEN HINGGA”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 15 Juli 2025

Yang menyatakan,



Trianda Iqbal Ramadhan

OPTIMASI TOPOLOGI *ROLL BAR* PADA MOBIL *SUPERMILEAGE* SOEDIRMAN 2.0 DENGAN METODE ELEMEN HINGGA

TRIANDA IQBAL RAMADHAN

ABSTRAK

Keterbatasan sumber daya energi dan kebutuhan untuk mengurangi emisi gas rumah kaca dari sektor transportasi darat mendorong pengembangan kendaraan. Kompetisi seperti Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) dan *Shell Eco-Marathon* mendorong pengembangan kendaraan hemat energi (*supermileage*) seperti mobil Soedirman 2.0 oleh tim Patriot UPNVJ. Salah satu tantangan utama pengembangannya adalah merancang roll bar yang kuat namun ringan dan sesuai regulasi. Penelitian ini bertujuan menghasilkan desain roll bar yang optimal dari segi massa, kekuatan, dan deformasi minimum. Metode yang digunakan melibatkan *Finite Element Analysis* (FEA) untuk analisa pembebanan dan optimasi topologi berbasis SIMP method menggunakan perangkat lunak ANSYS 2022 R2. Hasil analisis menunjukkan bahwa desain baru memenuhi regulasi kompetisi dan memberikan efisiensi massa signifikan. Dengan nilai *percent to retain* sebesar 36,5%, diperoleh massa akhir 1,284 kg, lebih ringan dari desain awal. Uji pembebanan menunjukkan tegangan maksimum sebesar 142,35 MPa pada pembebanan lateral, menghasilkan faktor keamanan sebesar 1,019 dan deformasi maksimum sebesar 8,3484 mm yang masih dalam batas elastis. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan optimasi topologi mampu menghasilkan desain struktural yang efisien, aman, dan kompetitif untuk aplikasi kendaraan hemat energi.

Kata kunci : Optimasi Topologi, Metode Elemen Hingga, Roll Bar, Mobil Hemat Energi, Faktor Keamanan Struktural

**TOPOLOGY OPTIMIZATION ON ROLL BAR OF SOEDIRMAN 2.0
SUPERMILEAGE CAR WITH FINITE ELEMENT METHOD**

TRIANDA IQBAL RAMADHAN

ABSTRACT

The limitations of energy resources and the need to reduce greenhouse gas emissions from the land transportation sector have driven the development of vehicles. Competitions such as Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE) and Shell Eco-Marathon promote the development of energy-efficient (supermileage) vehicles, including Soedirman 2.0 by the Patriot UPNVJ team. One of the main design challenges lies in developing a roll bar that is both structurally strong and lightweight, while complying with competition regulations. This study aims to produce an optimized roll bar design in terms of weight, strength, and minimal deformation. The methodology involves Finite Element Analysis (FEA) and topology optimization using the SIMP method in ANSYS 2022 R2. Results show that the proposed design meets competition standards while significantly reducing mass. By applying a 37% percent to retain, the final roll bar mass is reduced to 1.284 kg. Structural analysis under lateral load yields a maximum stress of 142.35 MPa, a safety factor of 1.019, and maximum deformation of 8.3484 mm all within acceptable elastic limits. These findings demonstrate that topology optimization can deliver an efficient, safe, and competition-ready structural design for energy-saving vehicle applications.

Keywords : *Topology Optimization, Finite Element Analysis, Roll Bar Design, Supermileage Vehicle, Structural Safety Factor*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulisan skripsi yang berjudul “**Optimasi Topologi Roll Bar pada Mobil Supermileage Soedirman 2.0 dengan Metode Elemen Hingga**” ini dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam proses penyusunannya, penulis mendapatkan banyak dukungan, baik secara moral maupun materiil, dari berbagai pihak. Untuk itu, dengan segala kerendahan hati, penulis menyampaikan terima kasih dan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua serta seluruh keluarga yang senantiasa memberikan doa, semangat, dan dukungan tanpa henti selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Muhammad Arifudin Lukmana, S.T., M.T. dan Bapak Nicky Yongkimandalan, S.T., M.M., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan masukan selama proses penulisan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin, berserta segenap yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama masa studi.
4. Seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, atas ilmu, bantuan, dan layanan akademik yang telah diberikan.
5. Yang terkasih, Kartika Ayu Artanti, yang senantiasa menemani serta memberikan semangat bagi penulis selama penelitian sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Andriansyah Aulia Rahman, Teman baik untuk penulis selama lebih dari 7 tahun. Sahabat untuk berbagi cerita, mengisi waktu luang dan berkeluh-kesah

7. Abang dan kakak senior, adik-adik junior, serta khususnya rekan-rekan seperjuangan KSM Patriot angkatan 2021 yang senantiasa meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam proses pengambilan dan pengolahan data, meskipun di tengah kesibukan dan tanggung jawab masing-masing
8. Rekan-rekan mahasiswa khususnya Teknik Mesin 2021 yang telah membantu, memberi motivasi, serta turut berkontribusi dalam penyelesaian tugas akhir ini.
9. Seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini, yang namanya tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan ke depan. Semoga karya ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu dan menjadi referensi yang berguna bagi pihak lain.

Jakarta, Juni 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
PERNYATAAN ORISIONALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Literatur.....	4
2.1.1 <i>Modeling of a Shell Eco-Marathon Vehicle Based on Drive-Train Characteristic and Driver Modes to Predict Fuel Consumption of The Vehicle on a Specific Track</i>	4
2.1.2 <i>High Performance Automotive Chassis Design: a Topology Optimization Based Approach</i>	4
2.1.3 <i>Optimasi Topologi Frame Sepeda Listrik Menggunakan Software Ansys dan Metode Back Propagation Neural Network - Genetic Algorithm</i>	5
2.2 Kompetisi <i>Supermileage</i>	5
2.2.1 <i>Shell Eco-Marathon</i>	5
2.2.2 Kompetisi Mobil Hemat Energi (KMHE)	6
2.3 <i>Roll Bar</i>	6
2.3.1 <i>Regulasi Roll Bar</i>	6

2.4 Material	7
2.5 Optimasi Desain	8
2.5.1 <i>Sizing Optimization</i>	8
2.5.2 <i>Shape Optimization</i>	8
2.5.3 <i>Topology Optimization</i>	8
2.6 <i>Finite Element Method</i>	9
2.6.1 Geometrik Elemen	9
2.6.2 <i>Meshing</i>	11
2.6.3 Aplikasi Beban	11
2.6.4 Kondisi Batas	11
2.7 <i>ANSYS Workbench</i>	12
2.7.1 Optimasi Topologi pada <i>ANSYS Workbench</i>	12
2.8 Tegangan dan Regangan	13
2.9 Tegangan dan Kriteria <i>Von Mises</i>	14
2.10 Faktor Keselamatan	15
BAB 3 METODE PENELITIAN	16
3.1 Diagram Alir Penelitian	16
3.2 <i>Roll Bar</i> Soerdirman 2.0	17
3.3 Data Pembebanan	18
3.4 <i>Finite Element Analysis</i>	20
3.4.1 <i>Pre-processing</i>	20
3.4.2 <i>Processing</i>	28
3.4.3 <i>Post-Processing</i>	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	30
4.1 Hasil Penelitian	30
4.1.1 Validasi Properti Material	30
4.1.2 Validasi Data <i>Finite Element Analysis</i>	32
4.1.3 Hasil Simulasi Pembebanan	33
4.1.4 Hasil Optimasi Topologi	36
4.2 Pembahasan	37
4.2.1 Pengaruh <i>Percent to Retain</i> terhadap Massa Akhir	37
4.2.2 Pengaruh Massa Akhir terhadap Tegangan Maksimal	39
4.2.3 Pemilihan Optimasi Topologi Terbaik	40
4.2.4 Analisa Optimasi Topologi Terbaik	42

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	45
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	
RIWAYAT HIDUP	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Material Properties Aluminium Alloy 6063-T5.....	7
Tabel 2.2 Tipe Elemen dan Aplikasinya	10
Tabel 3.1 Mesh Quality Test Result.....	22
Tabel 4.1 Spesifikasi Alat Uji Tensile.....	30
Tabel 4.2 Hasil Uji Tensile	31
Tabel 4.3 Gaya Reaksi Numerikal pada Pembebanan Vertikal, Lateral dan Seatbelt Vertikal	32
Tabel 4.4 Gaya Reaksi Numerikal pada Pembebanan Longitudinal dan Seatbelt Longitudinal	32
Tabel 4.5 Gaya Reaksi pada Analisis Struktur Statis Vertikal, Lateral dan Seatbelt Vertikal	33
Tabel 4.6 Gaya Reaksi pada Analisis Struktur Statis Longitudinal dan Seatbelt Longitudinal	33
Tabel 4.7 Error pada Finite Element Analysis	33
Tabel 4.8 Hasil Optimasi Topologi	36
Tabel 4.9 Kalkulasi Error pada Hasil Massa Akhir	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Size Optimization (b) Shape Optimization (c) Topology Optimization.....	9
Gambar 2.2 Spektrum Kualitas Mesh.....	11
Gambar 2.3 Fitur Topologi pada ANSYS Workbench.....	13
Gambar 2.4 Stress-Strain Relationship under Uniaxial Tensile Loading	14
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	16
Gambar 3.2 Tampak Isometri Roll Bar Soedirman 2.0	17
Gambar 3.3 Dimensi Roll Bar Soedirman 2.0.....	17
Gambar 3.4 (a) Mechanical Diagram (b) Free Body Diagram Pembebanan Vertikal	18
Gambar 3.5 (a) Mechanical Diagram (b) Free Body Diagram Pembebanan Longitudinal.....	19
Gambar 3.6 (a) Mechanical Diagram (b) Free Body Diagram Pembebanan Lateral	19
Gambar 3.7 (a) Mechanical Diagram (b) Free Body Diagram Pembebanan Seatbelt Vertikal	20
Gambar 3.8 (a) Mechanical Diagram (b) Free Body Diagram Pembebanan Seatbelt Longitudinal	20
Gambar 3.9 Engineering Data Material Aluminium 6063-T5.....	21
Gambar 3.10 Mesh Settings, a. Mesh Method b. Mesh Sizing	21
Gambar 3.11 Posisi Fixtures pada Simulasi	22
Gambar 3.12 Pembebanan Vertikal	23
Gambar 3.13 Pembebanan Longitudinal	23
Gambar 3.14 Pembebanan Lateral.....	24
Gambar 3.15 Pembebanan Seatbelt, a. Harizontal b. Vertikal.....	24
Gambar 3.16 Exclusion Region pada Kaki Roll Bar	25
Gambar 3.17 Exclusion Region pada Bagian Seatbelt	25
Gambar 3.18 Exclusion Region pada Kepala Roll Bar	26
Gambar 3.19 Detail of Response Constraint	26
Gambar 3.20 Detail of Symmetry Constraint.....	27
Gambar 3.21 Details of Objective	27
Gambar 3.22 Project Schematic yang diterapkan pada ANSYS Workbench	28
Gambar 3.23 Ilustrasi Sederhana Project Schematic.....	28
Gambar 4.1 Dimensi Spesimen Uji Tarik ASTM E8	30
Gambar 4.2 Spesimen Uji Tarik ASTM E8	30
Gambar 4.3 Hasil Uji Tensile pada Sampel Material	31
Gambar 4.4 Hasil Uji Pembebanan Vertikal.....	34
Gambar 4.5 Hasil Uji Pembebanan Longitudinal.....	34
Gambar 4.6 Hasil Uji Pembebanan Lateral	35
Gambar 4.7 Hasil Uji Pembebanan Seatbelt (a) Vertikal (b) Longitudinal	35
Gambar 4.8 Hasil Optimasi Topologi Pertama.....	36
Gambar 4.9 Grafik Percent to Retain VS Final Mass.....	37
Gambar 4.10 Hasil Optimasi Topologi 50%.....	38
Gambar 4.11 Grafik Massa Akhir VS Tegangan Maksimal	39

Gambar 4.12 Perbandingan Hasil Topologi (a) 70% (b) 50% (c) 30%	40
Gambar 4.13 Grafik Massa Akhir VS Tegangan Maksimal (Longitudinal).....	41
Gambar 4.14 Hasil Optimasi Topologi dengan Parameter Terbaik	42
Gambar 4.15 Hasil Pembebanan Vertikal pada Desain Akhir, (a) Von Mises Stress (b) deformasi.....	42
Gambar 4.16 Hasil Pembebanan Longitudinal pada Desain Akhir, (a) Von Mises Stress (b) deformasi.....	43
Gambar 4.17 Hasil Pembebanan Lateral pada Desain Akhir, (a) Von Mises Stress (b) deformasi	43
Gambar 4.18 Hasil Pembebanan Seatbelt pada Desain Akhir, (a) Von Mises Stress Vertikal (b) Von Mises Longitudinal (c) Deformasi Vertikal (d) Deformasi Longitudinal.....	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Teknik *Roll Bar* Mobil Soedirman 2.0

Lampiran 2 Hasil Uji Tensile

Lampiran 3 Analisis Gaya Reaksi

Lampiran 4 Detail Hasil Optimasi Topologi 90%

Lampiran 5 Detail Hasil Optimasi Topologi 80%

Lampiran 6 Detail Hasil Optimasi Topologi 70%

Lampiran 7 Detail Hasil Optimasi Topologi 60%

Lampiran 8 Detail Hasil Optimasi Topologi 50%

Lampiran 9 Detail Hasil Optimasi Topologi 40%

Lampiran 10 Detail Hasil Optimasi Topologi 30%

Lampiran 11 Detail Hasil Optimasi Topologi 36,5%

Lampiran 12 Lembar Konsultasi Pembimbing Tugas Akhir 1

Lampiran 13 Lembar Konsultasi Pembimbing Tugas Akhir 2

Lampiran 14 Lembar Pernyataan Bebas Plagiarisme

Lampiran 15 Hasil Cek Plagiarisme