



**DESAIN *WHEEL RIM* BERBAHAN CARBON FIBER  
UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II**

**SKRIPSI**

**ELMIR FIKHALQI MADDANATJA  
1810311023**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
2022**



**DESAIN *WHEEL RIM* BERBAHAN CARBON FIBER  
UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II**

**SKRIPSI**

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

**ELMIR FIKHALQI MADDANATJA  
1810311023**

**UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL VETERAN JAKARTA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
2022**

## HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh:

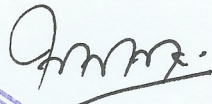
Nama : Elmir Fikhalqi Maddanatja  
NIM : 1810311023  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : DESAIN WHEEL RIM BERBAHAN CARBON FIBER  
UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta.



(Budhi Martana, S.T., M.M.)

Penguji Utama



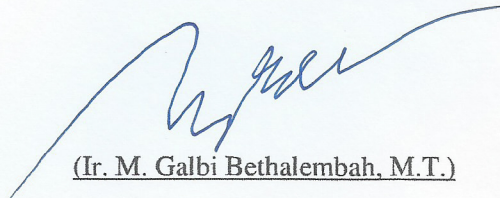
(Fahrudin, S.T., M.T.)

Penguji Lembaga



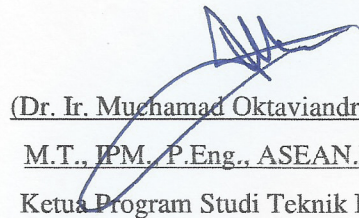
(Dr. Ir. Reda Rizal, B.Sc. M.Si. IPU)

Dekan Fakultas Teknik



(Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.)

Pembimbing 1



(Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas,

M.T., IPM, P.Eng., ASEAN.Eng.)

Ketua Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal Ujian : 27 Juni 2022

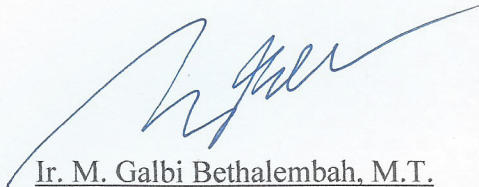
## HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Elmir Fikhalqi Maddanatja  
NIM : 1810311023  
Program Studi : S1 Teknik Mesin  
Judul Skripsi : DESAIN *WHEEL RIM* BERBAHAN CARBON FIBER  
UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II

Telah dikoreksi dan diperbaiki oleh penulis atas arahan dari dosen pembimbing.

Menyetujui,



Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T.

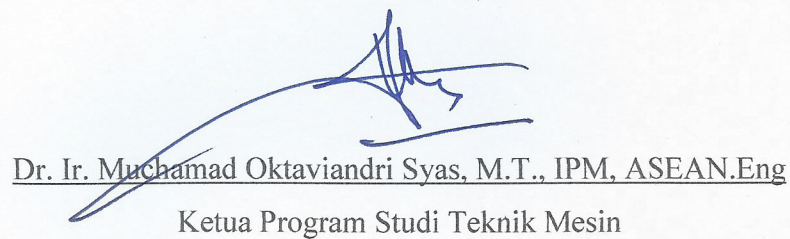
Pembimbing I



M. Arifudin Lukmana S.T., M.T.

Pembimbing II

Mengetahui,



Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri Syas, M.T., IPM, ASEAN.Eng  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

## PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

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

Nama : Elmir Fikhalqi Maddanatja

NIM : 1810311023

Fakultas : Teknik

Program Studi : S1 Teknik Mesin

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

Jakarta, 8 Juli 2022

Yang menyatakan,



Elmir Fikhalqi Maddanatja

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

---

Sebagai civitas akademik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Elmir Fikhalqi Maddanatja  
NIM : 1810311023  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

### **DESAIN *WHEEL RIM* BERBAHAN CARBON FIBER UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II**

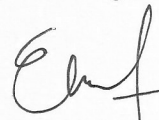
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti ini, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 8 Juli 2022

Yang menyatakan,



(Elmir Fikhalqi Maddanatja)

# DESAIN *WHEEL RIM* BERBAHAN CARBON FIBER UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II

ELMIR FIKHALQI MADDANATJA

## ABSTRAK

Mengganti *wheel rim* (pelek) yang biasanya menggunakan aluminium alloy menggunakan material yang lebih ringan yaitu carbon fiber merupakan salah satu inovasi yang dapat diterapkan untuk mencapai tujuan pada mobil Soedirman II yaitu menjadi mobil yang memiliki efisiensi bahan bakar yang tinggi. Metode tersebut diharapkan dapat mengurangi massa total dari mobil sebesar mungkin agar gaya-gaya hambatan yang terjadi pada mobil saat berakselerasi dapat berkurang. Penentuan desain dilakukan dengan *design requirement* yang telah ditentukan, termasuk dengan mempertimbangkan regulasi lomba dan dengan pertimbangan data pembebanan Soedirman II. *Wheel rim* dibuat dengan model *disc* agar tegangan dapat terdistribusi dengan baik dan memiliki tingkat aerodinamika yang paling baik. *Wheel rim* didesain dengan 16 lembar carbon fiber prepreg dengan variasi sudut 45° menghasilkan massa *wheel rim* sebesar 0.61942 kg. Desain akhir menghasilkan produk yang lebih ringan 80% dari desain sebelumnya dan dapat mengurangi 5.72% dari massa total kendaraan Soedirman II dengan faktor keamanan 4.45.

**Kata Kunci:** Mobil Hemat Energi, *Wheel Rim*, Carbon Fiber

# ***CARBON FIBER WHEEL RIM DESIGN FOR SOEDIRMAN II CAR***

**ELMIR FIKHALQI MADDANATJA**

## ***ABSTRACT***

*Replacing the wheel rim (rim) which usually uses aluminum alloy using a lighter material, namely carbon fiber is one of the innovations that can be applied to achieve the goal of the Soediman II car, which is to become a car that has high fuel efficiency. This method is expected to reduce the total mass of the car as much as possible so that the drag forces that occur on the car when accelerating can be reduced. Determination of the design is carried out with the design requirements that have been determined, including taking into account the competition regulations and taking into account the forces acting on Soedirman II. The wheel rim model is wheel disc model so that the stress can be distributed properly and has the best aerodynamic. Wheel rim is designed with 16 sheets of carbon fiber prepreg with a 45° angle variation resulting in a wheel rim mass of 0.61942 kg. The final design produces a product that is 80% lighter than the previous design and can reduce 5.72% of the total mass of the Sudirman II vehicle with a safety factor of 4.45.*

**Keyword:** *Energy Efficient Car, Wheel Rim, Carbon Fiber*



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada kita sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**DESAIN WHEEL RIM BERBAHAN CARBON FIBER UNTUK MOBIL SOEDIRMAN II**”.

Skripsi ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta. Dalam proses penelitian ini penulis mendapat banyak bantuan baik moril maupun materiil dari berbagai pihak sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dengan rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT karena berkat nikmat, rahmat serta karunia yang diberikan oleh-Nya sehingga laporan magang ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Kepada Mama, Papa, serta saudara dan saudari penulis yang selalu memberi do'a dan semangat dalam proses magang dan penyusunan laporan.
3. Bapak Ir. M. Galbi Bethalembah, M.T. dan Bapak M. Arifudin Lukmana S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah bersedia membantu dan meluangkan waktu, serta memberikan arahan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.
4. Bapak Dr. Ir. Muchamad Oktaviandri, M.T., IPM, ASEAN.Eng selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta beserta segenap dosen serta karyawan Fakultas Teknik yang bersedia membagi pengetahuan dan pengalaman kepada penulis selama masa perkuliahan.
5. Teman-teman Teknik Mesin 2018 khususnya teman-teman dari KSM Patriot yang selalu hadir sebagai teman diskusi dan telah menjadi tempat penulis berkembang.
6. Abang-abang Senior KSM Patriot yang selalu sempat untuk membantu penulis dalam pengambilan dan pemrosesan data walaupun memiliki kegiatan lain.
7. Charisma Putri Sulaiman yang selalu memberikan dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan baik.

8. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis sadar dalam penyusunan tugas akhir ini masih ada banyak kekurangan maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk menyempurnakan laporan magang ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak.

Jakarta, 8 Juli 2022

Penulis

# DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PENGESAHAN PENGUJI.....	ii
PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
ORISINALITAS SKRIPSI .....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI .....	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 .....	1
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Sistematika Penulisan.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1. Desain Sebelumnya .....	4
2.2. Komposit .....	4
2.2.1. <i>Matrix</i> .....	8
2.2.2. <i>Reinforcement</i> (Penguat).....	9
2.3. Carbon Fiber.....	9
2.4. Kriteria Kegagalan Komposit.....	12
2.4.1. Kriteria Maximum Strain .....	13
2.4.2. Kriteria Maximum Stress .....	13
2.4.3. Kriteria Kegagalan <i>Quadratic</i> .....	13
2.4.3.1. Kriteria Tsai-Wu .....	14
2.4.3.2. Kriteria Tsai-Hill.....	14
2.4.3.3. Kriteria Hoffman.....	15

2.4.4.	Kriteria Kegagalan <i>Puck</i> .....	16
2.5.	<i>Wheel Rim</i> .....	16
2.5.1.	Gaya yang terjadi pada <i>wheel rim</i> .....	17
2.5.1.1.	Beban akibat komponen kendaraan .....	17
2.5.1.2.	Beban pengereman.....	20
2.5.1.3.	Beban saat kendaraan menikung.....	21
2.5.1.4.	Beban akibat tekanan udara ban .....	21
2.6.	<i>Finite Element Analysis</i> .....	23
2.6.1.	<i>Meshing</i> .....	23
BAB 3 METODE PENELITIAN.....		24
3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.2.	<i>Design Requirements</i> .....	25
3.3.	Data Pembebanan .....	25
3.3.1.	Distribusi Beban Komponen Kendaraan.....	25
3.3.2.	Beban Pengereman.....	27
3.3.3.	Beban Lateral .....	28
3.3.4.	Beban <i>Tire Air Pressure</i> .....	28
3.4.	<i>Finite Element Analysis</i> .....	28
3.4.1.	<i>Pre-processing</i> .....	28
3.4.1.1.	Pembuatan Desain.....	28
3.4.1.2.	Penentuan Material .....	30
3.4.1.3.	<i>Meshing</i> .....	31
3.4.1.4.	Penyusunan <i>Stackup</i> .....	32
3.4.1.5.	<i>Boundary Condition</i> .....	34
3.4.2.	<i>Processing</i> .....	36
3.4.3.	<i>Post-processing</i> .....	36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		38
4.1.	Perhitungan Gaya .....	38
4.1.1.	Gaya Akibat Komponen Kendaraan .....	38
4.1.2.	Gaya Pengereman.....	39
4.1.3.	Gaya Lateral .....	39
4.2.	Analisis Kualitas <i>Meshing</i> .....	40

4.3.	Analisis Kekuatan <i>Wheel Rim</i> .....	41
4.3.1.	Deformasi .....	41
4.3.2.	<i>Safety Factor</i> .....	42
4.3.3.	<i>Inverse Reserve Factor</i> .....	44
4.4.	Perbandingan Massa .....	45
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....		47
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran .....	47

DAFTAR PUSTAKA

RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Material properties fiber</i> (material murni tanpa <i>matrix</i> ) dan material konvensional lainnya. ....	10
Tabel 2.2 Perbandingan Wet Carbon dan Dry Carbon .....	11
Tabel 2.3 Kriteria kegagalan berdasarkan tipe lembaran. ....	12
Tabel 2.4 Tipe <i>wheel rim</i> berdasarkan material yang digunakan.....	17
Tabel 2.5 Contoh beban-beban pada kendaraan, .....	18
Tabel 2.6 Kualitas <i>meshing</i> berdasarkan <i>Orthogonal Quality</i> .....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi perangkat yang digunakan.....	25
Tabel 3.2 Massa komponen kendaraan Soedirman II .....	26
Tabel 3.3 Keterangan gaya distribusi beban komponen kendaraan Soedirman II	27
Tabel 3.4 Sifat Material Epoxy Carbon Woven (395 GPa) Prepreg.....	30
Tabel 3.5 Detail <i>boundary condition</i> .....	36
Tabel 4.1 Nilai reaksi yang dialami tumpuan .....	38

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Wheel rim</i> Soedirman generasi pertama.....	4
Gambar 2.2 Perbandingan antara perilaku pelat dengan material isotropik dan anisotropik terhadap beban tarik.....	5
Gambar 2.3 Tipe <i>fiber-reinforced composite</i> . (a) <i>Continuous fiber</i> , (b) <i>Woven fiber</i> , (c) <i>Chopped fiber</i> , (d) <i>Hybrid composites</i> . ....	7
Gambar 2.4 Klasifikasi komposit.....	7
Gambar 2.5 Struktur <i>sandwich</i> komposit menggunakan <i>honeycomb core</i> . ....	8
Gambar 2.6 Grafik <i>fatigue resistance</i> beberapa material struktur. ....	11
Gambar 2.7 Contoh distribusi beban pada kendaraan.....	18
Gambar 2.8 Tumpuan pada <i>free body diagram</i> kendaraan .....	19
Gambar 2.9 Permodelan untuk rumus mencari nilai pada tumpuan $R_a$ dan $R_b$ .....	19
Gambar 2.10 Permodelan sederhana roda pada kendaraan.....	20
Gambar 2.11 Permodelan sederhana kendaraan pada saat menikung.....	21
Gambar 2.12 Ilustrasi tekanan udara yang diberikan pada <i>wheel rim</i> dengan penggunaan ban <i>tubeless</i> .....	22
Gambar 2.13 Daerah aplikasi pembebanan pada model simulasi <i>wheel rim</i> .....	23
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 <i>Free-body diagram</i> distribusi beban komponen kendaraan Soedirman II.....	27
Gambar 3.3 Desain menggunakan SpaceClaim Design Modeler .....	29
Gambar 3.4 Bentuk desain <i>barrel wheel rim</i> .....	29
Gambar 3.5 Tampak depan desain <i>wheel rim</i> .....	30
Gambar 3.6 Detail pengaturan <i>mesh</i> yang digunakan.....	32
Gambar 3.7 <i>Stackup properties</i> desain <i>wheel rim</i> .....	33
Gambar 3.8 <i>Stackup Thickness</i> desain <i>wheel rim</i> .....	33
Gambar 3.9 Peletakan <i>Cylindrical Support</i> .....	34
Gambar 3.10 Permukaan yang diberi beban <i>Air Pressure</i> .....	35
Gambar 3.11 Permukaan yang diberi beban dan arah gaya <i>Remote Force</i> .....	35
Gambar 3.12 Seluruh <i>load</i> dan <i>boundary condition</i> yang diterapkan pada <i>wheel rim</i> .....	36

Gambar 3.13 <i>Project Schematic</i> yang diterapkan pada ANSYS Workbench.....	37
Gambar 4.1 Gaya yang terjadi pada tumpuan akibat komponen kendaraan.....	38
Gambar 4.2 Gaya yang terjadi pada <i>wheel rim</i> akibat komponen kendaraan.....	39
Gambar 4.3 Gaya yang terjadi pada <i>wheel rim</i> akibat pengereman.....	39
Gambar 4.4 Gaya yang terjadi pada <i>wheel rim</i> akibat beban lateral.....	40
Gambar 4.5 Hasil <i>meshing</i> desain <i>wheel rim</i> .....	40
Gambar 4.6 Grafik <i>orthogonal quality meshing</i> pada simulasi .....	41
Gambar 4.7 Detail hasil <i>meshing</i> yang diperoleh dan pengukuran <i>orthogonal quality</i> .....	41
Gambar 4.8 <i>Total Deformation</i> yang terjadi pada <i>wheel rim</i> .....	42
Gambar 4.9 <i>Safety Factor</i> pada tampak kiri <i>wheel rim</i> .....	43
Gambar 4.10 <i>Safety Factor</i> pada tampak kanan <i>wheel rim</i> .....	43
Gambar 4.11 Diagram <i>Goodman</i> Desain dan Pembebanan Wheel Rim .....	44
Gambar 4.12 <i>Inverse Reserve Factor</i> pada <i>wheel rim</i> .....	45
Gambar 4.13 Detail geometri volume, massa, dan luas permukaan <i>wheel rim</i> . ...	45



## **DAFTAR LAMPIRAN**

**Lampiran 1.** Gambar Teknik Desain *Wheel Rim*

**Lampiran 2.** ANSYS *Simulation Report*