



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**OPTIMASI DESAIN RANGKA MOBIL KMLI MENGGUNAKAN
METODE SIMULASI STATIS**

PROYEK AKHIR

MUHAMMAD AFTHAR IKHWAN AL SHAFa

40040222650055

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

**SEMARANG
JULI 2026**



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**OPTIMASI DESAIN RANGKA MOBIL KMLI MENGGUNAKAN
METODE SIMULASI STATIS**

PROYEK AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik**

MUHAMMAD AFTHAR IKHWAN AL SHAFIA

40040222650055

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

SEMARANG

JULI 2026

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 : Muhammad Afthar Ikhwan Al Shafa

NIM : 40040222650055

Tanda Tangan : 

Tanggal : 24 Juli 2026

SURAT TUGAS



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEKOLAH VOKASI
PROGRAM STUDI

Jalan Prof. Sudarto, S.H. Tembalang Semarang
Kode Pos 50275
Telp/Fax (024) 7471379
Laman www.vokasi.undip.ac.id
e-mail vokasi@live.undip.ac.id

SURAT TUGAS PROYEK AKHIR

No. : 535/PA/RPM/V/2026

Dengan ini diberikan Tugas Proyek Akhir untuk mahasiswa berikut:

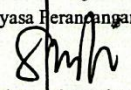
Nama : Muhammad Afthar Ikwan Al Shafa
NIM : 40040222650055
Judul Proyek Akhir : Optimasi Design Rangka Mobil KMLI Menggunakan
Metode Simulasi Statis dan Dinamis
Dosen Pembimbing : Susastro S.T., M.T.
NIP : 1989092320180301001

Isi Tugas:

1. Mensimulasikan design rangka KMLI saat konsisi statis
2. Mengoptimalkan design rangka mobil KML dan mensimulasikan ulang saat kondisi statis
3. Membuat rangka Mobil KMLI
4. Menyusun laporan akhir
5. Membuat HKI
6. Membuat draft paper internasional

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

Semarang, 10 Maret 2026
Ketua Prodi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


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

Tembusan:

4. Ketua Prodi
5. Bagian pengajaran
6. Mahasiswa ybs

HALAMAN PENGESAHAN

HALAMAN PENGESAHAN

Proyek Akhir ini diajukan oleh :

NAMA : Muhammad Afthar Ikhwan Al Shafa
NIM : 40040222650055
Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Judul Proyek Akhir : Optimasi Desain Rangka Mobil KMLI Menggunakan Simulasi Statis

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 1	: Susastro S.T., M.T.	()
Penguji 2	: Dr. Sri Utami Handayani, S.T., M.T.	()
Penguji 3	: Alaya Fadllu Hadi M S.T., M.Eng.	()

Semarang, 24 Juli 2026

Ketua Program Studi Sarjana Terapan
Rekayasa Perancangan Mekanik


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

v

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Muhammad Afthar Ikhwan Al Shafa
NIM : 40040222650055
Jurusan/Program Studi : Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik
Departemen : Teknologi Industri
Fakultas : Sekolah Vokasi
Jenis Karya : Proyek Akhir

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

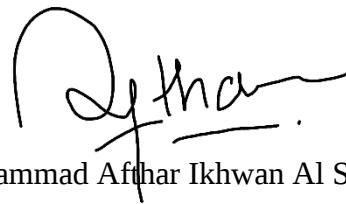
“Optimasi Desain Rangka Mobil KMLI Menggunakan Metode Simulasi Statis”

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 tugas 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 : 24 Juli 2026

Yang menyatakan



Muhammad Afthar Ikhwan Al Shafa

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”
(QS. Al – Baqarah: 286)

“Pelan pasti ku kabulkan s’gala catatan harapmu tentang masa depan, tentang masa
terang kebul jalan kuterjang”
(Gemilang – Perunggu)

“Dunia boleh saja menahanku, atau perlahan bongkar mimpiku
Dunia boleh saja menahanku, kupunya doa Ibu”
(Gemilang – Tapi)

KATA PENGANTAR

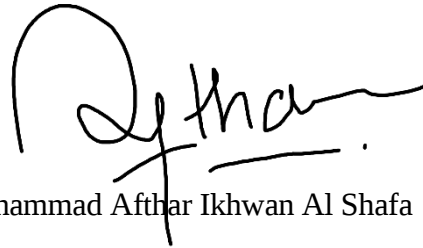
Puji syukur kehadiran Allah SWT berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya kepada kita semua sehingga Laporan Proyek Akhir dengan judul “OPTIMASI DESAIN RANGKA MOBIL KMLI MENGGUNAKAN METODE SIMULASI STATIS”, dapat selesai dengan baik. Laporan ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat kelulusan yaitu 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. Budiyo, M.Si, selaku Dekan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
2. Dr. Sri Utami Handayani, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Semarang
3. Bapak Susastro S.T., M.T., selaku dosen pembimbing atas bimbingan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan proposal Proyek Akhir.
4. Seluruh dosen dan staff pengajar Program Studi Sarjana Terapan Rekayasa Perancangan Mekanik.
5. Kedua orang tua serta keluarga yang telah senantiasa memberikan doa dan semangat serta dukungan.
6. Teman-teman angkatan 2022 Program Studi Diploma IV Rekayasa Perancangan Mekanik Universitas Diponegoro Semarang yang telah membantu penyusunan laporan ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan keterbatasan ilmu dalam penyusunan laporan ini, maka segala bentuk kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Penulis berharap, semoga semua pihak yang telah memberikan bantuan, diberi balasan kebajikan. Amin. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi penulis sendiri khususnya dan para pembaca secara umum, baik dari kalangan akademis maupun yang lain.

Semarang, 24 Juli 2026

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized initial 'A' followed by the name 'Afthar' and a horizontal line underneath.

Muhammad Afthar Ikhwan Al Shafa

ABSTRAK

OPTIMASI DESAIN RANGKA MOBIL KMLI MENGGUNAKAN METODE SIMULASI STATIS

Rangka mobil listrik untuk kompetisi Kontes Mobil Listrik Indonesia (KMLI) dituntut memiliki karakteristik ringan namun tetap mampu menopang beban struktural secara aman. Permasalahan *overdesain* yang sering terjadi dapat memboroskan material dan menurunkan performa kendaraan, sehingga diperlukan optimasi desain rangka dengan mempertimbangkan keseimbangan antara kekuatan struktural dan minimalisasi massa. Dalam penelitian ini dilakukan optimasi desain rangka mobil KMLI melalui simulasi statis berbasis *Finite Element Analysis* (FEA) terhadap tiga varian desain dengan empat material, yaitu AISI 1020, AISI 4130, Al 7075-T6, dan Al 6061-T6. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan ekuivalen *von Mises*, deformasi total, *safety factor*, dan massa rangka. Hasil simulasi menunjukkan bahwa Desain optimasi 1 dengan material AISI 1020 memberikan performa terbaik untuk material baja dengan tegangan maksimum 37,313 MPa, deformasi 0,27312 mm, *safety factor* 9,3801, dan massa rangka 26,58 kg. Desain optimasi 2 dengan Al 7075-T6 menghasilkan *safety factor* tertinggi sebesar 13,957 dan massa rangka paling ringan sebesar 9,51 kg. Seluruh varian desain memenuhi kriteria *safety factor* minimum ≥ 4 sehingga dinyatakan aman secara struktural. Desain optimasi 1 dengan AISI 1020 direkomendasikan untuk kemudahan manufaktur, sedangkan Desain optimasi 2 dengan Al 7075-T6 direkomendasikan apabila efisiensi bobot menjadi prioritas utama.

Kata Kunci: Rangka KMLI, Simulasi Statis, *Finite Element Analysis*, Optimasi Desain, *Safety Factor*.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF THE KMLI CAR CHASSIS DESIGN USING STATIC SIMULATION METHODS

The chassis of electric cars for the Indonesian Electric Car Contest (KMLI) must be lightweight yet capable of safely supporting structural loads. The common problem of overdesign can lead to material waste and reduced vehicle performance; therefore, chassis design optimization is necessary to strike a balance between structural strength and mass minimization. In this study, the design of the KMLI vehicle frame was optimized through static simulations based on Finite Element Analysis (FEA) for three design variants using four materials: AISI 1020, AISI 4130, Al 7075-T6, and Al 6061-T6. The parameters analyzed included von Mises equivalent stress, total deformation, safety factor, and frame mass. The simulation results show that Optimized Design 1 using AISI 1020 steel delivers the best performance among the steel variants, with a maximum stress of 37.313 MPa, a deformation of 0.27312 mm, a safety factor of 9.3801, and a frame mass of 26.58 kg. Optimized Design 2 using Al 7075-T6 yields the highest safety factor of 13.957 and the lightest frame mass of 9.51 kg. All design variants meet the minimum safety factor criterion of ≥ 4 and are therefore deemed structurally safe. Optimization Design 1 using AISI 1020 is recommended for ease of manufacturing, while Optimization Design 2 using Al 7075-T6 is recommended when weight efficiency is the top priority.

Keywords: KMLI Chassis, Static Simulation, Finite Element Analysis, Design Optimization, Safety Factor.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
SURAT TUGAS	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI PROYEK AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR	vii
ABSTRAK OPTIMASI DESAIN RANGKA MOBIL KMLI MENGGUNAKAN METODE SIMULASI STATIS.....	ix
ABSTRACT OPTIMIZATION OF THE KMLI CAR CHASSIS DESIGN USING STATIC SIMULATION METHODS.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	20
1.1 Latar Belakang	20
1.2 Rumusan Masalah	21
1.3 Batasan Masalah.....	22
1.4 Tujuan.....	22
1.5 Luaran.....	23
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	23
1.6.1 Pendahuluan	23
1.6.2 Tinjauan Pustaka	23
1.6.3 Metodologi	24
1.6.4 Hasil dan Pembahasan.....	24
1.6.5 Penutup.....	24
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	25
2.1 Penelitian Terdahulu	25
2.2 Mobil Listrik	26

2.2.1	Rangka Mobil Listrik	26
2.3	Mobil KMLI.....	27
2.3.1	Regulasi KMLI	28
2.4	Teori Dasar Mekanika Struktur.....	30
2.4.1	Tegangan.....	30
2.4.2	Regangan.....	32
2.4.3	Deformasi.....	33
2.5	<i>Safety factor</i>	33
2.6	Optimasi Desain	34
2.7	Finite Element Analisis (FEA).....	35
2.7.1	Analisa Konvergensi, Uji Grid Independence dan Mesh Quality	35
BAB III METODOLOGI.....		37
3.1	Diagram Alir	37
3.2	Studi Literatur	39
3.3	Identifikasi Masalah	40
3.4	Menentukan <i>Boundary Condition</i> Pada Simulasi.....	40
3.4.1	<i>Material Properties</i>	40
3.4.2	Berat Komponen	42
3.4.3	Distribusi Massa Pengemudi.....	43
3.4.4	<i>Boundary Condition</i> Massa Rangka	43
3.4.5	<i>Boundary Condition</i> Statis	44
3.5	<i>Meshing</i> dan Uji Grid Independen	45
3.6	Running Simulasi	46
3.7	Manufaktur	46
3.8	Optimasi Desain Rangka Mobil KMLI	47
3.9	Simulasi Hasil Optimasi Desain Rangka Mobil KMLI.....	48
3.10	Nilai <i>Safety factor</i>	48
3.11	Grafik Hasil Simulasi Statis Sebelum dan Sesudah Optimasi.....	48
3.12	Analisa dan Pembahasan	49
3.13	Variabel Penelitian.....	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		57
4.1	Uji <i>Grid Independence</i> dan Skewness	57
4.2	Simulasi Statis	59
4.2.1	Tegangan Ekuivalen Maksimum.....	59

4.2.2	Deformasi.....	69
4.2.3	<i>Safety factor</i>	76
4.3	Massa Total Rangka	83
4.4	Analisis Kekuatan Spesifik Material	87
4.5	Rekomendasi Desain Rangka Mobil KMLI.....	88
BAB V PENUTUP.....		90
1.1	Kesimpulan.....	90
1.2	Saran.....	92
DAFTAR PUSTAKA		93
LAMPIRAN		96

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Skewness <i>mesh metrics spectrum</i>	36
Tabel 3.1 AISI 1020 material <i>properties</i>	41
Tabel 3.2 AISI 4130 material <i>properties</i>	41
Tabel 3.3 Al 7075 T-6 material <i>properties</i>	41
Tabel 3.4 Al 6061 T-6 material <i>properties</i>	41
Tabel 3.5 Berat komponen	42
Tabel 3.6 Distribusi gaya pengemudi.....	43
Tabel 3.7 Massa rangka.....	44
Tabel 3.8 Skewness <i>mesh metrics spectrum</i>	46
Tabel 3.9 Variabel penelitian	49
Tabel 4.1 Hasil uji <i>grid independence</i>	57
Tabel 4.2 Kekuatan spesifik antar material.....	88

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Mobil listrik.....	26
Gambar 2.2 Sasis mobil	27
Gambar 3.1 Diagram alir.....	39
Gambar 3.2 <i>Boundary condition</i> statis.....	44
Gambar 4.1 Hasil uji <i>grid independece</i>	58
Gambar 4.2 Hasil meshing dan rata-rata skewness.....	59
Gambar 4.3 Hasil tegangan ekuivalen desain awal material AISI 1020	60
Gambar 4.4 Grafik perbandingan tegangan ekuivalen maksimum desain awal terhadap material	61
Gambar 4.5 Pengurangan geometri frontal depan.....	62
Gambar 4.6 Konfigurasi rangka area samping.....	62
Gambar 4. 7 Kofigurasi rangka area tengah.....	63
Gambar 4.8 Pengurangan diameter frontal belakang	63
Gambar 4.9 Penambahan pipa bagian tengah	63
Gambar 4.10 Hasil tegangan ekuivalen desain optimasi 1 material AISI 1020.....	64
Gambar 4.11 Grafik perbandingan tegangan ekuivalen maksimum desain optimasi 1 terhadap material	65
Gambar 4.12 Perubahan konfigurasi pipa tengah pada desain optimasi 2.....	66
Gambar 4.13 Hasil tegangan desain optimasi 2 material AISI 1020	67
Gambar 4.14 Grafik perbandingan tegangan ekuivalen maksimum desain optimasi 2 terhadap material	68

Gambar 4.15 Grafik perbandingan tegangan ekuivalen maksimum desain dengan material.....	69
Gambar 4.16 Hasil deformasi desain awal material AISI 1020.....	70
Gambar 4.17 Grafik perbandingan deformasi maksimum desain awal terhadap material.....	71
Gambar 4.18 Hasil deformasi desain optimasi 1 material AISI 1020.....	72
Gambar 4.19 Grafik perbandingan deformasi maksimum desain optimasi 1 terhadap material.....	73
Gambar 4.20 Hasil deformasi desain optimasi 2 material AISI 1020.....	74
Gambar 4.21 Grafik perbandingan deformasi maksimum desain optimasi 2 terhadap material.....	75
Gambar 4.22 Grafik perbandingan deformasi maksimum desain dengan material ...	76
Gambar 4.23 Hasil <i>safety factor</i> minimum desain awal material AISI 1020	77
Gambar 4.24 Grafik perbandingan <i>safety factor</i> minimum desain awal terhadap material.....	78
Gambar 4.25 Hasil <i>safety factor</i> minimum optimasi 1 material AISI 1020	79
Gambar 4.26 Grafik perbandingan nilai <i>safety factor</i> minimum desain optimasi 1 terhadap material	80
Gambar 4.27 Hasil <i>safety factor</i> minimum desain optimasi 2 material AISI 1020 ...	81
Gambar 4.28 Grafik perbandingan nilai <i>safety factor</i> minimum desain optimasi 2 terhadap material	82
Gambar 4.29 Grafik perbandingan <i>safety factor</i> minimum desain dengan material .	83
Gambar 4.30 Grafik perbandingan massa desain awal terhadap material	84
Gambar 4.31 Grafik perbandingan massa desain optimasi 1 terhadap material	85

Gambar 4.32 Grafik perbandingan massa desain optimasi 2	86
Gambar 4.33 Grafik perbandingan massa antar desain.....	87

DAFTAR NOTASI DAN SIMBOL

Simbol	Keterangan	Pertama kali muncul Halaman
σ	Tegangan normal	29
F	Gaya	29
A	Luas penampang	29
σ_y	Tegangan <i>von mises</i>	29
σ	Tegangan normal	29
τ	Tegangan geser	29
V	Gaya geser	30
Q	Momen pertama bidang	30
I	Momen inersia	30
b	Lebar penampang	30
ε	Regangan	31
L_0	Panjang mula-mula	31
L	Panjang setelah diberi gaya	31
ΔL	Panjang atau penambahan panjang	31
E	Modulus elastisitas	32
m	Massa	32
a	Percepatan	32
F_D	Gaya hambat	33
ρ	Massa jenis udara	33
C_D	Koefisien hambat	33
A	Luas penampang	33
v	Kecepatan kendaraan	33
S_f	<i>Safety factor</i>	34
σ_y	Tegangan luluh material	34
σ_{actual}	Tegangan kerja aktual	34