



**PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARAAN FORMULA
BEREGULASI *FORMULA STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER*
(FSAE) JAPAN 2024**

SKRIPSI

ANGGIT EKA ADITYA

2010311064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL “VETERAN” JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

2024



**PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARAAN FORMULA
BEREGULASI *FORMULA STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER*
(FSAE) JAPAN 2024**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik

ANGGIT EKA ADITYA

2010311064

UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN" JAKARTA

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI S-1 TEKNIK MESIN

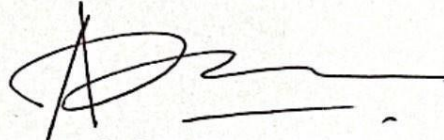
2024

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Skripsi diajukan oleh :

Nama : Anggit Eka Aditya
NIM : 2010311064
Program : S-1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARAAN FORMULA BEREGULASI FORMULA *STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER (FSAE) JAPAN 2024*

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.



(Armansyah, S.T., M.Sc., Ph.D)

Penguji Utama




(Dr. Damora Rhakasywi, S.T., M.T.)

Penguji Lembaga



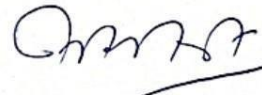
(Dr. Ir. Murchamad Oktaviandri
S.T., M.T., IPM, ASEAN Eng.)

Plt Dekan Fakultas Teknik



(Sigit Pradana, S.T., M.T.)

Pembimbing I



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

Kepala Program Studi Teknik Mesin

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 23 Juli 2024


LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING


Skripsi diajukan oleh :

Nama : Anggit Eka Aditya
NIM : 2010311064
Program : S-1 Teknik Mesin
Judul Skripsi : PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARA-
AN FORMULA BEREGULASI FORMULA *STUDENT OF
AUTOMOTIVE ENGINEER (FSAE) JAPAN 2024*


Telah dikoreksi atau diperbaiki oleh penulis sesuai 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,


(Sigit Pradana, S.T., M.T.)
Pembimbing I


(Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng.)
Pembimbing II

Mengetahui,


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

PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Anggit Eka Aditya
NIM : 2010311064
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

Bekasi, 28 Maret 2024

Yang menyatakan,



Anggit Eka Aditya

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademis Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Anggit Eka Aditya
NIM : 2010311064
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

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

**PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARAAN FORMULA
BEREGULASI FORMULA *STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER*
(*FSAE*) JAPAN 2024**

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 .

Dibuat di : Jakarta
Pada Tanggal : 24 Juni 2024

Yang menyatakan,



Anggit Eka Aditya

**PERANCANGAN STRUKTUR RANGKA KENDARAAN FORMULA
BEREGULASI FORMULA STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER (FSAE)
JAPAN 2024**

Anggit Eka Aditya

ABSTRAK

Formula Student merupakan program yang diusung oleh SAE (*Society of Automotive Engineer*) Internasional yang bertujuan untuk menyiapkan mahasiswa pra sarjana dan mahasiswa pascasarjana teknik sebagai bentuk penerapan teknik pada dunia nyata di bidang otomotif. Dalam *event* internasional tersebut, mahasiswa diminta untuk merancang mobil berteknologi tinggi yang terintegrasi berbagai aspek desain yang salah satunya adalah rangka. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan melakukan simulasi terhadap struktur rangka mobil *Formula Student* menggunakan *software* CAD dan CAE. Penelitian ini dimulai dengan membuat sketsa awal tentang konsep konfigurasi struktur rangka, pembuatan geometri (*3d modelling*), serta melakukan simulasi pengujian *Static Vertical Bending* dan *Torsional Stiffness* terhadap seluruh desain rangka dengan material AISI 4130. Didapatkan tiga desain rangka yang memiliki dimensi 2450 x 625 x 1115 mm yang nantinya akan dipilih yang terbaik sesuai dengan parameter massa, *von – mises stress*, *displacement*, dan nilai kekakuan torsi. Setelah dilakukan pengujian *Static Vertical Bending* dengan memberikan gaya dengan total 1353,78 N pada rangka dan pengujian *Torsional Stiffness* dengan memberikan gaya sebesar 1697,13 N pada bagian kanan dan kiri suspensi depan dengan arah yang saling berlawanan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain 2 menjadi rangka terbaik dengan massa sebesar 34,77 Kg, *von - mises stress* 112,13 MPa, *displacement* 0,57 mm, dan nilai kekakuan 1552,13 Nm/deg.

Kata Kunci : *Formula Student*, rangka, CAD, CAE, *Static Vertical Bending*, *Torsional Stiffness*, AISI 4130.

**DESIGN OF A CHASSIS STRUCTURE FOR A VEHICLE COMPLYING WITH
FORMULA STUDENT OF AUTOMOTIVE ENGINEER (FSAE) JAPAN 2024
REGULATIONS**

Anggit Eka Aditya

ABSTRACT

Formula Student is a program initiated by the SAE (Society of Automotive Engineers) International aimed at preparing undergraduate and graduate engineering students for real-world applications in the automotive field. In this international event, students are tasked with designing high-tech cars that integrate various design aspects, one of which is the chassis. This research aims to design and simulate the chassis structure of a Formula Student car using CAD and CAE software. The study begins with creating initial sketches of the chassis structure configuration concept, developing the geometry (3D modelling), and conducting simulation tests of Static Vertical Bending and Torsional Stiffness on all chassis designs using AISI 4130 material. Three chassis designs with dimensions 2450 x 625 x 1115 mm were obtained, and the best design will be selected based on the parameters of mass, von mises stress, displacement, and Torsional Stiffness. After conducting the Static Vertical Bending test by applying a total force of 1353.78 N to the chassis and the Torsional Stiffness test by applying a force of 1697.13 N to the right and left front suspension in opposite directions, simulation results showed that Design 2 is the best chassis with a mass of 34.77 Kg, von mises stress of 112.13 MPa, displacement of 0.57 mm, and Torsional Stiffness of 1552.13 Nm/deg.

Keywords : *Formula Student, chassis, CAD, CAE, Static Vertical Bending, Torsional Stiffness, AISI 4130.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat rahmat, hidayah, dan karunia-Nya, penulis mampu menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik dan tepat waktu. Adapun penulisan skripsi ini bertujuan untuk memenuhi persyaratan akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik, Program Studi S-1 Teknik Mesin.

Dalam penyelesaiannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini pun tak lepas dari bantuan berupa materi, informasi, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya kepada penulis sehingga berhasil menyelesaikan proposal skripsi dengan baik.
2. Kedua orang tua penulis yang selalu mendoakan serta memberikan dukungan moril dan materil kepada penulis.
3. Seluruh keluarga penulis yang memberikan semangat dan dukungan dalam berbagai hal untuk kelancaran dalam penulisan proposal skripsi ini.
4. Bapak Sigit Pradana, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dalam penulisan proposal skripsi.
5. Ibu Fitri Wahyuni, S.Si., M.Eng. selaku dosen pembimbing II dalam penulisan proposal skripsi.
6. Bapak Ir. Fahrudin, S.T., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Mesin yang sudah memberikan persetujuan mengenai penulisan proposal skripsi ini.
7. Semua pihak di Fakultas Teknik Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jakarta yang turut membantu dalam proses perizinan dan administrasi.
8. Semua pihak Neosia *Training Center* yang telah memberi banyak pengetahuan terkait *Computer Aided Design* .
9. Teman – teman Teknik Mesin angkatan 2020 yang telah memberikan dukungan serta doa.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, penulis menerima dengan lapang dada segala kritik, saran, dan masukan yang membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi yang positif dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidangnya serta menjadi langkah awal bagi penulis untuk terus berkarya dan berkontribusi lebih lanjut di masa depan.

Bekasi, Juli 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Rumusan Masalah.....	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Perancangan.....	6
2.3 Rangka	6
2.3.1 Syarat dan Fungsi Rangka	7
2.4 Jenis – Jenis Rangka	7
2.4.1 <i>Tubular Space Frame</i>	8
2.5 AISI 4130.....	9
2.6 Formula SAE Japan 2024	10
2.6.1 <i>Rules Design</i> Rangka dalam FSAE Japan 2024	10
2.7 Dinamika Kendaraan	16

2.7.1	<i>Centre of Gravity</i>	16
2.7.2	Beban Statis	17
2.7.3	Beban Vertikal Akibat Beban Statis	17
2.8	Kekakuan Torsi.....	18
2.9	Analisis Kekuatan Material.....	20
2.9.1	Konsep Tegangan - Regangan	20
2.9.2	Hukum <i>Hooke</i>	21
2.9.3	Tegangan <i>Von mises</i>	21
2.9.4	<i>Displacement</i> dan Deformasi.....	22
2.9.5	Faktor Keamanan.....	23
2.10	Metode Elemen Hingga	23
2.10.1	<i>Software</i> Analisis Elemen Hingga dan Cara Kerjanya	24
2.10.2	Konvergensi.....	25
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1	Diagram Alir	26
3.2	Studi Literatur	27
3.3	Variasi Penelitian	27
3.4	Pemilihan Material.....	27
3.5	Pembuatan Sketsa Awal	27
3.6	Perhitungan Gaya pada Struktur Rangka.....	28
3.7	Pembuatan Geometri	28
3.8	Analisis Desain	31
3.8.1	<i>Static Vertical Bending Test</i>	31
3.8.2	<i>Torsional Stiffness Test</i>	32
3.9	Simulasi Menggunakan <i>Software</i>	34
BAB 4	PEMBAHASAN	37
4.1	Analisa Statis pada Rangka	37
4.1.1	<i>Overview</i> Dimensi Rangka	37
4.2	<i>Meshing</i> dan <i>Convergent Test</i>	37
4.2.1	Hasil <i>Convergent Test</i>	38
4.3	Hasil Pengujian <i>Static Vertical Bending</i>	44
4.3.1	Desain 1	44

4.3.2 Desain 2	46
4.3.3 Desain 3	48
4.4 Hasil Pengujian <i>Torsional Stiffness</i>	49
4.4.1 Desain 1	50
4.4.2 Desain 2	52
4.4.3 Desain 3	53
4.5 Analisis Hasil Pengujian Simulasi pada Rangka	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Tubular Space Frame</i> kendaraan KMLI	8
Gambar 2. 2 <i>AISI 4130 Steel Pipe</i>	10
Gambar 2. 3 <i>Main Frame Structure</i>	11
Gambar 2. 4 <i>Triangulasi</i>	12
Gambar 2. 5 <i>Helmet Clearance</i>	13
Gambar 2. 6 <i>Template driver position</i>	14
Gambar 2. 7 <i>Main Hoop & Front Hoop Braces Rules</i>	15
Gambar 2. 8 <i>Side Impact Structure Rules</i>	15
Gambar 2. 9 <i>Sumbu kendaraan menurut Standar SAE</i>	16
Gambar 2. 10 <i>Pembebanan Vertikal Pada Chassis</i>	18
Gambar 2. 11 <i>Arah gaya pada Torsional Stiffness Test</i>	18
Gambar 2. 12 <i>Penghitungan sudut puntir</i>	19
Gambar 2. 13 <i>Diagram hubungan tegangan dan regangan</i>	21
Gambar 2. 14 <i>Deformasi pada rangka</i>	22
Gambar 2. 15 <i>Momen inersia pada tubular frame</i>	23
Gambar 2. 16 <i>Elemen dan Nodes pada Ansys</i>	25
Gambar 3. 1 <i>Diagram Alir Penelitian</i>	26
Gambar 3. 2 <i>Hasil Sketching Rangka</i>	29
Gambar 3. 3 <i>Rangka yang sudah diberi profil</i>	30
Gambar 3. 4 <i>Beban dan Fix Support Static Vertical Bending Test</i>	32
Gambar 3. 5 <i>Beban dan Fix Support Torsional Stiffness Test</i>	33
Gambar 3. 6 <i>Diagram alir simulasi</i>	34
Gambar 3. 7 <i>Tampilan project ansys workbench</i>	35
Gambar 3. 8 <i>Material Properties AISI 4130</i>	35
Gambar 4. 1 <i>Grafik uji konvergensi Static Vertical Bending Test desain 1</i>	38
Gambar 4. 2 <i>Grafik uji konvergensi Static Vertical Bending Test desain 2</i>	39
Gambar 4. 3 <i>Grafik uji konvergensi Static Vertical Bending Test desain 3</i>	40
Gambar 4. 4 <i>Grafik uji konvergensi Torsional Stiffness Test desain 1</i>	41
Gambar 4. 5 <i>Grafik uji konvergensi Torsional Stiffness Test desain 2</i>	42
Gambar 4. 6 <i>Grafik uji konvergensi Torsional Stiffness Test desain 3</i>	43

Gambar 4. 7 Hasil tegangan <i>Von - Mises</i> desain 1	44
Gambar 4. 8 Hasil <i>Displacement</i> maksimum pada desain 1	45
Gambar 4. 9 Hasil tegangan <i>Von - Mises</i> desain 2	46
Gambar 4. 10 Hasil <i>Displacement</i> maksimum desain 2	47
Gambar 4. 11 Hasil tegangan <i>Von - Mises</i> desain 3	48
Gambar 4. 12 Hasil <i>Displacement</i> maksimum desain 3	49
Gambar 4. 13 Metode perhitungan sudut puntir	50
Gambar 4. 14 <i>Displacement</i> pada desain 1 akibat torsi dengan beban $0,25 \times W$ 50	
Gambar 4. 15 Grafik sudut puntir desain 1 terhadap torsi.....	51
Gambar 4. 16 <i>Displacement</i> pada desain 2 akibat torsi dengan beban $0,25 \times W$ 52	
Gambar 4. 17 Grafik sudut puntir desain 2 terhadap torsi.....	53
Gambar 4. 18 <i>Displacement</i> pada desain 3 akibat torsi dengan beban $0,25 \times W$ 53	
Gambar 4. 19 Grafik sudut puntir desain 3 terhadap torsi.....	54
Gambar 4. 20 Perbandingan Desain 2 dengan Desain Tim Sapuangin <i>Speed</i>	56
Gambar 4. 21 Perbedaan desain dan susunan struktur chassis	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Material Properties</i> AISI 4130	9
Tabel 2. 2 Dimensi dan ketebalan <i>Frame</i>	12
Tabel 3. 1 <i>Material Properties</i> pada AISI 4130	27
Tabel 3. 2 Berat komponen kendaraan.....	28
Tabel 3. 3 Dimensi dan Ketebalan Profil yang digunakan.....	29
Tabel 3. 4 Total pembebanan pada <i>Static Vertical Bending</i>	31
Tabel 3. 5 Besar pembebanan <i>Torsional Stiffness Test</i>	32
Tabel 4. 1 Uji konvergensi <i>Static Vertical Bending Test</i> desain 1.....	38
Tabel 4. 2 Uji konvergensi <i>Static Vertical Bending Test</i> desain 2.....	39
Tabel 4. 3 Uji konvergensi <i>Static Vertical Bending Test</i> desain 3.....	40
Tabel 4. 4 Uji konvergensi <i>Torsional Stiffness Test</i> desain 1	41
Tabel 4. 5 Uji konvergensi <i>Torsional Stiffness Test</i> desain 2	42
Tabel 4. 6 Uji konvergensi <i>Torsional Stiffness Test</i> desain 3	43
Tabel 4. 7 Hasil iterasi simulasi pada desain 1	51
Tabel 4. 8 Hasil iterasi simulasi pada desain 2	52
Tabel 4. 9 Hasil iterasi simulasi pada desain 3	54
Tabel 4. 10 Perbandingan seluruh desain dan parameternya	55
Tabel 4. 11 Perbandingan <i>material properties</i> AISI 4130 dan AISI 1010	57

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1** Model desain rangka 1,2, dan 3.
- Lampiran 2** Hasil simulasi pengujian *Static Vertical Bending* desain 1.
- Lampiran 3** Hasil simulasi pengujian *Torsional Stiffness* desain 1.
- Lampiran 4** Hasil simulasi pengujian *Static Vertical Bending* desain 2.
- Lampiran 5** Hasil simulasi pengujian *Torsional Stiffness* desain 2.
- Lampiran 6** Hasil simulasi pengujian *Static Vertical Bending* desain 3.
- Lampiran 7** Hasil simulasi pengujian *Torsional Stiffness* desain 3.
- Lampiran 8** Perhitungan nilai kekakuan torsi menggunakan bantuan *excel*.
- Lampiran 9** Perhitungan target *Torsional Stiffness*.
- Lampiran 10** Referensi letak massa komponen.
- Lampiran 11** Lembar konsultasi bimbingan