

# **PERANCANGAN RANGKA MOBIL JTM EV**

**Skripsi**



**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD ZIAD RIZIEQULYA**

**3331200022**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**CILEGON-BANTEN**

**2024**

# **PERANCANGAN RANGKA MOBIL JTM EV**

**Skripsi**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan Strata-1 Pada  
Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**



**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD ZIAD RIZIEQULYA**

**3331200022**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2024**

# HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

## PERANCANGAN RANGKA MOBIL JTM EV

Yang dipersiapkan dan disusun oleh:

**Muhammad Ziad Riziequlya**

**3331200022**

Telah disetujui oleh dosen pembimbing skripsi

Pada tanggal <sup>14</sup>..... Agustus 2024

Dosen Pembimbing 1,

**Ir. Dhimas Satria, S.T., M. Eng**

**NIP. 198305102012121006**

Dosen Pembimbing 2,

**Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T.**

**NIP. 198902262015041002**

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan

Untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal <sup>14</sup>..... Agustus 2024

Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



**Ir. Dhimas Satria, S.T., M. Eng**

**NIP. 198305102012121006**

## TUGAS AKHIR

### Perancangan Rangka Mobil JTM EV

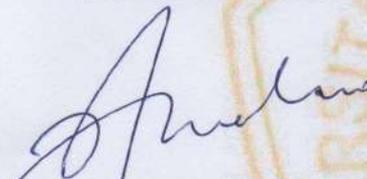
Dipersiapkan dan disusun Oleh :

**Muhammad Ziad Riziequlya**  
3331200022

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
pada tanggal, 28 Juni 2024

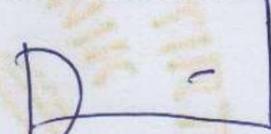
**Pembimbing Utama**

  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng  
NIP.198305102012121006

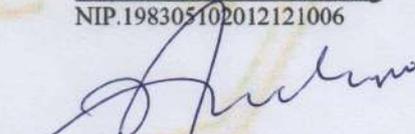
  
Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.  
NIP.198902262015041002

**Anggota Dewan Penguji**

  
Ir. Dedy Triawan Suprayogi, ST., M. Eng., Ph. D.  
NIP.198206212022031001

  
Dr. Dwinanto, ST., MT.  
NIP. 198301122008121001

  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng  
NIP.198305102012121006

  
Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.  
NIP.198902262015041002

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 30 Juli 2024  
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA

  
Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng  
NIP. 198305102012121006

## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tang di bawah ini,

Nama : Muhammad Ziad Riziequlya

NPM : 3331200022

Judul : Perancangan Rangka Mobil JTM EV

Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultang Ageng Tirtayasa,

### MENYATAKAN

Bahwa skripsi ini hasil karya sendiri dan tidak ada duplikat dengan karya orang lain, kecuali untuk yang telah disebutkan sumbernya.

Cilegon, Agustus 2024



Muhammad Ziad Riziequlya

NPM. 3331200022

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan lancar. Laporan tugas akhir ini berjudul "PERANCANGAN RANGKA MOBIL JTM EV" dan disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Penulisan laporan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Keluarga penulis, terima kasih atas doa, kasih sayang, dan motivasi yang tiada henti selama berkuliah di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
2. Bapak Ir. Dhimas Satria, S.T., M.Eng., selaku ketua Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa sekaligus Dosen Pembimbing I. terima kasih atas arahan dan bimbingannya selama proses penulisan laporan tugas akhir.
3. Bapak Dr. Mekro Permana Pinem, S.T., M.T., selaku Pembimbing II. Terima kasih atas dedikasi dalam membimbing serta arahan kepada tim proyek mobil listrik JTM.
4. Ibu Miftahul Jannah S.T., M.T., selaku Dosen koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
5. Seluruh Dosen dan Staff Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa yang telah memberikan bekal dengan bentuk ilmu dan bimbingan selama masa perkuliahan dari awal hingga akhir.
6. Kawan-kawan Tim Proyek JTM EV yang selalu memberikan semangat, menampung keluh dan kesah, serta dapat diajak bekerja sama selama proses pembangunan mobil JTM.
7. Kawan-kawan Teknik Mesin angkatan 2020 yang sudah memberikan semangat, masukan, serta dorongan selama perkuliahan.

8. Berbagai pihak lain yang tidak bisa saya sebutkan satu-persatu yang sudah menopang selama proses pembuatan laporan tugas akhir ini

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis menerima kritik dan saran yang membangun demi perbaikan laporan tugas akhir ini di masa depan. Akhir kata, penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Cilegon, Juli 2024

Penulis

## **ABSTRAK**

### **PERANCANGAN RANGKA MOBIL JTM EV**

Disusun Oleh:

**Muhammad Ziad Riziequlya**

**NIM. 3331200022**

Kebutuhan dunia akan pasokan energi tidak bisa dipungkiri kembali bahwa dunia ini memang membutuhkan pasokan energi dengan seiring bertambahnya populasi di dunia ini karena sebagian besar kebutuhan energi memanfaatkan energi dari bahan bakar fosil. Sumber energi fosil sangatlah terbatas dan diikuti penggunaannya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti bahan bakar fosil bisa menghasilkan karbon monoksida (CO) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) akibat sisa pembakaran. Rangka merupakan salah satu bagian yang paling penting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi yang kuat sesuai dengan kebutuhan mobil yang ingin dirancang untuk menahan beban kendaraan. Setiap konstruksi rangka yang dibuat haruslah memiliki harus mampu untuk menahan beban dari komponen yang ada di kendaraan. Hasil penelitian yang didapat pada penelitian ini adalah rangka yang digunakan untuk rangka mobil JTM EV adalah baja AISI 4130. Pembebanan rangka pada bagian di depan sebesar 245 N kemudian pembebanan rangka bagian belakang sebesar 863 N mengalami *displacement* sebesar 7,202 mm serta *safety of factor* yang didapatkan setelah melakukan pembebanan adalah 4,66 yang artinya rangka aman untuk digunakan.

**Kata Kunci :** *Baja AISI 4130, Rangka, Safety of Factor*

# **ABSTRACT**

## **JTM EV CAR FRAME DESIGN**

Disusun Oleh:

**Muhammad Ziad Riziequlya**

**NIM. 3331200022**

The world's need for energy supplies cannot be denied that the world really needs energy supplies as the world's population increases because most of the energy needs utilize energy from fossil fuels. Fossil energy sources are very limited and their use has a negative impact on the environment, such as fossil fuels can produce carbon monoxide (CO) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) due to combustion residue. The frame is one of the most important parts of a car which must have a strong construction according to the needs of the car which is designed to withstand the weight of the vehicle. Every frame construction that is made must be able to withstand the load of the components in the vehicle. The research results obtained in this study are that the frame used for the JTM EV car frame is AISI 4130 steel. The frame loading at the front is 245 N, then the rear frame load is 863 N, experiencing a displacement of 7,202 mm and the safety factor obtained after carrying out the load is 4.66, which means the frame is safe to use.

**Keywords :** *Steel AISI 4130, Frame, Safety of Factor*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II TINJAUAN UMUM PERUSAHAAN</b>	
2.1 <i>State of The Art</i> .....	4
2.2 <i>Low Emission Vehicle</i> .....	5
2.3 <i>Rangka / Frame</i> .....	7
2.4 <i>Macam-Macam Frame</i> .....	8
2.5 <i>Tegangan dan Regangan</i> .....	10
2.5.1 <i>Modulus Young</i> .....	11
2.5.2 <i>Von Mises Stress</i> .....	12
2.6 <i>Safety Factor</i> .....	13
<b>BAB III TINJAUAN PUSTAKA</b>	
3.1 <i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	14
3.2 <i>Alat yang Digunakan</i> .....	16
3.3 <i>Variabrl Penelitian</i> .....	17
3.4 <i>Prosesdur Penelitian</i> .....	17

## **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1 Dimensi Rangka Mobil JTM.....	18
4.2 Proses Perancangan Rangka Chasis .....	19
4.3 Pemilihan Material .....	17
4.3.1 Metode Kualitatif Ashby .....	20
4.3.2 Metode <i>Cost per Unit Property</i> .....	23
4.4 Pengujian Beban Total.....	25
4.5 Pembagian Sub Pengujian.....	27
4.5.1 Pengujian Rangka Bagian Depan .....	27
4.5.2 Pengujian Rangka Bagian Belakang.....	28
4.6 Hasil Pengujian .....	29
4.6.1 Pengujian <i>Stress</i> Rangka .....	29
4.6.2 Pengujian <i>Displacement</i> Rangka.....	29
4.6.3 Pengujian <i>Strain</i> Rangka.....	30

## **BAB V PENUTUP**

5.1 Kesimpulan .....	32
5.2 Saran.....	32

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<b>Gambar 2.1</b> Kendaraan <i>Hybrid</i> .....	6
<b>Gambar 2.2</b> Kendaraan Listrik .....	6
<b>Gambar 2.3</b> Kendaraan Hidrogen.....	7
<b>Gambar 2.4</b> Rangka/ <i>Frame</i> .....	7
<b>Gambar 2.5</b> Rangka <i>Ladder Frame</i> .....	9
<b>Gambar 2.6</b> Rangka <i>Monocue</i> .....	10
<b>Gambar 2.7</b> Rangka <i>SubFrame</i> .....	10
<b>Gambar 2.8</b> Tegangan dan Regangan.....	11
<b>Gambar 2.9</b> Grafik Regangan Tegangan .....	12
<b>Gambar 3.1</b> Diagram Alir Penelitian.....	16
<b>Gambar 4.1</b> Dimensi Chasis Mobil JTM EV .....	18
<b>Gambar 4.2</b> Proses Perancangan Rangka .....	19
<b>Gambar 4.3</b> Proses 3D <i>Sketch</i> .....	20
<b>Gambar 4.4</b> Proses Pembentukan Keseluruhan Rangka.....	20
<b>Gambar 4.5</b> Proses Perancangan Keseluruhan .....	20
<b>Gambar 4.6</b> Diagram Hubungan <i>Young's Modulous and Density</i> .....	21
<b>Gambar 4.7</b> Kurs Mata Uang 19 Juni 2024.....	24
<b>Gambar 4.8</b> <i>Stress</i> Rangka Mobil JTM .....	26
<b>Gambar 4.9</b> <i>Displacement</i> Rangka Mobil JTM.....	26
<b>Gambar 4.10</b> <i>Strain</i> Rangka Mobil JTM.....	26
<b>Gambar 4.11</b> <i>Stress</i> Pada Rangka Bagian Depan .....	27
<b>Gambar 4.12</b> <i>Displacement</i> Rangka Bagian Depan .....	27
<b>Gambar 4.13</b> <i>Strain</i> Rangka Bagian Depan.....	28
<b>Gambar 4.14</b> <i>Stress</i> Pada Rangka Bagian Belakang .....	28
<b>Gambar 4.15</b> <i>Displacement</i> Pada Rangka Bagian Belakang.....	28
<b>Gambar 4.16</b> <i>Strain</i> Pada Rangka Bagian Belakang .....	28
<b>Gambar 4.17</b> <i>Safety Factor</i> Keseluruhan Rangka .....	31
<b>Gambar 4.18</b> <i>Safety Factor</i> Rangka Bagian Belakang .....	31
<b>Gambar 4.19</b> <i>Safety Factor</i> Rangka Bagian Depan.....	31

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Nilai <i>Safety Factor</i> Berdasarkan Jenis Beban .....	13
<b>Tabel 4.1</b> Dimensi Rangka Mobil JTM EV .....	18
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan Nilai Indeks Setiap Material .....	22
<b>Tabel 4.3</b> Perbandingan Harga Material .....	23
<b>Tabel 4.4</b> <i>Relative Cost Material</i> .....	24
<b>Tabel 4.5</b> Karakteristik Material .....	25
<b>Tabel 4.6</b> Pembagian Sub Pengujian .....	27
<b>Tabel 4.7</b> Pengujian <i>Stress</i> .....	29
<b>Tabel 4.8</b> Pengujian <i>Displacement</i> .....	29
<b>Tabel 4.9</b> Pengujian <i>Strain</i> .....	30

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebutuhan dunia akan pasokan energi tidak bisa dipungkiri kembali bahwa dunia ini memang membutuhkan pasokan energi dengan seiring bertambahnya populasi di dunia ini karena sebagian besar kebutuhan energi memanfaatkan energi dari bahan bakar fosil. Sumber energi fosil sangatlah terbatas dan diikuti penggunaannya yang memberikan dampak negatif terhadap lingkungan seperti bahan bakar fosil bisa menghasilkan karbon monoksida (CO) dan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) akibat sisa pembakaran. Kesadaran akan pentingnya emisi gas dari pembakaran fosil telah mendorong upaya untuk beralih ke sumber energi yang ramah lingkungan salah satunya adalah penggunaan bahan bakar hidrogen.

Banyak perkembangan teknologi yang ada di dunia otomotif salah satunya merupakan perkembangan teknologi sistem permbakaran dengan meningkatkan efektifitas sistem pendukung yang lainnya salah satunya adalah chasis. Sistem chasis yang ada pada mobil meliputi sebagian besar komponen yang ada dalam kendaraan seperti rem, sistem kemudi, roda dan suspensi yang diatur dan divariasikan dengan pengaturan yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi dari kendaraan tersebut.

Menurut (Mulyanto et al., 2021) rangka merupakan bagian yang sangat sangat krusial bagi kendaraan yang harus mempunyai konstruksi yang sangat kuat agar bisa menahan beban kendaraan baik itu penumpang, mesin serta sistem kemudi yang ada pada mobil tersebut. Struktur pada rangka haruslah memiliki ketahanan yang sangat kuat. Rangka merupakan sebuah struktur yang disambung kaku yang harus mampu menahan gaya aksial, gaya normal dan gaya momen.

Pentingnya peranan chasis pada sebuah kendaraan menjadi sebuah acuan dalam perancangan pembuatan kendaraan. Adapun beberapa jenis chasis yaitu *ladder frame*, *tubular space frame*, *space frame*, *back bone chassis* dan *monocoque*. Agar tidak membani kerja pada mesin yang digunakan chasis harus dibuat sesuai dengan kebutuhan, selain melihat dari chasis yang kuat dan kokoh maka diperlukan

sebuah simulasi pembebanan pada perancangan chasis untuk mengukur tingkat kekuatan chasis terhadap pembebanan. Dengan melakukan proses perancangan menggunakan *solidworks*, chasis tidak harus memiliki bentuk fisik karena dengan melakukan simulasi pembebanan pada *solidworks* sendiri dapat memvisualisasikan, mensimulasikan dan menganalisis suatu rancangan produk.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Adapun beberapa rumusan masalah pada penelitian perancangan rangka ini, bagaimana caranya agar rangka mobil JTM ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

1. Sesuai dengan kebutuhan, mampu menahan beban total yang dialami oleh rangka mobil.
2. Rangka efisien, ringan, dapat menahan beban total kendaraan dan memiliki harga yang relatif terjangkau.
3. Memiliki nilai *safety factor* di atas standar.

## **1.3 Tujuan Peneliiian**

Adapun beberapa tujuan yang akan di capai dari penelitian ini, berdasarkan dari rumusan masalah, penelitian ini berfokus pada rancangan mobil JTM, yaitu:

1. Rangka yang dibuat dipilih sesuai dengan spesifikasi.
2. Mengetahui pembebanan yang diberikan pada rangka yang dibuat.
3. Mengetahui nilai *safety factor* rangka yang dibuat serta mengetahui seberapa besar *displacement* pada rangka.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Beberapa manfaat penelitian yang didapatkan setelah melakukan perancangan rangka dan melakukan simulasi pada rangka, antara lain:

1. Mengurangi resiko kegagalan rangka.
2. Penggunaan material dapat dioptimalkan.

## **1.5 Batasan Masalah**

Adapun beberapa batasan masalah yang ada pada penelitian ini, agar penelitian menjadi terfokus maka dibuat batasan masalah ini, berikut adalah batasan masalah

pada penelitian ini:

1. Penelitian hanya terbatas pada perancangan rangka mobil JTM.
2. Penelitian menggunakan aplikasi *solidworks* untuk membuat desain rangka mobil JTM serta melakukan simulasi pembebanan statis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 *State of The Art*

(Arie et al., 2021) melakukan sebuah penelitian rangka kendaraan dengan jenis rangka tipe *ladder frame* untuk struktur sasis mobil listriknya. Material rangka atau *frame* yang digunakan pada penelitian tersebut menggunakan material berbahan aluminium dengan besi *hollow* berukuran 75 x 25 x 0,9 mm. Pada penelitian ini pengujian dilakukan menggunakan aplikasi *solidworks* untuk mensimulasikan pembebanan statis dimana rangka tersebut diuji *von mises stress* yang dimana dari hasil tersebut diketahui pendistribusian tegangan yang dialami oleh rangka beserta nilai *safety factor* nya. Tahap akhir penelitian ini didapatkan nilai *von mises stress* sebesar 43,0767 Mpa dan mendapatkan nilai *safety factor* sebesar 6,3896.

(Ellianto & Nurcahyo, 2020) melakukan penelitian mengenai rangka prototipe mobil listrik dengan tiga roda menggunakan material berbahan dasar aluminium paduan 6061. Jenis rangka yang digunakan pada mobil prototype ini berjenis *ladder frame* menggunakan besi *hollow* berukuran 50 x 50 x 3 mm. Penelitian mengenai rangka ini menggunakan aplikasi *autodesk inventor* dengan melakukan simulasi pembebanan statis dengan beban maksimal sebesar 1.200 N. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah nilai *von mises stress* maksimal sebesar 52,48 Mpa kemudian mendapatkan hasil *displacement* sebesar 0,477 mm dan nilai *safety factor* pada rangka ini adalah 15.

Dari ulasan penelitian sebelumnya bisa disimpulkan bahwa (Arie et al., 2021) melakukan penelitian mengenai rangka jenis *ladder frame* menggunakan aplikasi *solidworks* tetapi hanya menggunakan parameter nilai *von mises stress* dan *safety factor* pada rangka yang diuji. Sehingga dari penelitian ini masih bisa dikembangkan dengan menambahkan parameter dari penelitian ini yaitu menambahkan parameter nilai *displacement* dan parameter *strain* untuk melihat seberapa besar rangka dapat menahan beban total kendaraan. Penelitian (Ellianto & Nurcahyo, 2020) yaitu penelitian rangka berjenis *ladder frame*, tetapi penelitian mengenai rangka *ladder frame* ini hanya sebatas mobil *prototype* dengan nilai *safety factor* yang didapatkan

dari penelitian ini di atas 1 yaitu 15 yang bisa dikatakan rangka ini sangat aman untuk digunakan meskipun hanya mobil *prototype*.

## 2.2 *Low Emission Vehicle*

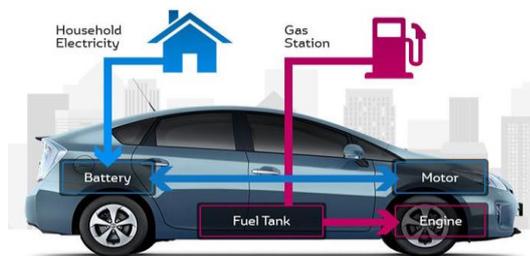
Bahan bakar fosil masih menjadi salah satu bahan bakar yang paling banyak digunakan di dunia ini, dengan jumlah kendaraan yang semakin hari semakin banyak menyebabkan polusi udara yang berasal dari emisi gas buang yang berasal dari bahan bakar fosil sehingga menyebabkan polusi udara. Solusi yang terbaik untuk hal ini adalah dengan menggunakan kendaraan rendah emisi menggunakan bahan alternatif sebagai kendaraan masa depan dengan desain khusus. Kendaraan di desain semudah mungkin untuk memudahkan penggunaannya karena seiring perkembangan zaman sebagai pengendara harus memikirkan emisi gas buang yang dihasilkan dari kendaraan tersebut.

Kendaraan rendah emisi merupakan kendaraan yang dirancang sebagai salah satu bentuk untuk mengurangi atau menghasilkan lebih sedikit polusi dan emisi gas buang dengan upaya untuk mencegah polusi udara berlebih (Bachtiar, 2005). Emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan yang memang khusus dibuat untuk mengurangi polusi udara memakai bahan alternatif agar penggunaan energi untuk kendaraan lebih efisien serta mengurangi pemborosan energi yang biasanya dihasilkan oleh kendaraan konvensional. Akan tetapi, tantangan akan mahalnya sumber energi untuk kendaraan rendah emisi menjadi salah satu hambatan mengapa kendaraan rendah emisi belum terlalu digunakan. Infrastruktur pengisian yang masih terbatas untuk kendaraan rendah emisi ini menjadi tantangan tersendiri untuk beralih dari kendaraan konvensional menuju kendaraan rendah emisi.

Kendaraan rendah emisi memiliki banyak jenis yang dapat diketahui saat ini, mulai dari menggabungkan antara mesin konvensional dengan motor listrik atau disebut dengan kendaraan *hybrid* hingga menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar kendaraan seperti yang marak dikembangkan saat ini, berikut ini merupakan beberapa jenis kendaraan rendah emisi:

- A. *Hybrid Vehicle*, Mobil hybrid menggabungkan dua sistem yaitu sistem pada mobil konvensional dan sistem pada mobil listrik. Mobil konvensional memperoleh tenaga dari bahan bakar seperti bensin, solar, atau gas. Sementara

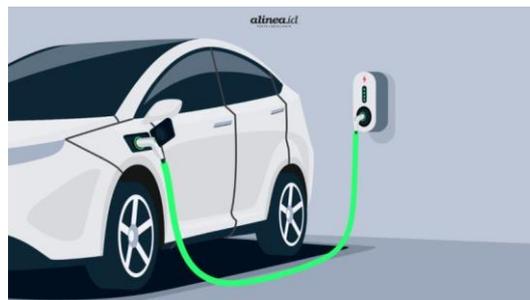
itu, mobil hybrid mengkombinasikan teknologi mobil listrik dan konvensional, menggunakan mesin pembakaran untuk memaksimalkan kekuatan dari kedua sumber daya tersebut, sehingga saling melengkapi kekurangan masing-masing. Hal ini menghasilkan efisiensi bahan bakar yang lebih tinggi dan performa yang optimal. Sebaliknya, mobil listrik sepenuhnya bergantung pada tenaga listrik tanpa membutuhkan pembakaran. Energi listrik diubah menjadi tenaga melalui motor listrik untuk menggerakkan mobil. Mesin pada mobil listrik bertujuan untuk menyediakan daya yang diperlukan selama perjalanan, dan motor listrik beralih saat akselerasi, yang secara signifikan meningkatkan efisiensi jarak tempuh kendaraan (Sapto & Yamin, 2014).



**Gambar 2.1** Kendaraan *Hybrid*

(Sumber: speedwork.com)

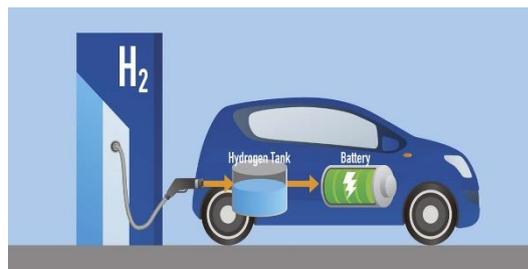
- B. *Electric Vehicle*, Kendaraan listrik adalah jenis kendaraan yang mengandalkan motor listrik sebagai sumber tenaga utamanya, berbeda dengan kendaraan konvensional yang menggunakan mesin pembakaran internal (ICE). Energi untuk kendaraan listrik disimpan dalam baterai yang dapat diisi ulang melalui sumber listrik eksternal.



**Gambar 2.2** Kendaraan Listrik

(Sumber: alinea.id)

C. Hidrogen *Fuel Cell*, Kendaraan listrik umumnya mendapat daya listriknya melalui proses pengisian baterai. Jenis kendaraan ini menggunakan teknologi di mana energi kimia dari hidrogen dikonversi menjadi tenaga listrik melalui *fuel cell stack*. Perangkat ini berfungsi sebagai tempat terjadinya reaksi elektrokimia antara hidrogen dan oksigen, terdiri dari anoda, katoda, dan elektrolit. Kendaraan *electric fuel cell* ini merupakan kendaraan dengan emisi nol, menghasilkan hanya air sebagai hasilnya yang aman untuk dikonsumsi. Karena tidak memerlukan pengisian baterai, kendaraan ini sangat ideal untuk perjalanan baik jarak jauh maupun dekat (Shear, 2012).



**Gambar 2.3** Kendaraan Hidrogen

(Sumber: protea.ltd)

### 2.3 Rangka/*Frame*

Rangka merupakan salah satu bagian yang paling penting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi yang kuat sesuai dengan kebutuhan mobil yang ingin dirancang untuk menahan beban kendaraan. Setiap konstruksi rangka yang dibuat haruslah memiliki harus mampu untuk menahan beban dari komponen yang ada di kendaraan. Rangka merupakan bagian penting pada mobil sebagai tulang punggung yang harus menahan beban komponen pada kendaraan baik penumpang, mesin, sistem kendaraan dan kemudi (Mulyanto et al., 2021).



**Gambar 2.4** Rangka/*Frame*

(Sumber: kompasotomotif.com)

Rangka dalam struktur teknik ini adalah elemen yang berfungsi utama untuk menahan beban dan menjaga kestabilan struktur. Elemen rangka merupakan elemen dua dimensi yang menggabungkan sifat elemen *truss* (rangka batang) dan *beam* (balok) sehingga mampu menahan beban aksial (tarik dan tekan), geser dan momen lentur. Berikut ini merupakan fungsi utama dari rangka struktur (Mulyanto et al., 2021):

- A. Menahan beban, Rangka dirancang untuk menahan berbagai jenis beban, baik beban statis maupun dinamis, seperti beban gravitasi, angin, gempa, dan lainnya. Beban tersebut ditransfer melalui elemen-elemen rangka ke fondasi.
- B. Memberikan kestabilan struktur, Rangka memberikan kestabilan terhadap struktur secara keseluruhan. Ini membantu mencegah deformasi atau keruntuhan struktur akibat beban yang bekerja padanya.
- C. Mengalihkan beban, Rangka bertindak sebagai media untuk mengalihkan beban dari satu elemen ke elemen lainnya sampai akhirnya beban tersebut disalurkan ke fondasi.
- D. Menyediakan dukungan untuk elemen lain, Rangka memberikan dukungan dan penopang untuk elemen-elemen struktural lainnya seperti lantai, dinding, dan atap.
- E. Memungkinkan desain ruang yang fleksibel, Dengan menggunakan elemen rangka, desain ruang dalam bangunan bisa lebih fleksibel karena rangka dapat mendukung area terbuka yang lebih besar tanpa membutuhkan banyak dinding pembatas.
- F. Mengurangi berat struktur, Penggunaan rangka dapat mengurangi berat total struktur karena efisiensi distribusi beban dan penggunaan material yang lebih optimal.

#### **2.4 Macam-Macam *Frame***

Rangka adalah struktur kaku yang dirancang untuk menahan atau mengangkat beban yang biasanya stasioner. Rangka memiliki fungsi statis sebagai penguat struktur dan sebagai tempat menambatkan berbagai komponen dalam kendaraan bermotor. Selain itu, rangka juga memiliki fungsi dinamis, yang meningkatkan stabilitas pengendalian kendaraan, memberikan handling yang baik, dan

meningkatkan kenyamanan berkendara. Secara umum, rangka (frame) dapat dibagi menjadi tiga jenis utama, yaitu (Sinaga et al., 2024):

- A. *Ladder Frame*, Dinamakan demikian karena kemiripannya dengan tangga, ladder frame adalah konstruksi rangka yang paling sederhana dan tertua dari semua desain rangka. Konstruksi ini terdiri dari dua rel atau balok simetris yang disambungkan oleh bagian tengah. Pada awalnya, rangka jenis ini digunakan pada semua jenis kendaraan. Namun, sejak tahun 1940, penggunaan ladder frame mulai dihapuskan pada mobil dan kini lebih banyak digunakan pada truk dan bus. Desain rangka ini memiliki ketahanan balok yang baik karena rel atau baloknya berlanjut dari depan sampai belakang. Meskipun demikian, rangka jenis ini memiliki resistansi yang sangat kecil terhadap torsi, sehingga rentan mengalami lengkungan. Selain itu, tinggi keseluruhan kendaraan menjadi lebih tinggi karena tempat duduk berada di atas rangka, bukan di dalamnya.



**Gambar 2.5** Rangka *Ladder Frame*

(Sumber: toyota.com)

- B. *Unibody / Monocue*, Chasis monokok sering digunakan pada mobil sedan. Konsep chasis monokok pertama kali muncul pada tahun 1923 dengan mobil Lancia Lambda. Secara perlahan, chasis monokok menghilangkan penggunaan chasis batang dan mengintegrasikan setiap komponen bodi mobil yang mampu menopang mesin serta komponen lainnya. Alasan utama penggunaan chasis monokok pada kendaraan ringan dan mobil penumpang adalah untuk meningkatkan efisiensi proses produksi, karena tidak lagi memerlukan bodi terpisah. Keunggulan dari chasis yang tergabung dengan bodi mobil adalah saat kendaraan melewati jalanan yang tidak stabil, di mana ruang kabin menjadi lebih aman karena gaya benturan langsung disalurkan ke bodi kendaraan.



**Gambar 2.6** Rangka *Monocue*  
(Sumber: kompasotomotif.com)

- C. *SubFrame*, Subframe adalah komponen struktural kendaraan yang memiliki peran khusus dan biasanya dihubungkan dengan unibody. Biasanya terletak di bagian depan kendaraan, kadang-kadang juga di bagian belakang. Fungsi utamanya adalah untuk menopang mesin, drivetrain, dan suspensi. Proses penyambungan subframe dengan unibody dilengkapi dengan bushing karet untuk meredam getaran.

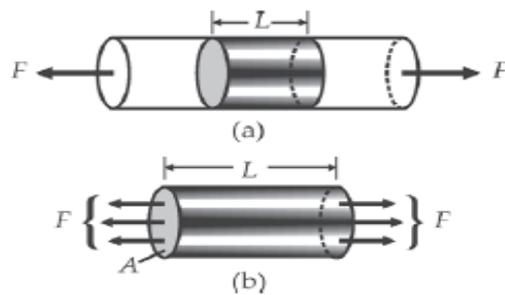


**Gambar 2.7** Rangka *SubFrame*  
(Sumber: carvaganza.com)

## 2.5 Tegangan dan Regangan

Tegangan merupakan respons yang ditunjukkan oleh sebuah material terhadap gaya atau beban yang bekerja padanya. Ketika suatu material dengan luasan penampang yang serupa dikenai beban searah, tegangan akan muncul di dalam material tersebut. Semua bahan mengalami perubahan bentuk karena pengaruh gaya, ada yang dapat mengembalikan bentuk aslinya setelah gaya dilepaskan, sementara yang lain tetap mempertahankan bentuk yang berubah, entah sedikit atau

banyak. Istilah "tegangan" merujuk pada perbandingan antara perubahan bentuk dan dimensi yang diinduksi oleh gaya eksternal yang bekerja pada material tersebut, yang dinyatakan secara matematis dalam bentuk persamaan. Sementara regangan merupakan regangan merupakan ukuran seberapa banyak perubahan panjang suatu material. Ketika tegangan diberikan pada material dari luar, regangan adalah respons material terhadap tegangan tersebut. Hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk bahan elastis dalam batas elastisitasnya, yang menyatakan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan (Wulandari & Agusty, 2021).



**Gambar 2.8** Tegangan dan Regangan  
(Sumber: Kompa.com)

### 2.5.1 Modulus Young

Modulus elastisitas atau *modulus young* merupakan parameter-parameter yang menggambarkan hubungan linier antara tegangan dan regangan pada suatu batang yang mengalami tarikan atau tekanan. Semakin tinggi nilai modulus ini, semakin kecil regangan elastis yang terjadi pada tingkat beban tertentu, atau dengan kata lain, material tersebut semakin kaku (*stiff*) (Wulandari & Agusty, 2021). Selama gaya ( $F$ ) yang bekerja pada benda elastis tidak melampaui batas elastisitas maka perbandingan antara tegangan ( $T$ ) dengan regangan adalah konstan. Bilangan (konstanta) tersebut dinamakan dengan Modulus Young atau Modulus Elastisitas ( $E$ ). Jadi *modulus young* adalah perbandingan antara tegangan dengan regangan yang dialami oleh suatu benda. Modulus young dapat dirumuskan sebagai berikut.:

$$E = \frac{F \cdot l_0}{\Delta l \cdot A} \dots\dots\dots 2.1$$

Dimana :

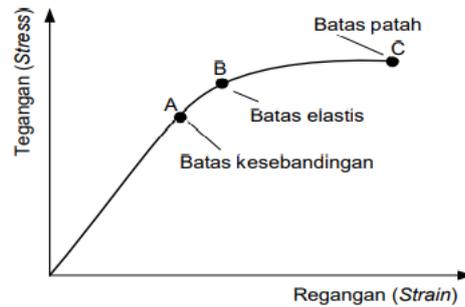
$E$  = Modulus Young

$F$  = Gaya (N)

$L_0$  = Panjang mula mula (cm)

$\Delta L$  = pertambahan Panjang (cm)

$A$  = Luas penampang ( $\text{cm}^2$ )



**Gambar 2.9** Grafik Regangan Tegangan

Gambar 2.9 menunjukkan grafik tegangan dan regangan untuk batang padat biasa. Grafik tersebut linier sampai titik A. Hasil bahwa regangan berubah secara linier dengan tegangan dikenal sebagai hukum Hooke. Titik B adalah batas elastik. Jika batang ditarik melampaui titik ini batang tidak akan kembali ke panjangnya semula, tetapi berubah bentuk secara tetap. Jika tegangan yang bahkan lebih besar diberikan, bahan akhirnya patah. Seperti ditunjukkan oleh titik C.

### 2.5.2 *Von Mises Stress*

Tegangan *von mises* atau *von mises stress* merupakan sebuah teori dalam mekanika kekuatan bahan berguna untuk mengevaluasi kegagalan yang terjadi pada material yang diberikan beban kompleks (Wunda et al., 2019). Menggunakan teori ini dapat diasumsikan bahwa kegagalan suatu material terjadi jika nilai tegangan suatu material mencapai nilai tertentu atau maksimalnya yang disebut dengan batas kegagalan. *Von mises stress* merupakan teori umum yang digunakan untuk menentukan kegagalan dari material yang diberikan tegangan geser dan tegangan normal dari beberapa arah.

Teori kegagalan *von mises stress* sering digunakan untuk melihat dan memprediksi apakah material tersebut bisa digunakan atau tidak jika diberikan beban dari berbagai arah. Teori ini juga berguna untuk mencari nilai *safety factor* dengan

menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_e} \dots\dots\dots 2.2$$

Dimana:

$\eta$  = Faktor Keamanan

$S_y$  = Tegangan luluh material (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma_e$  = Tegangan *von mises* maksimum (N/m<sup>2</sup>)

Konsep dari *von mises stress* sendiri sangat penting untuk pengaplikasian ketahanan suatu material, terutama pada aplikasi perkerayaan struktural dimana material sering seklai mengali pembebanan dari berbagai arah.

**2.6 Safety Factor**

*Safety factor* atau angka keamanan merupakan sebuah acuan dalam desain teknik untuk memberikan keterangan seberapa aman desain tersebut mengalami kegagalan material atau struktur. Nilai keamanan ini memastikan bahwa desain tidak hanya aman dalam pembebanan normal aja tetapi juga dengan pembebanan yang tidak terduga atau dengan kondisi lapangan yang sebenarnya. Nilai faktor ini biasanya lebih besar dari 1 yang menunjukkan bahwa desain yang dirancang dapat menahan beban yang lebih besar dari beban yang dioprasikan(Sungkono et al., 2019).

Nilai dari *safety factor* bisa dicari tergantung dari kebutuhan pembebanan material, bila pada saat melakukan simulasi acuan yang digunakan adalah nilai dari *yield strength* maka menggunakan rumus sebagai berikut:

$$SF = \frac{yield\ strength}{max\ von\ mises\ stress} \dots\dots\dots 2.3$$

Kemudian jika acuan nya adalah nilai *tensile strength* maka digunakan rumus seperti di bawah ini:

$$SF = \frac{ultimate\ tensile\ strength}{max\ principal\ stress} \dots\dots\dots 2.4$$

Mengutip dari buku yang berjudul ”*Machine Element*” yang ditulis pada tahun 1989 oleh Dobrovolsky *safety factor* dibedakan berdasarkan jenis pembebanan:

**Tabel 2.1** Nilai *Safety Factor* Berdasarkan Jenis Beban

Jenis Pembebanan	Nilai <i>Safety Factor</i>
Beban Statis	1,25 – 2,0

Beban Dinamis	2,0 – 3,0
Beban Kejut	3,0 – 5,0

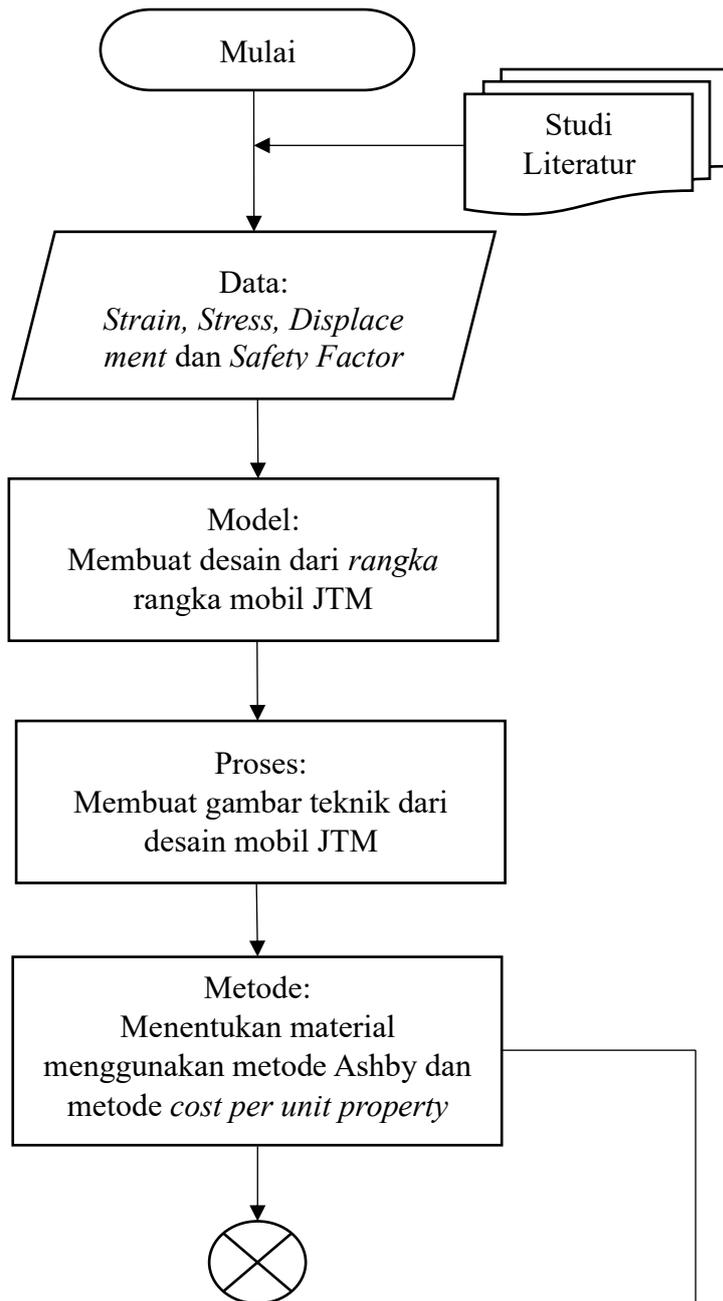
Menentukan nilai faktor keamanan merupakan proses kompleks serta harus teliti karena harus mempertimbangkan berbagai aspek, mulai dari sifat material hingga kondisi operasional dan risiko kegagalan. Para insinyur harus mempertimbangkan semua faktor ini untuk memastikan bahwa desainnya aman dan andal.

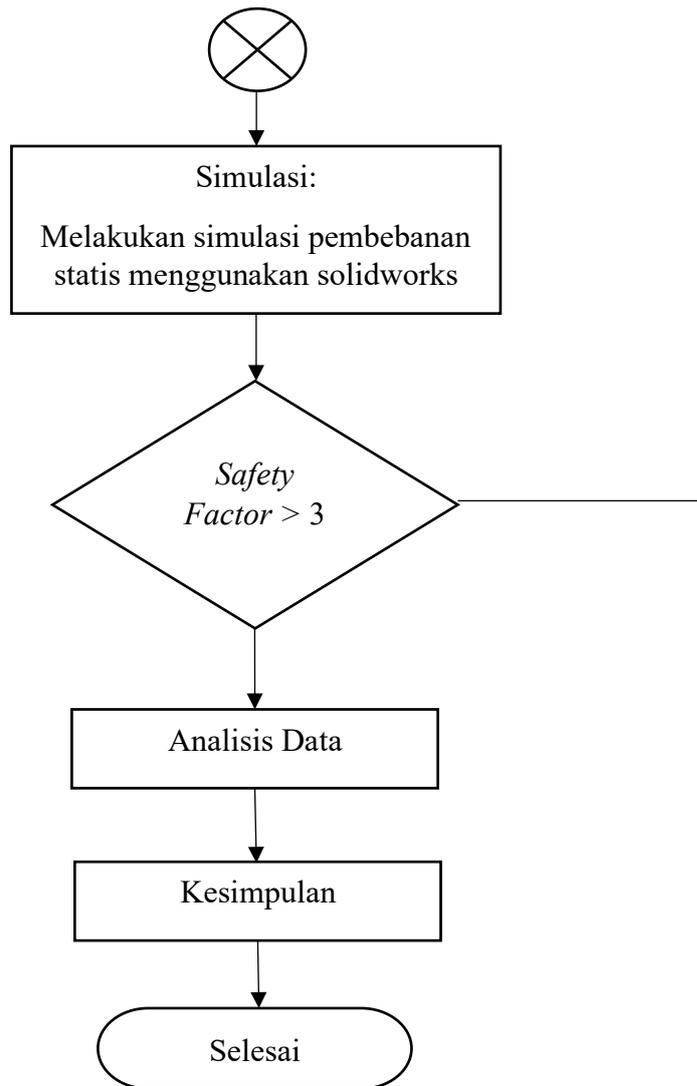
# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini terdapat diagram alir penelitian yang berfungsi untuk menjelaskan tahapan-tahapan yang dilaksanakan selama proses penelitian berlangsung, berikut adalah diagram alirnya.





**Gambar 3.1** Diagram Alir Penelitian

### 3.2 Alat yang Digunakan

Penelitian ini menggunakan simulasi menggunakan aplikasi untuk melakukan simulasi pembebanan pada rangka mobil JTM, berikut adalah alat yang digunakan:

#### 1. Laptop/Notebook

Penggunaan aplikasi untuk melakukan simulasi tentunya menggunakan *device* yang mumpuni untuk menjalankannya, berikut adalah spesifikasi yang digunakan untuk menjalankan simulasi.

- a. CPU : Intel i5 Generation 9
- b. RAM : 16 Gb
- c. Storage : SSD 512 Gb

## 2. *Software*

Aplikasi yang digunakan untuk melakukan simulasi pembebanan ini adalah aplikasi solidworks 2023 menggunakan pembebanan statis.

### 3.3 Variabel Penelitian

Ada beberapa variabel penelitian pada penelitian perancangan rangka mobil JTM, berikut merupakan beberapa variabelnya:

1. Variabel Bebas, variabel bebas ini meliputi:
  - a. Desain rangka mobil JTM
  - b. Besar pembebanan untuk simulasi rangka mobil JTM
2. Variabel Terikat, variabel terikat ini meliputi:
  - a. Hasil simulasi pembebanan
3. Variabel Kontrol, variabel kontrol ini meliputi:
  - a. Simulasi yang dilakukan adalah simulasi pembebanan
  - b. Material yang digunakan untuk mobil JTM

### 3.4 Prosedur Penelitian

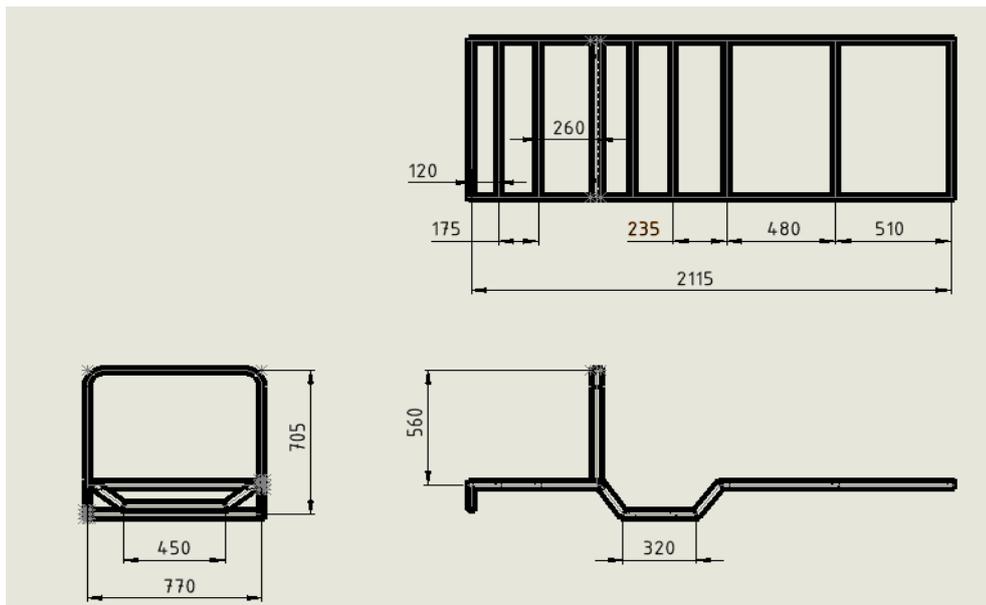
1. Studi Literatur, pada tahap ini pengumpulan data dilakukan yang bersumber dari berbagai jurnal, buku dan yang lainnya yang menunjang penelitian ini.
2. Pengumpulan Data, pada tahap kedua ini data yang diperlukan untuk melakukan penelitian selama proses simulasi ditentukan seperti contoh nilai *stress*, *displacement*, *strain* dan *safety factor*.
3. Model, pembuatan model desain rangka mobil JTM.
4. Proses, membuat gambar teknik dari desain mobil JTM
5. Metode, penelitian ini menggunakan metode Ashby untuk melakukan pemilihan material secara kualitatif dan menggunakan metode *cost per unit strength* secara kuantitatif.
6. Hasil Simulasi, setelah melakukan proses simulasi kemudian data-data hasil simulasi akan didapatkan dengan parameter simulasi yang sudah ditentukan.
7. Analisis Data, pada tahap ini data yang telah didapatkan dari hasil simulasi di analisis dan diolah menjadi sebuah grafik dan lain-lain.
8. Kesimpulan, menyimpulkan hasil simulasi statis rangka.

## BAB IV

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Dimensi Rangka Mobil JTM

Perancangan mobil JTM EV sendiri dibuat dengan menggunakan material besi *hollow* dengan ukuran 50 x 30 x 2,6 yang dirancang menggunakan aplikasi *solidworks* dengan dimensi sebagai berikut ini:



**Gambar 4.1** Dimensi Chasis Mobil JTM EV

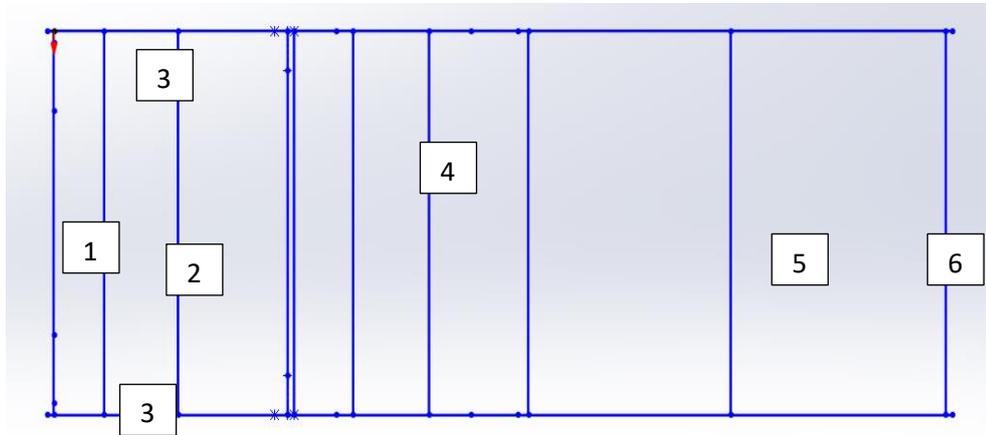
**Tabel 4.1** Dimensi Rangka Mobil JTM EV

Panjang Rangka	2115
Lebar Rangka	770
Tinggi Rangka	705

Bisa dilihat pada tabel yang ada di atas yang menunjukkan sebuah ukuran atau dimensi panjang total pada rangka chasis yang digunakan untuk mobil JTM EV yang mempunyai panjang total sebesar 2115 mm kemudian rangka chasis tersebut mempunyai lebar total sebesar 770 mm dan memiliki tinggi sebesar 705 mm. Rangka chasis tersebut digunakan untuk menahan beban komponen yang akan diletakkan di atas rangka tersebut berupa beban manusia, *engine* dan motor listrik.

## 4.2 Proses Perancangan Rangka Chasis

Berikut ini merupakan sebuah proses perancangan rangka chasis mobil JTM EV dengan menggunakan fitur *weldments* pada *solidworks* dan menggunakan besi *hollow* berukuran 50 x 30 x 2,6.



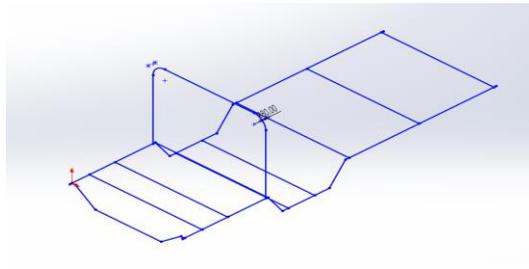
**Gambar 4.2** Proses Perancangan Rangka

Gambar di atas merupakan proses perancangan rangka chasis menggunakan aplikasi *solidworks* yang dimana panjang total dari keseluruhan rangka adalah 3251,95 mm dengan lebar total keseluruhan rangka adalah 800 mm. Bisa dilihat pada gambar proses perancangan rangka chasis mobil JTM EV tersebut nomor yang ditunjukkan pada rangka memiliki keterangan sebagai berikut ini:

1. Nomor 1 menunjukkan bagian depan rangka pada mobil JTM EV.
2. Nomor 2 merupakan keterangan untuk *gas engine*.
3. Nomor 3 memiliki keterangan kaki-kaki bagian depan yang terdapat suspensi dan roda.
4. Nomor 4 memiliki keterangan sebagai tempat kemudi serta untuk bagian nomor 4 terdapat baterai.
5. Untuk bagian nomor memiliki keterangan sebagai *rear axel* atau kaki-kaki bagian belakang yang terdapa suspensi, per daun, motor listrik dan roda.
6. Pada bagian nomor 6 terdapat gas LPG dan tabung hidrogen.

Dalam merancang sebuah rangka yang kita butuhkan adalah dimensi yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan dan rencana agar memnuhi kriteria yang diinginkan seperti jarak sumbu roda yang ingin digunakan atau *wheel base* mobil tersebut. setelah itu barulah kita menentukan *ground clearence* atau ketinggian

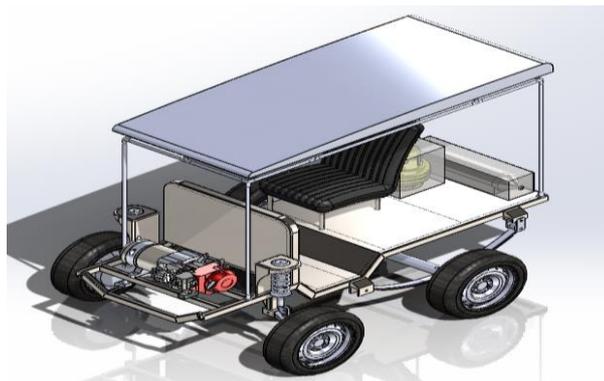
rangka ke tanah sesuai dengan kebutuhan dan awal perencanaan perancangan terutama pada *front axel* dan *rear axel* seperti pada gambar di bawah ini:



**Gambar 4.3** Proses 3D *Sketch*



**Gambar 4.4** Proses Pembentukan Keseluruhan Rangka



**Gambar 4.5** Proses Perancangan Keseluruhan

### **4.3 Pemilihan Material**

Pemilihan material didasarkan pada pertimbangan kriteria material yang paling sesuai dengan kebutuhan dan memiliki batasan desain tertentu, dengan menggunakan metode kuantitatif Ashby proses pemilihan material dilakukan dengan menggunakan beberapa tahap.

#### **4.3.1 Metode Kualitatif Ashby**

Metode Ashby merupakan metode yang mengikuti langkah-langkah untuk



Gambar di atas merupakan grafik hubungan antara *modulus young* dan *density*, indeks material yang diinginkan sudah terpilih yang bisa dilihat pada persamaan 4.1. Mengacu pada diagram tersebut, garis lurus yang menunjukkan indeks material yang sudah dipilih dengan kemiringan garis yang sudah dicontohkan yang bisa dilihat pada lingkaran yang berwarna hitam pada gambar sebelumnya, pemilihan material dilakukan dengan melakukan seleksi dengan memberikan garis pada bagian tertentu seperti pada gambar di atas, semakin kiri garis tersebut maka nilai material indeks yang didapatkan akan semakin besar. Terdapat 5 klasifikasi material yang dilewati oleh garis tersebut yaitu keramik, logam, polimer, bahan alam dan busa. Dari 5 klasifikasi tersebut logam merupakan material yang paling cocok untuk rangka kendaraan karena material seperti polimer yang mudah sekali terdeformasi, bahan keramik yang sangat getas, material alam seperti kayu yang mudah lapuk dan busa tidak memiliki nilai kekakuan yang baik sehingga dalam kasus ini logam merupakan material yang akan dipilih.

3. *Ranking*, jenis material yang ingin digunakan untuk pembuatan rangka adalah material logam, pengklasifikasian logam dapat dilihat pada grafik *modulus young* dimana terdapat beberapa jenis logam yaitu *Steel*, *Zinc Alloy*, *Ni Alloy* dan *WC* kemudian dilakukan perbandingan material dengan menggunakan nilai dari indeks material yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 4.2** Perbandingan Nilai Indeks Setiap Material

Material	$M = \frac{E^2}{\rho}$	Rank
Zinc Alloy	1,86	2
Steel	1,83	3
Ni Alloy	1,64	4
Ti Alloy	2,18	1

Dari data tabel yang ada di atas, nilai indeks material tertinggi merupakan jenis material yang terbaik berdasarkan grafik hubungan antara *youngs modulus* dan *density*, dari tabel di atas menunjukkan bahwa titanium *alloy* memiliki indeks material yang tinggi tetapi menggunakan titanium *alloy* terbilang cukup

mahal sehingga material yang dipilih adalah *steel* karna secara *cost* material *steel* terbilang cukup murah berbeda dengan dua material lainnya dan secara fungsi material *steel* mampu menahan beban rangka secara keseluruhan.

4. *Supporting Information*, setelah melakukan proses pemilihan material secara umum untuk memilih calon material menggunakan metode kualitatif Ashby, pemilihan material kita kerucutkan kembali dengan perwakilan material seperti yang ada di bawah ini:

- A. *Steel* (AISI 4130)
- B. *Zinc Alloy* (Zinc AC41A)
- C. *Ti Alloy* (Ti-3Al-8V)
- D. *Ni Alloy*

#### 4.3.2 Metode *Cost per Unit Property*

Metode yang dilakukan sebelumnya adalah metode kualitatif Ashby dengan cara menyeleksi material secara general serta menyortir material apa yang bisa digunakan untuk pembuatan rangka. Untuk melakukan pengkurucutan kembali material yang akan digunakan berdasarkan harga dari material tersebut digunakanlah metode kuantitatif, material yang digunakan harus sesuai dengan kebutuhan dan baik untuk diaplikasikan pada rangka mobil, berikut merupakan tabel material yang akan digunakan beserta harga dari material tersebut:

**Tabel 4.3** Perbandingan Harga Material

No.	Material	Harga /Kg (USD)
1.	<i>Steel</i> (AISI 4130)	\$0,18
2.	<i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A)	\$3,42
3.	<i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V)	\$9,20
4.	<i>Ni Alloy</i>	\$16,20

Bisa dilihat pada tabel di atas, material yang memiliki harga paling tinggi adalah *Ni Alloy* tetapi secara kekuatan material titanium lebih kuat dibandingkan dengan *Ni Alloy*. Dalam kasus ini kedua material tersebut memiliki harga yang sama-sama lebih mahal dibandingkan dengan material *steel*, meskipun material *steel* memiliki harga yang paling rendah, material *steel* sudah terbilang cukup jika melihat fungsinya kembali yaitu untuk menahan beban dari beban total kendaraan

dengan harga yang cukup rendah untuk membuat rangka kendaraan. Harga material yang digunakan pada tabel di atas menggunakan mata uang USD, berdasarkan kurs mata uang per-tahun 2024 maka nilai mata uang USD di konversi menjadi rupiah bisa dilihat pada gambar di bawah ini.

SAR	1	4.386,24	4.342,37	<a href="#">Lihat</a>
SEK	1	1.561,59	1.545,61	<a href="#">Lihat</a>
SGD	1	12.165,20	12.039,71	<a href="#">Lihat</a>
THB	1	447,66	442,96	<a href="#">Lihat</a>
USD	1	16.455,87	16.292,13	<a href="#">Lihat</a>
VND	1	0,65	0,64	<a href="#">Lihat</a>

**Gambar 4.7** Kurs Mata Uang 19 Juni 2024

Setelah mengetahui harga material dan melihat kurs uang dunia, mata uang USD memiliki kurs jual sebesar 16.292.13. untuk mengetahui *relative cost* harga material harus diketahui sehingga nilai *relative cost* bisa dihitung menggunakan rumus:

$$Relative\ Cost = \frac{highest\ price}{lowest\ price} \dots\dots\dots(4.2)$$

**Tabel 4.4** *Relative Cost* Material

No.	Material	Harga per Kg (USD)	Harga per Kg (IDR)	<i>Relative Cost</i>	<i>Rank</i>
1.	<i>Steel</i> (AISI 4130)	\$0,18	Rp. 2.949,81	1	1
2.	<i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A)	\$3,42	Rp. 56.046,45	19	2
3.	<i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V)	\$9,20	Rp. 150,768,22	51,1	3
4.	<i>Ni Alloy</i>	\$16,20	Rp. 265.483,17	90	4

Bisa dilihat pada tabel di atas yang menunjukkan bahwa semakin tinggi *ranking* pada tabel tersebut maka materialnya akan semakin mahal. Fungsi dari rangka itu sendiri adalah untuk menahan beban yang pada kendaraan, perancangan ini membutuhkan nilai *cost of unit strength* dengan rumus sebagai berikut:

$$Cost\ Of\ Unit\ Strength = \frac{C \times \rho}{S} \dots\dots\dots(4.3)$$

**Tabel 4.5** Karakteristik Material

No.	Material	<i>Yield Strength</i> (Mpa)	<i>Density</i> (g/cc <sup>3</sup> )	<i>Working Stress</i> (Mpa)	<i>Youngs Modulous</i> (Gpa)	<i>Relative Cost</i>	<i>Cost Of Unit Strength</i>
1.	<i>Steel</i> (AISI 4130)	460	7,85	38,3	200	1	0,017
2.	<i>Zinc Alloy</i> (Zinc AC41A)	228	6,70	19	90	19	0,56
3.	<i>Ti Alloy</i> (Ti-3Al-8V)	1220	4,82	101,67	120	51,1	0,201
4.	<i>Ni Alloy</i>	59	8,5	4,91	200	90	13

Bisa dilihat pada tabel di atas yang merupakan karakteristik dari masing-masing material yang dimana hasil dari *cost of unit strength* sudah didapatkan, untuk mencari nilai *working stress* didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut ini:

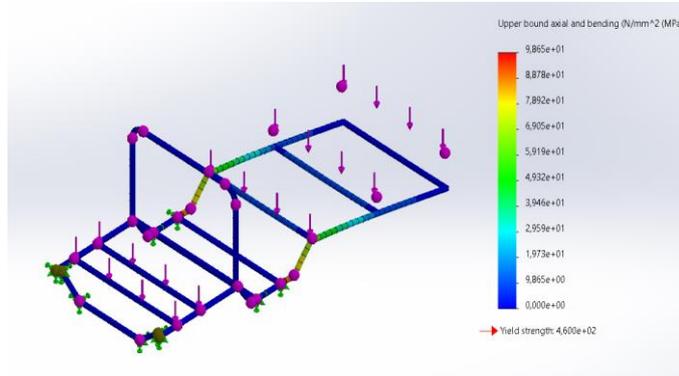
$$Working\ Stress = \frac{Yield\ Strength}{12\ (Safety\ Factor)} \dots\dots\dots(4.3)$$

Nilai *cost of unit strength* yang semakin kecil maka akan semakin baik karena material yang digunakan memiliki harga yang murah tapi memiliki fungsi yang mumpuni sebagai penopang kendaraan. Dalam hal ini, material yang digunakan adalah *steel* (AISI 4130) dengan nilai *cost of unit strength* sebesar 0,017.

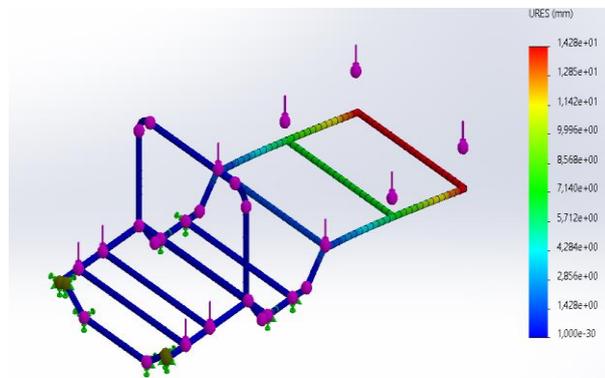
**4.4 Pengujian Beban Total**

Pengujian beban total dilakukan secara keseluruhan dengan melakukan simulasi pembebanan pada rangka mobil JTM dengan menggunakan simulasi solidworks yaitu simulasi *force*. Beban eksternal yang diaplikasikan pada simulasi *force* ini sebesar 113 Kg untuk mengetahui seberapa besar kekuatan pada rangka mobil JTM. Pembagian beban tersebut meliputi 20 Kg untuk beban generator pada

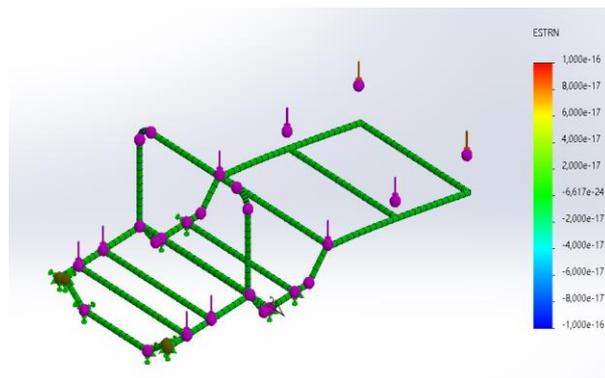
mobil JTM, kemudian 70 Kg untuk berat pengemudi, 8 Kg untuk berat gas LPG dan 10 Kg untuk berat dari tabung hidrogen. Pengujian rangka dengan simulasi ini dilakukan menggunakan material *steel* tepatnya adalah *steel* AISI 4130 berikut adalah hasil pengujian simulasi solidworks yang bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.8** *Stress* Rangka Mobil JTM



**Gambar 4.9** *Displacement* Rangka Mobil JTM



**Gambar 4.10** *Strain* Rangka Mobil JTM

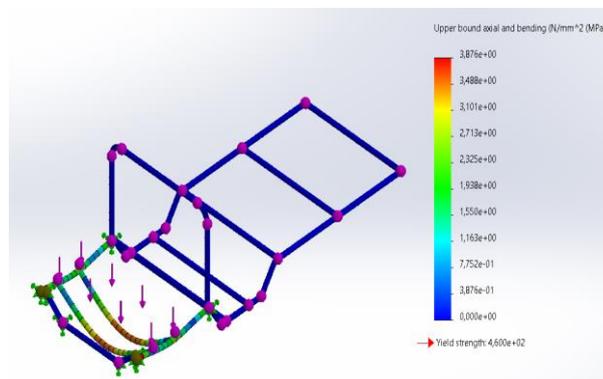
## 4.5 Pembagian Sub Pengujian

Pembagian ini dilakukan dengan fungsi untuk melihat dan menilai seberapa besar kekuatan rangka mobil JTM ini dengan membagi dua pengujian yaitu melakukan pengujian pada rangka bagian depan dan rangka bagian belakang. Pembagian beban tersebut diaplikasikan sesuai dengan berat beberapa komponen yang ada pada mobil JTM dan untuk pembagian berat tersebut dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

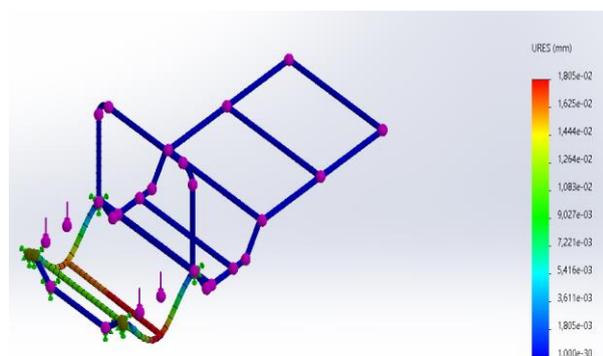
**Tabel 4.6** Pembagian Sub Pengujian

Sub Pengujian	Beban
Rangka Bagian Depan	245 N
Rangka Bagian Belakang	863 N

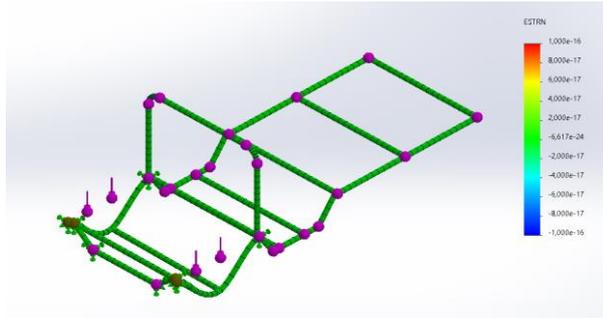
### 4.5.1 Pengujian Rangka Bagian Depan



**Gambar 4.11** *Stress* Pada Rangka Bagian Depan

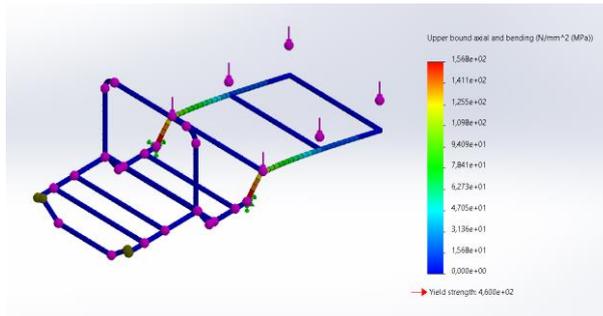


**Gambar 4.12** *Displacement* Rangka Bagian Depan

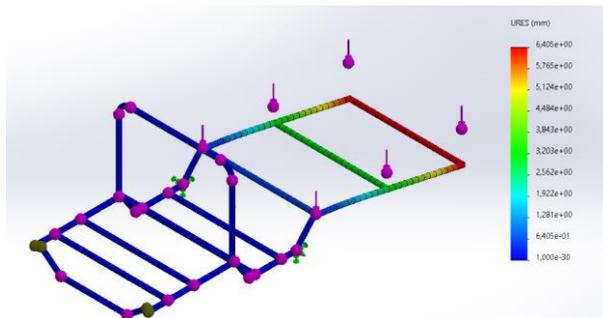


Gambar 4.13 *Strain* Rangka Bagian Depan

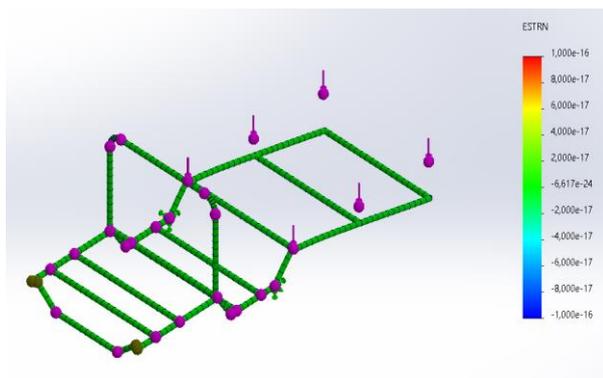
#### 4.5.2 Pengujian Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.14 *Stress* Pada Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.15 *Displacement* Pada Rangka Bagain Belakang



Gambar 4.16 *Strain* Pada Rangka Bagain Belakang

## 4.6 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan menggunakan solidworks *simulation* yang dibagi menjadi tiga bagian pengujian yaitu pengujian rangka secara keseluruhan, pengujian rangka bagian depan dan pengujian rangka bagian belakang, berikut merupakan hasil pengujian pada rangka mobil JTM.

### 4.6.1 Pengujian *Stress* Rangka

Pada pengujian *stress* yang dilakukan di simulasi solidworks hasil *stress* terjadi karena perambatan tegangan pada material yang ditandakan dengan beberapa warna pada bagiannya. Warna merah dilambangkan dengan hasil *stress* maksimal pada rangka serta warna biru yang dilambangkan dengan tegangan minimum yang terjadi pada rangka. Berikut merupakan hasil simulasi *stress* pada rangka.

**Tabel 4.7** Pengujian *Stress*

<b>Pengujian</b>	<b><i>Stress</i> (N/mm<sup>2</sup>)</b>
Rangka Bagian Depan	3,87
Rangka Bagian Belakang	156,8
Rangka Keseluruhan	98,65

### 4.6.2 Pengujian *Displacement* Rangka

Pada pengujian *displacement* yang dilakukan pada setiap konstruksi yang digambarkan dengan warna yang ditunjukkan. Warna merah digambarkan dengan konstruksi yang paling besar mengalami *displacement* sebaliknya jika berwarna biru rangka mengalami sedikit *displacement*. Hasil yang didapatkan bisa dilihat pada tabel yang ada di bawah ini

**Tabel 4.8** Pengujian *Displacement*

<b>Pengujian</b>	<b><i>Displacement</i> (mm)</b>
Rangka Bagian Depan	0,050
Rangka Bagian Belakang	10,35
Rangka Keseluruhan	7,202

### 4.6.3 Pengujian *Strain* Rangka

Pada pengujian *strain* rangka akan mengalami peregangan atau mengalami deformasi. Deformasi dihasilkan dari tegangan sehingga terjadi perubahan ukuran terhadap ukuran awal yang ditandai dengan warna merah yang artinya rangka mobil mengalami perubahan ukuran regangan paling tinggi sementara warna biru adalah perubahan regangan paling kecil. Berikut ini merupakan hasil simulasi regangan atau *strain* pada rangka:

**Tabel 4.9** Pengujian *Strain*

Pengujian	<i>Strain</i> (N.m)
Rangka Bagian Depan	0,0004231
Rangka Bagian Belakang	0,372
Rangka Keseluruhan	0,1253

### 4.6.4 Hasil *Safety Factor* Rangka

Melakukan perencanaan perancangan rangka mobil salah satu faktor penting nya adalah nilai keamanan pada rangka tersebut. Karena dalam hal ini rangka harus memiliki nilai keamanan yang sesuai dengan *standart* ketentuan nilai keamanan dan rangka pun harus mampu menahan beban secara keseluruhan. Untuk mengetahui nilai faktor kemanan kita bisa mengetahui dengan cara menghitungnya, berikut merupakan persamaan untuk mengetahui nilai faktor kemanan.

$$FoS = \frac{S}{\tau} \dots\dots\dots(4.4)$$

Untuk nilai S yang menandakan *yield strength* sesuai dengan karakteristik dari material baja AISI 4130 sedangkan untuk tegangan sendiri menggunakan tegangan hasil dari simulasi menggunakan solidworks.

1. Konstruksi Keseluruhan

$$FoS = \frac{460}{98,65} = 4,66$$

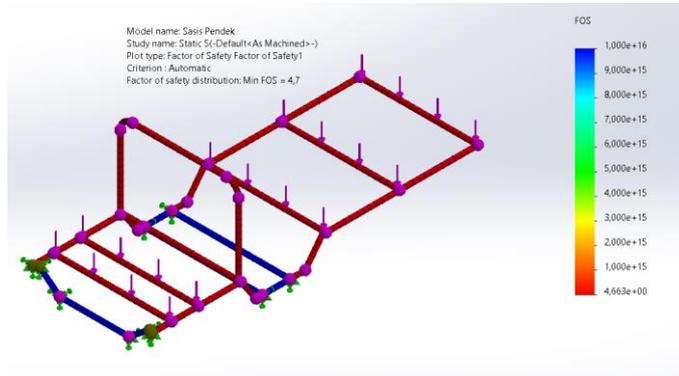
2. Konstruksi Rangka Bagian Belakang

$$FoS = \frac{460}{156,8} = 2,93$$

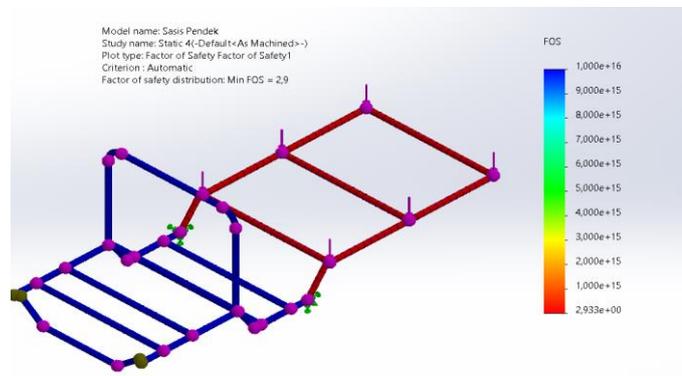
3. Konstruksi Rangka Bagian Depan

$$FoS = \frac{460}{3,87} = 118,8$$

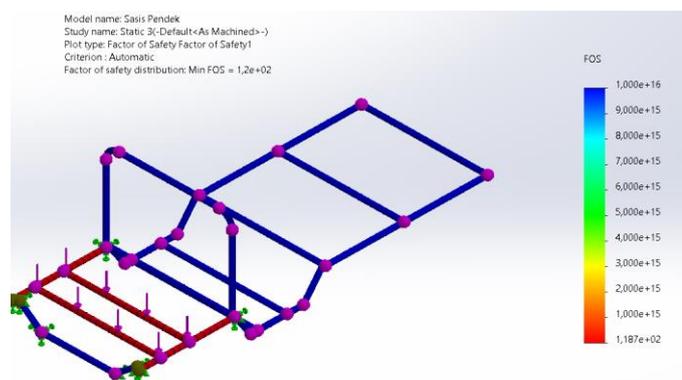
Pada perhitungan *safety factor* desain yang dibuat yaitu rangka mobil JTM masuk ke kategori aman karena sudah berada di atas titik kritis nya yaitu  $FoS = 1$  secara umum. Kita juga dapat melihat nilai *safety factor* pada simulasi yang dilakukan di solidworks, berikut ini merupakan hasil simulasi dari solidworks.



**Gambar 4.17** *Safety Factor* Keseluruhan Rangka



**Gambar 4.18** *Safety Factor* Rangka Bagian Belakang



**Gambar 4.19** *Safety Factor* Rangka Bagian Depan

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil dari simulasi penelitian mengenai perancangan rangka mobil JTM EV dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa:

1. Rangka yang digunakan pada mobil JTM EV adalah rangka jenis *ladder frame* dengan menggunakan material baja AISI 4130.
2. Total pembebanan yang diberikan pada rangka mobil JTM EV sebesar 1108 N dengan pembagian pembebanan depan dan belakang, pembebanan rangka bagian depan adalah 245 N sedangkan besar pembebanan pada rangka bagian belakang adalah 863 N.
3. Berdasarkan hasil simulasi yang telah dilakukan pada *solidworks* didapatkan nilai *displacement* pada rangka yaitu sebesar 7,202 untuk rangka keseluruhan dan memiliki nilai *safet factor* sebesar 4,66 yang menandakan bahwa rangka yang dibuat ini aman.

#### **5.2 Saran**

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian selanjutnya, berikut merupakan sarannya:

1. Menggunakan metode simulasi menggunakan aplikasi lain untuk melakukan simulasi pembebanan.
2. Menambahkan kapasitas penumpang dengan tetap memperhatikan hal-hal yang krusial terhadap keamanan kendaraan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arie, M., Setiawan, A., Sujana, I., & Wicaksono, R. A. (2021). Simulasi Struktur Sasis Mobil Listrik Fakultas Teknik Menggunakan Finite Element Analysis (FEA). *Jurnal Teknologi Rekayasa Teknik Mesin (JTRAIN)*, 2(2), 118–122.
- Bachtiar, V. S. (2005). Kajian Hubungan antara Variasi Kecepatan Kendaraan dengan Emisi yang Dikeluarkan pada Kendaraan Bermotor Roda Empat. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 2, 1–18.
- Ellianto, M. S. D., & Nurcahyo, Y. E. (2020). Rancang Bangun dan Simulasi Pembebanan Statik pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype. *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material*, 4(2), 53–58.
- Mulyanto, S., Anhar, W., Huda, N., & Susanto, A. (2021). Rancang Bangun Chasis Kendaraan Hemat Energi satu silinder. *Jurnal POLIMESIN*, 19(1), 69–73. <http://e-jurnal.pnl.ac.id/index.php/polimesin/article/view/2046>
- Sapto, A. D., & Yamin, M. (2014). Permodelan, Simulasi dan Rancang Bangun Prototype Kendaraan Hybrid. *UG Jurnal*, 8(11), 1–14.
- Shear, M. K. (2012). State of the Art State of the Art : *Dialogues Clin Neurosci*, 14(2), 119–128.
- Sinaga, M., Romadoni, A. M., Hidayat, F., & Saputra4, A. A. (2024). Analisis dan Simulasi Container Chasis Menggunakan Software Solidworks 2019. *Jurnal Teknik & Teknologi Terapan*, 2(1), 21–25. <https://doi.org/10.47970/jttt.v2i1.629>
- Sungkono, I., Irawan, H., & Patriawan, D. A. (2019). Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan VII 2019*, 575–580.
- Wulandari, A. I., & Agusty, C. L. (2021). ANALISIS TEGANGAN REGANGAN PADA PELAT DECK DAN BOTTOM KAPAL FERRY RO-RO MENGGUNAKAN FINITE ELEMENT METHOD Stress Stain Analysis on Deck and Bottom Plate of Ferry Ro-Ro Ship with Finite Element Method. *Jurnal Ilmiah Teknologi Maritim*, 15(1), 45–52.

Wunda, S., Johannes, A. Z., Pingak, R. K., & Ahab, A. S. (2019). Analisis Tegangan , Regangan Dan Deformasi Crane Hook Dari Material Baja Aisi 1045 Dan Baja St 37 Menggunakan Software Elmer. *Jurnal Fisika : Fisika Sains Dan Aplikasinya*, 4(2), 131–137.

## **LAMPIRAN**

**Lampiran 1. Gambar Mobil Secara Keseluruhan**

