



universitas  
MALIKUSSALEH

**TUGAS AKHIR (SKRIPSI)**

**ANALISIS PEMBEBANAN PADA DESAIN *CHASSIS*  
*PROTOTYPE* MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI  
MENGUNAKAN *SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2019***

**Diajukan sebagai syarat yang diperlukan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik**

**Disusun Oleh:**

**FADHIL RIZKY RAMADHANA  
190120045**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
LHOKSEUMAWE  
2024**

## LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Fadhil Rizky Ramadhana  
Nim : 190120045  
Tempat / Tgl Lahir : Simpang Tiga 14 Desember 2000

Dengan ini menyatakan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Pembebanan Pada Desain *Chassis* Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan *Software Autodesk Inventor 2019*” adalah hasil kerja tulisan saya sendiri didampingi dosen pembimbing bukan hasil plagiat dari karya tulis ilmiah orang lain. Tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari sumber lain yang saya kutip tanpa sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan plagiarisme.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, jika di kemudian hari ternyata terbukti bahwa skripsi yang saya tulis adalah plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai aturan yang berlaku, dan saya bertanggung jawab secara mandiri tidak ada sangkut pautnya dengan dosen pembimbing dan kelembagaan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024  
Saya Yang Membuat Pertanyaan

Fadhil Rizky Ramadhana  
Nim. 190120045

## LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Judul TGA : Analisis Pembebanan Pada Desain *Chassis Prototype*  
Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan *Software*  
*Autodesk Inventor 2019*

Nama : Fadhil Rizky Ramadhana

NIM : 190120045

Prodi : Teknik Mesin

Tanggal Sidang : 29 Januari 2024

Lhokseumawe, 05 Februari 2024

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

Aljufri, S.T., MT., IPM  
NIP.197504262002121001

Ahmad Nayan, S.T., M.T  
NIP.197504262002121001

Pembahas Utama

Pembahas Pendamping

Ferri Safriwardy, S.T., M.T  
NIP.1967100302002121001

Muhammad Habibi, S.Pd, Gr., M.Eng  
NIP.199312092022032006

Mengetahui  
Ketua Program Studi Teknik Mesin

Abdul Rahman, S.T., M.Eng.  
NIP.196811202003121001

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Berdasarkan hasil ujian Sidang Tugas Akhir Program Studi Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh pada tanggal 29 Januari 2024, dengan ini dinyatakan telah memenuhi persyaratan akademik:

Judul Tugas Akhir (Skripsi) : Analisis Pembebanan Pada Desain *Chassis*  
*Prototype* Mobil Listrik Hemat Energi  
Menggunakan *Software Autodesk Inventor 2019*

Nama Mahasiswa : Fadhil Rizky Ramadhana  
NIM : 190120045  
Tempat/Tanggal Lahir : Simpang Tiga, 14 Desember 2000  
Program Studi/Bidang : Teknik Mesin/Teknik Konversi Energi  
Jurusan : Teknik Mesin  
Fakultas : Teknik  
Perguruan Tinggi : Universitas Malikussaleh  
Pembimbing Utama : Aljufri, S.T., MT., IPM.  
Pembimbing Pendamping : Ahmad Nayan, S.T., M.T.  
Ketua Penguji : Ferri Safriwardy, S.T., M.T.  
Anggota Penguji : Muhammad Habibi, S.Pd, Gr., M.Eng.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024  
Penulis,

Fadhil Rizky Ramadhana  
NIM 190120045

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Aljufri, S.T., MT., IPM.  
NIP 197504262002121001

Ahmad Nayan, S.T., M.T.  
NIP 197504262002121001

Mengetahui:

Ketua Jurusan,

Ketua Program Studi,

Asnawi, S.T., M.Sc.  
NIP 198002272006041010

Abdul Rahman, S.T., M.Eng.  
NIP 196811202003121001

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Bismillahirrahmannirrahim

Alhamdulillah, Alhamdulillah, Alhamdulillahirabil'amin

Rasa syukur atas rahmat Allah Swt yang telah diberikan umur panjang, sehat badan, sehat pikiran dan kelimpahan rezeki selama menempuh pendidikan sehingga memperoleh gelar sarjana. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasihi dan kusayangi.

### **Ibu dan Ayah Tercinta**

Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu (Fauziah) dan Bapak (Hasbi) yang telah memberikan kasih sayang, secara dukungan, ridho, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karena kusadar, selama ini belum bisa berbuat lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyirami kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku serta selalu meridhoiku melakukan hal yang lebih baik.

### **Teman-Teman Terkasih**

Rasa Terima kasih dan bangga kepada sahabat-sahabat tercinta terutama Kepada penghuni Kos (Ridwan, Dio dan Yazid) dan kepada Team Mobil Listrik Unimal (Dodi, Mulya, Rangga, Istiqlal, Kevin, ) yang selalu memberikan supportnya. Semoga persaudaraan ini selalu terjalin dan tidak akan terputus jarak dan waktu selalu saling mendukung dan mendoakan untuk setiap langkah baik yang akan kita jalani vii kedepannya. Tidak lupa teman-teman pengurus Himpunan Mahasiswa Teknik Mesin – FT UNIMAL periode 2022-2023 yang senantiasa kebersamai saat menjalankan roda organisasi.

**SALAM SOLIDARITY M FOREVER !!**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, shalawat beserta salam marilah kita hadiahkan ke pangkuan nabi besar MUHAMMAD SAW beserta keluarga dan sahabatnya yang telah membimbing kita dari jalan kesesatan menuju ke jalan yang benar seperti yang kita rasakan saat ini.

Alhamdulillah atas perkenaan telah memberikan karuniannya berupa kesehatan dan kelapangan berpikir kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir ini yang berjudul “**Analisis Pembebanan Pada Desain Chassis Prototype Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019** ” yang merupakan salah satu syarat yang harus diselesaikan oleh setiap mahasiswa Teknik Mesin agar dapat memperoleh gelar sarjana teknik pada Universitas Malikussaleh.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Hasbi dan Ibunda Fauziah Tercinta dan Segenap Keluarga yang telah mendoakan dan memberi dukungan kepada penulis. Ucapan terima kasih juga yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, S.T., M.T., IPM., ASEAN.Eng selaku Rektor Universitas Malikussaleh.
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
3. Bapak Asnawi, S.T., M.Sc, selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
4. Bapak Nurul Islami, S.T., M.Sc, selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
5. Bapak Abdul Rahman S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
6. Bapak Alchalil, S.T., M.T selaku Ketua Laboratorium Konversi Energi dan Kontruksi di Jurusan Teknik Mesin dan sekaligus Dosen Pembimbing Akademik.

7. Bapak Aljufri, S.T., MT., IPM selaku Dosen Pembimbing Utama.
8. Bapak Ahmad Nayan, S.T., MT selaku Dosen Pembimbing Pendamping
9. Bapak Ferri safriwardy, S.T., M.T selaku Dosen Pembahas Utama
10. Bapak Muhammad Habibi, S.Pd, Gr., M.Eng selaku Dosen Pembahas Pendamping
11. Staf Pengajar dan Administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.
12. Teman-teman angkatan 2019 Jurusan Teknik Mesin yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih atas segala budi baik semua pihak dan semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia pendidikan.

Lhokseumawe, 05 Februari 2024  
Penulis,

Fadhil Rizky Ramadhana  
NIM. 190120045

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan *chassis* mobil hemat energi kategori *prototype*. Pembebanan yang dilakukan dengan beban pengemudi 50 s/d 80 kg terhadap pembebanan statis, akselerasi dan pengereman. Penelitian ini juga sebagai acuan bagi mahasiswa yang akan mengikuti kontes mobil hemat energi untuk mendapatkan rangka yang kuat. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Finite Element Analysis (FEA) dengan bantuan software Autodesk Inventor 2019. Pada penelitian ini menggunakan material Aluminium 6061 dan jenis *chassis ladder frame*. *Chassis* diberi beban pengemudi 50 s/d 80 kg, Bodi 15 kg, dan *battery* 5 kg. Kemudian didapatkan hasil simulasi berupa tegangan *Von Mises*, *Displacement* dan *safety factor*. Pada simulasi *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg didapatkan nilai *von mises*, *displacement* dan *safety factor* pada pembebanan statik sebesar 84.41 MPa, 2.643 mm dan 3.27, pembebanan akibat akselerasi sebesar 83.59 MPa, 2.601 mm dan 3.3, pembebanan akibat pengereman sebesar 86.23 MPa, 2.738 mm dan 3.2. Untuk beban pengemudi 60 kg pada pembebanan statik sebesar 105 MPa, 3.177 mm dan 2.63, pembebanan akselerasi sebesar 103 MPa, 3.076 mm, dan 2.68, pembebanan pengereman sebesar 105.6 MPa, 3.214 mm dan 2.61. Untuk beban pengemudi 70 kg pada pembebanan statik sebesar 123.2 MPa, 3.595 mm dan 2.24, pembebanan akselerasi sebesar 122.4 MPa, 3.551 mm, dan 2.26, pembebanan pengereman sebesar 125 MPa, 3.69 mm dan 2.21. Serta beban pengemudi 80 kg pada pembebanan statik sebesar 142.6 MPa, 4.071 mm dan 1.4, pembebanan akselerasi sebesar 141.7 MPa, 4.027 mm, dan 1.95, pembebanan pengereman sebesar 144.4 MPa, 4.167 mm dan 1.91. *Chassis* dengan beban pengemudi 80 kg memiliki nilai *safety factor* kurang dari 2 sehingga tidak aman untuk digunakan.

**Kata Kunci :** *chassis, safety factor, ladder frame*

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL TUGAS AKHIR (SKRIPSI)</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN</b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>4</b>
2.1 <i>Chassis</i>	4
2.2 Jenis-Jenis <i>Chassis</i>	4
2.2.1 <i>Ladder Frame</i>	4
2.2.2 <i>Tubular Space Frame</i>	5
2.2.3 <i>Backbone</i>	6
2.2.4 <i>Monocoque</i>	6
2.2.5 <i>Aluminium Chassis Frame</i>	7
2.3 Alumunium 6061	8
2.4 Pembeban pada Kendaraan	9
2.5 Teori Dasar <i>Finite Element Analysis</i>	9
2.6 <i>Software Autodesk Inventor</i>	9

2.7	<i>Stress Analysis</i>	10
2.8	Tegangan <i>Von Mises</i>	11
2.9	<i>Displacement</i>	11
2.10	<i>Safety Factor</i>	12
2.11	Tori Dasar Mekanika	13
	2.11.1 Tegangan Normal	13
	2.11.2 Regangan	15
	2.11.3 Modulus Elastisitas	15
	2.11.4 Momen Inersia Penampang Hollow Persegi	15
2.12	Regulasi KMHE Kategori <i>Prototype</i>	16
<b>BAB III METODELOGI PENELITIAN</b>		<b>18</b>
3.1	Tempat dan Waktu	18
	3.1.1 Waktu	18
	3.1.2 Tempat	19
3.2	Alat dan Bahan Penelitian	19
	3.2.1 Perangkat Lunak	19
	3.2.2 Alat Penelitian	19
3.3	Variabel Penelitian	20
	3.3.1 Variabel Bebas	20
	3.3.2 Variabel Terikat	20
3.4	Prosedur Penelitian	20
	3.4.1 Studi Literatur	20
	3.4.2 Pembuatan Desain <i>Chassis</i>	21
	3.4.3 <i>Stress Analysis</i>	23
3.5	Diagram Alir	27
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>28</b>
4.1	Desain <i>Chassis</i>	28
4.2	Material Desain <i>Chassis</i>	29
4.3	Penempatan Gaya dan Tumpuan	29
4.4	Perhitungan Gaya	30
	4.4.1 Perhitungan Gaya Statis	30

4.4.2	Perhitungan Gaya Akselerasi	31
4.4.3	Perhitungan Gaya Pengereman	32
4.5	Input Gaya	33
4.6	Hasil Simulasi <i>Chassis</i> Beban Statis	34
4.6.1	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 50 kg	34
4.6.2	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 60 kg	36
4.6.3	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 70 kg	38
4.6.4	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 80 kg	40
4.7	Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Statis	42
4.8	Hasil Simulasi <i>Chassis</i> Beban Akselerasi	45
4.8.1	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 50 kg	45
4.8.2	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 60 kg	47
4.8.3	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 70 kg	49
4.8.4	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 80 kg	52
4.9	Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Akselerasi	54
4.10	Hasil Simulasi <i>Chassis</i> Beban Pengereman	56
4.10.1	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 50 kg	56
4.10.2	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 60 kg	59
4.10.3	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 70 kg	61
4.10.4	<i>Chassis</i> Dengan Beban Pengemudi 80 kg	63
4.11	Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman	65
	<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAAN</b>	<b>68</b>
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
	<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>70</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Ladder Frame</i>	5
Gambar 2. 2 <i>Tubular Space Frame</i>	5
Gambar 2. 3 <i>Backbone chassis</i>	6
Gambar 2. 4 <i>Chassis Monocoque</i>	7
Gambar 2. 5 <i>Aluminium Chassis Frame</i>	7
Gambar 2. 6 <i>Software Autodesk Inventor</i>	10
Gambar 2. 7 <i>Stress Analysis</i>	11
Gambar 2. 8 <i>Displacement</i> pada prinsip superposisi	12
Gambar 2. 9 Gaya Tarik Aksial	14
Gambar 2. 10 Gaya Tekan Aksial	14
Gambar 2. 11 Penampang Persegi	16
Gambar 3. 1(a) Tampilan Samping,(b) Tampilan Depan dan (c) Tampilan Atas	22
Gambar 3.2 Dimensi <i>hollow</i> persegi	22
Gambar 3.3 Gambar <i>Chassis</i> 3D	23
Gambar 3.4 Posisi tumpuan pada <i>chassis</i>	23
Gambar 3. 5 Posisi pembebanan pada <i>Chassis</i>	24
Gambar 3. 6 Pemberian data material	24
Gambar 3. 7 <i>Meshing</i>	25
Gambar 3. 8 <i>Simulate</i>	25
Gambar 3. 9 <i>Report</i>	26
Gambar 3. 10 Diagram Alir Penelitian	27
Gambar 4. 1 Desain <i>chassis</i> Mobil Listrik	28
Gambar 4. 2 Penempatan gaya dan tumpuan	29
Gambar 4. 3 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 50 kg	34
Gambar 4. 4 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	35
Gambar 4. 5 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	35
Gambar 4. 6 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 60 kg	36
Gambar 4. 7 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	37
Gambar 4. 8 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	37

Gambar 4. 9 Analisis statis Beban Pengemudi 70 kg	38
Gambar 4. 10 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	39
Gambar 4. 11 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	39
Gambar 4. 12 Von misses stress Beban Pengemudi 80 kg	40
Gambar 4. 13 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	41
Gambar 4. 14 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	41
Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan <i>Von Mises Stress</i>	43
Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i>	43
Gambar 4. 17 Perbandingan <i>Safety factor</i>	44
Gambar 4. 18 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 50 kg	45
Gambar 4. 19 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	46
Gambar 4. 20 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	46
Gambar 4. 21 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 60 kg	47
Gambar 4. 22 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	48
Gambar 4. 23 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	49
Gambar 4. 24 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 70 kg	50
Gambar 4. 25 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	50
Gambar 4. 26 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	51
Gambar 4. 27 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 80 kg	52
Gambar 4. 28 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	52
Gambar 4. 29 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	53
Gambar 4. 30 Grafik Perbandingan <i>Von misses stress</i>	54
Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i>	55
Gambar 4. 32 Perbandingan <i>Safety factor</i>	56
Gambar 4. 33 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 50 kg	57
Gambar 4. 34 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	57
Gambar 4. 35 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 50 kg	58
Gambar 4. 36 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 60 kg	59
Gambar 4. 37 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	59
Gambar 4. 38 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 60 kg	60
Gambar 4. 39 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 70 kg	61

Gambar 4. 40 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	61
Gambar 4. 41 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 70 kg	62
Gambar 4. 42 <i>von misses stress</i> Beban Pengemudi 80 kg	63
Gambar 4. 43 <i>Displacement chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	63
Gambar 4. 44 <i>Safety factor chassis</i> Beban Pengemudi 80 kg	64
Gambar 4. 45 Grafik Perbandingan <i>Von misses stress</i>	65
Gambar 4. 46 Grafik Perbandingan <i>Displacement</i>	66
Gambar 4. 47 Perbandingan <i>Safety factor</i>	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Data <i>Properties Material</i> Alumunium 6061	8
Tabel 3. 1 Waktu dan pelaksanaan penelitian	18
Tabel 3. 2 Perangkat lunak yang digunakan	19
Tabel 3. 3 Peralatan yang digunakan	19
Tabel 4. 1 Data <i>Properties Alumunium 6061</i>	29
Tabel 4. 2 Petempatan gaya dan tumpuan	30
Tabel 4. 3 Hasil perhitungan gaya statis	30
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan gaya Percepatan dan Perlambatan	31
Tabel 4. 5 Input gaya	33
Tabel 4. 6 Data Hasil Simulasi Pembebanan Statis	42
Tabel 4. 7 Data Hasil Simulasi Pembebanan Statis	54
Tabel 4. 8 Data Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman	65

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Lembar Penunjukan Pembimbing Proposal Tugas Akhir

Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing

Lampiran 3 Perhitungan gaya

Lampiran 4 Proyeksi Gambar 2D *Desain Chassis* Mobil Listrik

Lampiran 5 Spesifikasi Alumunium 6061-T6

Lampiran 6 Bukti Submit Jurnal

Lampiran 7 *Toefl*

Lampiran 8 *Curriculum Vitae*

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mobil merupakan alat transportasi darat di zaman modern yang umum digunakan oleh manusia, mobil digerakan oleh tenaga mesin, beroda empat yang berbahan bakar minyak bensin atau solar. Jumlah produksi akan kebutuhan mobil dari tahun ketahun juga semakin meningkat, hal itu sangat berbanding terbalik dengan ketersediaan bahan bakar yang digunakan untuk menjalankan mobil. Dengan kemajuan teknologi yang memungkinkan saat ini dan persaingan global, mobil hemat energi kini mulai dikembangkan, dari segi bahan bakar, motor penggerak, dan juga sistem chassis dan roda.

Dalam mengatasi permasalahan tersebut maka diperlukan kendaraan yang ramah lingkungan dan kendaraan hemat energi yang juga bisa bersumber dari *renewable energy* ataupun energi yang dapat diperbaharui. Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) yang diselenggarakan oleh Pusat Prestasi Nasional (Puspresnas) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) bertujuan untuk mewadahi mahasiswa dalam pengembangan dan kompetisi tingkat nasional mobil hemat energi dan juga ramah lingkungan. Ada dua jenis kendaraan yang dilombakan dalam kontes mobil hemat energi yaitu kategori *urban* dan kategori *Prototype*. Kemudian dari dua jenis kendaraan tersebut dibagi lagi berdasarkan sumber tenaga yang digunakan (Kemendikbudristek, 2022).

Kendaraan kategori *Prototype* dengan penggerak motor listrik pada Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) tentunya memiliki parameter-parameter yang harus diuji untuk upaya penghematan konsumsi energi, parameter tersebut antara lain *chassis*, bentuk bodi mobil, serta mesin penggerak. *Chassis* pada mobil merupakan komponen utama dimana *chassis* berfungsi untuk menopang mesin, bodi, sistem suspensi, sistem kelistrikan dan pengemudi. *Chassis* atau rangka adalah tempat melekatnya semua komponen yang ada pada kendaraan (Isworu, dkk., 2019).

*Chassis* yang digunakan untuk mobil hemat energi kategori *Prototype* haruslah *chassis* yang kuat dan ringan agar dapat menopang beban statis dan beban dinamis yang berupa beban saat melakukan akselerasi dan beban pengereman yang diberikan serta memiliki bobot yang seringan mungkin. *Chassis* yang kuat dan ringan tentunya tidak lepas dari kualitas material yang digunakan. Pengujian yang dilakukan untuk mengetahui *chassis* tersebut layak digunakan untuk mobil hemat energi yaitu simulasi pengujian pembebanan statis dan beban dinamis yang berupa beban saat melakukan akselerasi dan beban pengereman. Pengujian ini menggunakan *software* dengan *finite element method* yang fungsinya untuk mengukur kemampuan *chassis* sehingga nantinya didapatkan batas aman bagi struktur material *chassis* dan juga bagi penumpang untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan.

Berdasarkan latar belakang yang tertulis diatas maka penulis memutuskan untuk melakukan penelitian terhadap pembebanan statis dan pembebanan dinamis yang berupa beban saat melakukan akselerasi dan beban pengereman yang akan digunakan pada *chassis* untuk Kontes Mobil Hemat Energi kategori *Prototype* dengan penggerak motor listrik. Penelitian ini diharapkan bisa mendapatkan *chassis* yang kuat untuk mobil yang akan digunakan pada Kontes Mobil Hemat Energi kategori *Prototype*.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana mensimulasikan desain *chassis ladder frame* mobil listrik dengan menggunakan *software autodesk inventor*?
2. Bagaimana kekuatan *chassis ladder frame* menerima beban statis dan dinamis?
3. Mengetahui nilai tegangan *Von Mises*, *safety factor* dan *displacement* dari *chassis* dengan variasi beban pengendara (50 s/d 80 kg) terhadap pembebanan statis dan dinamis?

### 1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah diatas, adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Desain *chassis* mobil listrik menggunakan *software autodesk inventor*
2. Material yang digunakan membuat rangka adalah Alumunium 6061 dengan ukuran 30 mm x 30 mm x 2 mm.
3. Beban pengemudi yang diterima sebesar ( 50 s/d 80 kg ).

### 1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah disajikan maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Dapat mensimulasikan desain *chassis ladder frame* mobil listrik dengan menggunakan *software autodesk inventor*
2. Dapat mengetahui kekuatan *chassis ladder frame* menerima beban statis dan dinamis?
3. Mengetahui nilai tegangan *Von Mises*, *safety factor* dan deformasi dari *chassis* dengan variasi beban pengendara (50 s/d 80 kg) terhadap pembebanan statis dan dinamis

### 1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui ketahanan dan kekuatan dari rangka chassis mobil listrik hemat energi
2. Mengetahui perbandingan hasil analisis struktur dari 4 variasi beban yang disimulasikan pada *software*
3. Hasil yang diperoleh dapat dijadikan acuan bagi pihak lain yang ingin mendesain dan mengadakan penelitian dalam bidang yang sama.
4. Untuk memperluas wawasan dan pengetahuan bagi penulis

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Chassis**

*Chassis* pada mobil merupakan komponen utama dan sangat penting, dimana *chassis* ini yang menopang *axle*, kemudi untuk mengatur arah kendaraan, roda, ban dan rem untuk menghentikan kendaraan saat berjalan (Isworo dkk., 2019). *Chassis* tidak hanya berfungsi sebagai penopang tetapi *chassis* juga berfungsi sebagai tempat atau dudukan dari seluruh komponen yang ada pada kendaraan seperti mesin, *battery*, interior, bodi, suspensi dan komponen-komponen lainnya. Fungsi lain dari *chassis* yaitu sebagai kerangka atau pelindung bagi pengendara yang berada di dalam kendaraan. Untuk bisa sebagai pelindung dari pengendara, tentunya *chassis* haruslah terbuat dari material yang memiliki daya tahan yang kuat dan juga kokoh.

#### **2.2 Jenis-Jenis Chassis**

*Chassis* terbuat dari kerangka besi atau baja yang didesain khusus memenuhi semua aspek, dimulai dari aspek kemampuan, ketahanan, hingga keamanan untuk menjaga dalam kondisi berkendara. *Chassis* memiliki berbagai macam jenis sesuai dengan peruntukannya. Berikut adalah jenis-jenis yang umum digunakan:

##### **2.2.1 Ladder Frame**

*Ladder Frame* atau lebih sering dikenal dengan rangka tangga (H), disebut rangka tangga karena bentuknya yang menyerupai tangga dengan dua batangan panjang yang menyokong kendaraan dan menyediakan dukungan yang kuat dari berat beban, umumnya digunakan pada mobil-mobil yang bermuatan berat (Adriana dan Masrianor, 2017). Bahan material yang paling umum untuk jenis *ladder frame* ini adalah material dengan bahan baja ringan, dua batang memanjang tersebut merupakan bagian yang utama untuk menahan beban longitudinal akibat percepatan dan pengereman. Sedangkan batang melintang hanya menahan agar *chassis* tetap dalam keadaan rigid/kaku. *Ladder Frame* biasa digunakan pada mobil *pickup* dan SUV ditampilkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 *Ladder Frame*

(Yudianto, 2015)

### **2.2.2 *Tubular Space Frame***

*Tubular Space Frame* memakai berbagai macam pipa *circular* (terkadang memakai bentuk *square tube* agar mudah disambung, meskipun begitu bentuk *circular* memiliki kekuatan begitu besar). Posisinya yang berbagai arah menghasilkan kekuatan mekanikal untuk melawan gaya dari berbagai arah. Pipa tersebut dilas sehingga terbentuk struktur yang kompleks (Fadila dan Syam, 2013). Adapun *chassis tubular space frame* ditampilkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 *Tubular Space Frame*

(Andrew, 2009)

### 2.2.3 Backbone

*Backbone chassis* adalah *chassis* yang memiliki bentuk seperti tulang rangka utama tunggal. Posisinya melintang sepanjang bagian tengah mobil. Hal ini membuat bagian depan dan belakang mobil saling terhubung. *Backbone* merupakan pengaplikasian dari teori rangka jenis pipa. Awalnya adalah dengan membuat bagian depan mobil dan belakangnya dihubungkan dengan sebuah rangka tube yang melintang dari depan sampai ke belakang. Hampir dari keseluruhan *chassis backbone* ini merupakan struktur kaku dan dapat menahan semua beban. Adapun *backbone chassis* ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 *Backbone chassis*

(Wikipedia, 2023)

### 2.2.4 Monocoque

*Monocoque* merupakan satu kesatuan stuktur *chassis* dari bentuk kendaraannya sehingga *chassis* ini memiliki bentuk yang beragam yang menyesuaikan dengan body mobil. Meskipun terlihat seperti satu kesatuan dari rangka dan *body* mobilnya, namun sebenarnya *chassis* ini dibuat dengan menggunakan pengelasan melalui proses otomasi sehingga hasil pengelasan yang berbentuk sempurna dan terlihat seperti tidak ada hasil pengelasan. Salah satu kelebihan dari *chassis monocoque* adalah ringan namun *chassis monocoque* tidak memungkinkan pada pembuatan berskala kecil karena membutuhkan proses produksi dengan otomasi. Adapun *chassis monocoque* ditampilkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 *Chassis Monocoque*

(Jandika, 2016)

### 2.2.5 *Aluminium Chassis Frame*

*Aluminium Chassis Frame* merupakan *chassis* yang di buat untuk menggantikan *chassis* baja *monocoque* karena untk menghasilkan sebuah rangka yang ringan. *Aluminium Space Frame* diklaim 40% lebih ringan dibanding dengan rangka baja *monocoque* namun 40% lebih rigid. *Chassis* jenis ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan mobil audy. Adapun *Aluminium Chassis frame* ditampilkan pada Gambar 2.5



magnesium  
magnesium

Gambar 2. 5 *Aluminium Chassis Frame*

(Audi, 2009)

### 2.3 Alumunium 6061

Aluminium adalah logam yang banyak digunakan karena memiliki bermacam keunggulan diantaranya ringan, memiliki sifat mudah dibentuk, kekuatan tarik relatif besar, tahan terhadap korosi serta sifat mekaniknya bisa ditingkatkan dengan pengerjaan dingin ataupun perlakuan panas, dan memiliki sifat mampu las yang baik. Kelebihan paduan aluminium dibanding dengan logam yang lain mengakibatkan banyak digunakan di bidang struktur serta permesinan. Aluminium seri 6061 ialah paduan dari aluminium, magnesium, dan silikon. Paduan ini bisa dilakukan perlakuan panas berkekuatan sedang sampai tinggi dengan kekuatan lebih besar dari seri 6005A. Aluminium jenis 6061 memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat baik dan juga memiliki mampu las yang sangat baik walaupun mempunyai kelemahan kekuatan di zona las (HAZ). Elemen paduan Aluminium seri 6061 merupakan silikon, iron, copper, manganese, magnesium, chromium, zinc, titanium. Adapaun data *property Material* Aluminium seri 6061 ditampilkan pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Data Alumunium 6061 (Sumber : Aerospace Spesification Metal)

No	Alumunium 6061	
1	<i>Mass Density</i>	2.71 g/cm <sup>3</sup>
2	<i>Yield Strength</i>	276 MPa
3	<i>Ultimate Tensile Strenght</i>	310 MPa
4	<i>Youngs Modulus</i>	68.900 GPa
5	<i>Poissons Ratio</i>	0.33
6	<i>Shear Modulus</i>	26000 MPa

## 2.4 Pembebanan pada Kendaraan

Terdapat beberapa pembebanan yang perlu dilakukan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Pembebanan *vertikal*, yaitu pembebanan akibat beban yang diberikan secara *vertikal* yang menggambarkan pembebanan akibat dari beban pengemudi, akibat beban mesin. Sebagai contoh adalah gaya mesin akibat gravitasi bumi.
2. Pembebanan akibat pengereman, pembebanan yang timbul akibat gaya pengereman yang terjadi pada kendaraan. Arah gaya pengereman berlawanan dengan arah pengereman.
3. Pembebanan akibat percepatan, pembebanan yang terjadi akibat adanya gaya percepatan yang ditimbulkan pada saat kendaraan melaju dengan waktu tertentu. Arah gaya akibat percepatan berlawanan dengan arah percepatan.

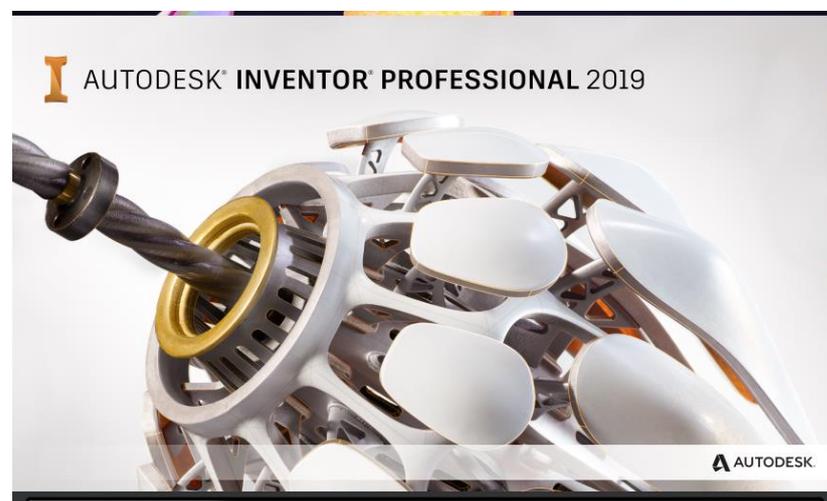
## 2.5 Teori Dasar *Finite Element Analysis*

*Finite Element Analysis* (FEA) atau disebut juga metode elemen hingga. Metode elemen hingga ini adalah metode yang sampai saat ini terbukti cukup berhasil dengan baik digunakan untuk menganalisis tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur. Konsep dasar dari metode ini adalah diskritisasi yaitu membagi benda menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil di mana masih mempunyai sifat yang sama seperti benda penyusunnya (Toteles dan alhaffis, 2021). Metode ini dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga umur *fatigue*. Keunggulan dari metode FEA adalah penggunaan waktu dan biaya yang minimum, bahkan metode ini dapat digunakan sebelum *prototype* yang sebenarnya dengan menggunakan *software autodesk inventor*.

## 2.6 *Software Autodesk Inventor*

*Autodesk Inventor* merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi solid untuk proses pembuatan objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan drafting beserta dokumentasi data-datanya. Dalam *Inventor*, seorang desainer bisa membuat sketsa 2D produk,

memodelkannya menjadi 3D untuk dilanjutkan dengan proses pembuatan prototipe visual atau bahkan yang lebih kompleks lagi, yaitu simulasi. Autodesk Inventor, yang dikembangkan oleh perusahaan perangkat lunak yang berbasis di AS Autodesk adalah merupakan perangkat lunak CAD mekanik desain 3D untuk membuat prototipe digital 3D yang digunakan dalam desain, visualisasi dan simulasi produk (Setyono dkk., 2016). Dari beberapa kelebihan tersebut maka pemakaian *autodesk inventor* sangat memberikan keuntungan dari segi efisiensi serta efektivitas waktu untuk produktifitas pekerjaan yang akan dilakukan. Adapun *software Autodesk Inventor* ditampilkan pada Gambar 2.6.



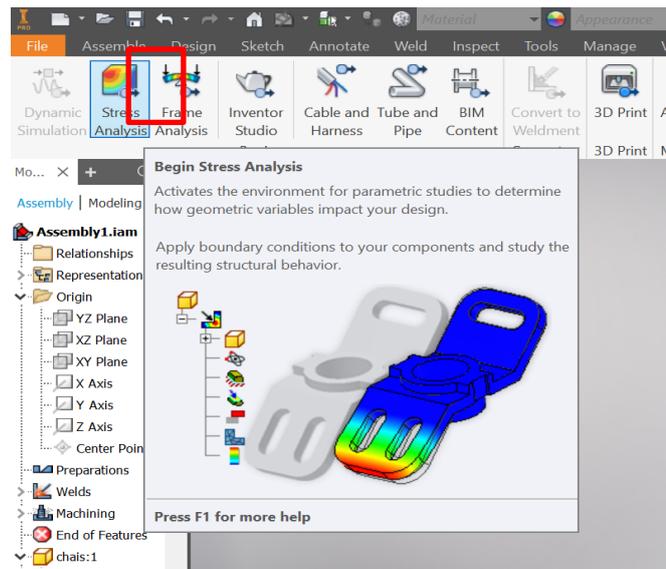
Gambar 2. 6 *Software Autodesk Inventor*

## 2.7 *Stress Analysis*

*Stress Analysis* merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *Autodesk Inventor* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh software, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat (Jahidin dan Manfaat, 2013)

Keakuratan hasil analisis tergantung dari material, *restraint* (bagian yang diam), dan *loads* (beban) yang diberikan. Jadi, untuk mendapatkan hasil yang valid kita harus memastikan bahwa properti dari material yang kita berikan benar-benar mewakili material yang akan kita gunakan. Demikian pula *restraints*, *loads*, kedua

hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda. *Stress* (ketegangan) atau statik analisis menghitung *displacement*, *strains* dan *stresses* berdasarkan material, *restraint*, dan *loads* yang diberikan. Sebuah material akan mengalami patah, atau berubah bentuk ketika *stress*-nya mencapai level tertentu. Setiap material memiliki tingkatan *stress* yang berbeda. Adapun tampilan *stress analysis* pada *autodesk inventor* ditampilkan pada Gambar 2.7.



Gambar 2. 7 *Stress Analysis*

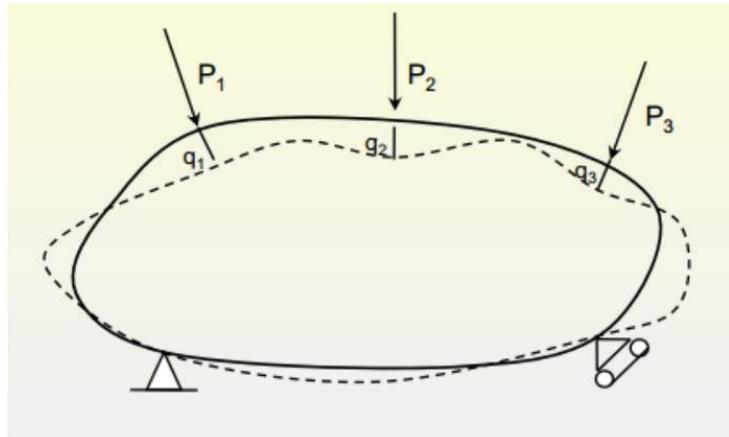
## 2.8 Tegangan Von Mises

Teori ini memperkirakan suatu kegagalan dalam tegangan geser yang memadai lebih besar dari yang diperkirakan oleh teori tegangan geser maksimal. Untuk analisis perancangan akan lebih mudah jika kita menggunakan tegangan Von Mises persamaan yang berkaitan dengan suatu tegangan dalam tiga sumbu (Satrijo dan Pandhadha, 2009)

## 2.9 Displacement

*Displacement* adalah perubahan sumbu sebuah batang dari kedudukannya semula (melentur) apabila berada di bawah pengaruh gaya. Karena balok biasanya horizontal, maka displacement merupakan penyimpangan vertikal. Apabila sebuah obyek/struktur diberi tiga buah gaya, yaitu P1, P2, dan P3. Pada lokasi dan arah yang sama dengan tiga gaya tersebut, akan terjadi displacement pada obyek sebesar

$q_1$ ,  $q_2$ , dan  $q_3$  (Hendrawan dkk., 2018). Adapun *Displacement* pada prinsip superposisi ditampilkan pada Gambar 2.8.



Gambar 2. 8 *Displacement* pada prinsip superposisi  
(Hendrawan dkk.,2018)

### 2.10 *Safety Factor*

Istilah faktor rancangan ( $N$ ), adalah ukuran keamanan relatif komponen pembawa beban. Dalam kebanyakan kasus, kekuatan bahan komponen tersebut dibagi menurut faktor rancangan untuk menentukan tegangan rancangan ( $\sigma_d$ ), kadang disebut tegangan yang diijinkan (*allowable stress*). Untuk itu tegangan aktual yang dialami komponen harus lebih kecil dari tegangan rancangan tersebut. Untuk beberapa jenis pembebanan, adalah lebih tepat untuk menyusun sebuah hubungan dari mana faktor rancangan ( $N$ ), tersebut diambil, dapat dihitung dari tegangan aktual yang terjadi dan kekuatan bahan. Perancang harus menentukan berapa nilai faktor rancangan yang wajar untuk suatu situasi tertentu.

Sering kali nilai faktor rancangan atau tegangan rancangan ditetapkan dalam aturan-aturan yang dibuat oleh organisasi yang menetapkan standar, seperti *American Society of Mechanical Engineers*, *American Gear Manufacturers Association*, *U.S. department of Defense*, *Aluminum Association* atau *American Institute of Steel Construction*. Undang-undang tentang bangunan lokal atau negara bagian (Amerika Serikat) sering kali menetapkan faktor-faktor rancangan atau tegangan rancangan untuk struktur-struktur. Beberapa perusahaan menggunakan kebijakan mereka sendiri dalam menentukan faktor-faktor rancangan berdasarkan

pengalaman masa lalu dengan kondisi-kondisi yang sama. (Mott dkk., 2004)

Berikut ini nilai dari faktor-faktor perancangan dari bahan-bahan ulet, yaitu:

1.  $N=1,25$  hingga 2. Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan tinggi untuk semua data perancangan.
2.  $N=2,0$  hingga 2,5. Perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.
3.  $N=2,5$  hingga 4,0. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidak pastian mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan.
4.  $N=4,0$  atau lebih. Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beberapa kombinasi beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan. Keinginan untuk memberikan keamanan ekstra untuk komponen yang kritis dapat juga memilih nilai-nilai ini.

Adapun rumus yang digunakan untuk mengetahui faktor keamanan dari suatu material dalam perencanaan elemen mesin dirumuskan pada persamaan berikut:

$$sf = \frac{\sigma_y}{\sigma_{actual}} \quad (2.1)$$

$Sf = Safety\ factor$

$\sigma_y =$  Nilai tegangan luluh material

$\sigma_{actual} =$  Nilai tegangan maksimal pada spesimen uji

## 2.11 Tori Dasar Mekanika

### 2.11.1 Tegangan Normal

Tegangan normal adalah tegangan yang bekerja dalam arah tegak lurus permukaan potongan melintang dan dilambangkan dengan sigma ( $\sigma$ ). Bila gaya-gaya luar yang bekerja pada suatu batang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan penampang batang konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah

sejajar terhadap sumbu tersebut. Gaya-gaya ini yang disebut dengan gaya aksial. Tegangan normal dapat berbentuk:

### 1. Tegangan Tarik

Gaya Tarik terjadi pada batang, apabila terdapat gaya aksial menarik suatu batang dan akibatnya batang akan cenderung menjadi meregang dan bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal pada sumbunya. Adapun gaya Tarik aksial ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Gaya Tarik Aksial

### 2. Tegangan Tekan

Apabila terdapat sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu bidang, akibatnya bidang tersebut akan cenderung memendek. Maka gaya tekan aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang di suatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal pada sumbunya. Adapun gaya Tekan aksial ditampilkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2. 10 Gaya Tekan Aksial

Tegangan normal yang bekerja diasumsikan mempunyai distribusi terbagi rata diseluruh permukaan penampang dan garis kerja gaya aksial melalui pusat berat penampang melintang batang. Sehingga diperoleh rumus

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.2)$$

Dimana :

$\sigma$  = Tegangan ( $N/m^2$ )

F = Gaya aksial ( $N$ )

A = Luas ( $m^2$ )

### 2.11.2 Regangan

Regangan merupakan perubahan bentuk persatuan panjang pada suatu batang. Misalnya pada suatu batang yang sebagai penopang yang diberikan beban aksial, akibatnya batang tersebut akan tertekan atau memendek, maka

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.3)$$

Dimana :

$\varepsilon$  = Regangan

$L$  = Panjang mula-mula (m)

$\Delta L$  = Perubahan panjang

### 2.11.3 Modulus Elastisitas

Gaya yang bekerja pada suatu benda elastis tidak melebihi batas elastisitasnya, maka perbandingan antara tegangan dengan regangan adalah konstan. Bilangan konstanta tersebut disebut dengan modulus young atau modulus elastisitas. Modulus elastisitas dapat dikatakan sebagai perbandingan antara tegangan dan regangan pada suatu benda. Persamaan dalam modulus elastisitas yaitu sebagai berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (2.4)$$

Dimana :

$E$  = Modulus elastisitas ( $N/m^2$ )

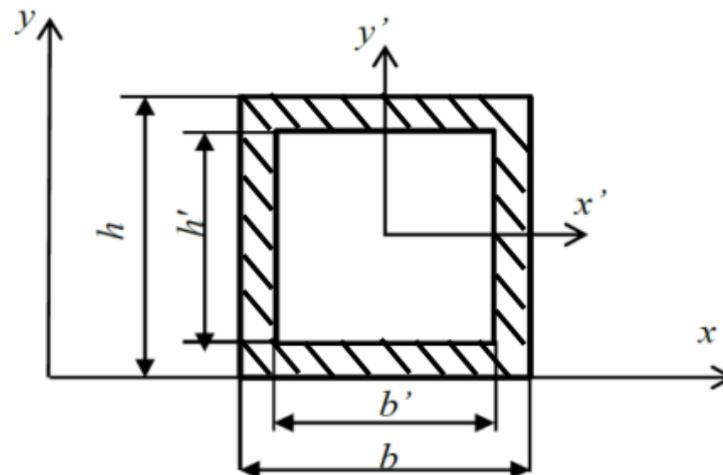
$\sigma$  = Tegangan normal ( $N/m^2$ )

$\varepsilon$  = Regangan normal

### 2.11.4 Momen Inersia Penampang *Hollow Persegi*

Momen inersia adalah kecenderungan benda untuk mempertahankan keadaannya (tetap diam atau bergerak). Benda yang sukar bergerak dikatakan memiliki inersia yang besar. Begitu juga bumi yang selalu dalam keadaan berotasi memiliki inersia rotasi. Jadi Momen Inersia adalah ukuran dari besarnya kecenderungan berotasi yang ditentukan oleh keadaan benda atau partikel penyusunnya. Momen inersia suatu luasan adalah perkalian antara luasan dengan

jarak kuadrat dari titik berat luasan terhadap garis. Adapun luas penampang besi *hollow* persegi ditampilkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2. 11 Penampang Persegi

Dengan adanya dimensi dari penampang rangka utama maka dapat dicari momen inersia luas penampang rangka utama. Untuk luas penampang persegi panjang rumus inersia luas penampangnya, maka

$$I = I_{x'} = \frac{1}{12}bh^3 - \frac{1}{12}b'h'^3 \quad (2.5)$$

## 2.12 Regulasi KMHE Kategori *Prototype*

*Prototype* adalah salah satu jenis kendaraan yang diperlombakan dalam Kontes Mobil Hemat Energi. Kendaraan kategori *prototype* merupakan Kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan efisiensi. Ada 4 kelas penggerak pada kategori *prototype* yaitu motor pembakaran dalam gasoline, motor pembakaran dalam diesel, motor pembakaran dalam etanol, dan motor listrik. Kendaraan dengan kategori *prototype* ini harus di desain berdasarkan regulasi yang telah ditetapkan oleh Kontes Mobil Hemat Energi. Beberapa regulasi yang harus diikuti antara lain :

1. Bobot minimum pengemudi kendaraan *prototipe* adalah 50 kg ketika memakai perlengkapan mengemudi yang lengkap, termasuk alat komunikasi.
2. Tim harus memastikan bahwa struktur rangka kendaraan memiliki kekakuan dan kekuatan yang dapat menahan beban.
3. Radius putar 8 m atau kurang. Radius putar adalah jarak antara pusat lingkaran dan roda eksternal kendaraan. Toda eksternal kendaraan harus mampu mengikuti busur  $90^\circ$  dari radius 8 m di kedua arah

## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

Metode dan penelitian adalah tata cara, langkah langkah, atau prosedur yang ilmiah dalam mendapatkan data untuk tujuan penelitian yang mempunyai tujuan tertentu. Dalam proses penelitian hendaknya mempersiapkan waktu, tempat, dan alat alat untuk menyelesaikan dan mendapatkan hasil yang sempurna.

#### 3.1 Tempat dan Waktu

##### 3.1.1 Waktu

Penelitian akan dilaksanakan dengan ketepatan waktu seperti yang ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Waktu dan pelaksanaan penelitian

No	Tahapan	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur						
2	Pembuatan Proposal Dan Bimbingan						
3	Seminar Proposal						
4	Tahapan Penelitian Simulasi						
5	Penulisan Pembahasan TGA						
6	Seminar Hasil Penelitian						

Penelitian ini berlangsung selama kurun waktu 4 bulan dimulai dengan studi literatur serta survey lapangan hingga usulan proposal seminar judul diterima, persiapan, pembuatan desain *chasssis* serta penyusunan laporan. Setelah proposal selesai disusun, tahap selanjutnya yakni melaksanakan seminar proposal dan dilanjutkan pada proses analisa simulasi *chassis* lalu diteruskan dengan seminar hasil dan diakhiri dengan sidang akhir.

### 3.1.2 Tempat

Tempat dan pembuatan penelitian ini dilakukan di laboratorium Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Aceh.

### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam perancangan dan penelitian ini adalah sebagai berikut.

#### 3.2.1 Perangkat Lunak

Adapun perangkat lunak yang digunakan pada peneliti ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3. 2 Perangkat lunak yang digunakan

No	Nama Perangkat Lunak	Kegunaan
1	<i>Autodesk Professional Inventor 2019</i>	Membuat desain dan mensimulasikan <i>chassis</i>
2	<i>Microsoft Office Word 2016</i>	Membuat proposal hingga tugas akhir
3	<i>Microsoft Office Excel 2016</i>	Digunakan untuk perhitungan dan pengumpulan data

#### 3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini ditampilkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Peralatan yang digunakan

No	Nama Peralatan	Kegunaan
1	Laptop	Peralatan utama dalam menyelesaikan Tugas akhir
2	Jurnal	Sebagai referensi

### **3.3 Variabel Penelitian**

Variabel penelitian didefinisikan sebagai konsep yang menunjukkan variasi atau keragaman. Konsep itu sendiri merupakan deskripsi atau abstraksi dari fenomena atau gejala tertentu. Suatu konsep tentang apapun jika memiliki variabel atau sifat variabel dapat dikatakan sebagai variabel. Jadi variabel adalah segala sesuatu yang memiliki variasi.

#### **3.3.1 Variabel Bebas**

Variabel bebas juga bisa disebut sebagai variabel independen. Variabel bebas adalah variabel yang dapat berdiri sendiri tanpa pengaruh variabel lain. Adapun variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah beban yang akan digunakan pada chassis mobil hemat energi kategori prototype dengan penggerak motor listrik. Ada 4 jenis beban pengemudi yang akan dilakukan pengujian untuk mengetahui sifat mekanik dari masing-masing beban. Adapun beban pengemudi yang menjadi variabel bebas pada penelitian ini adalah 50 kg, 60 kg, 70 kg, dan 80 kg

#### **3.3.2 Variabel Terikat**

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, oleh karena itu variabel terikat juga dikatakan sebagai variabel terpengaruh. Dikarenakan penelitian melakukan pengujian terhadap desain *chassis* maka variabel terikat pada penelitian ini yaitu Tegangan *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factory*

### **3.4 Prosedur Penelitian**

Sebuah penelitian dapat dilaksanakan secara sistematis dan terstruktur apabila memiliki prosedur dalam melaksanakan penelitian. Berikut adalah prosedur yang digunakan dalam penelitian ini .

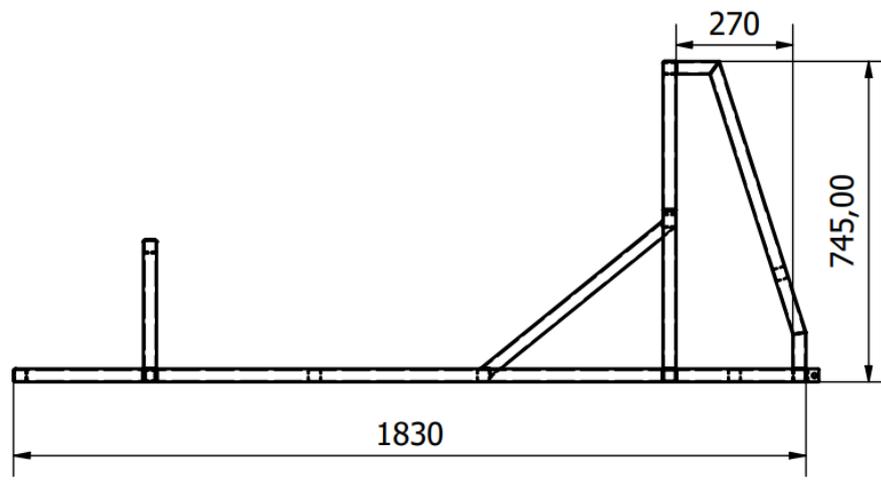
#### **3.4.1 Studi Literatur**

Studi literatur adalah metode pengumpulan data melalui serangkaian kegiatan seperti membaca, mencatat dan mengolah data yang bertujuan untuk pengayaan materi dari topik yang akan diangkat. Pada tahap ini kegiatan yang

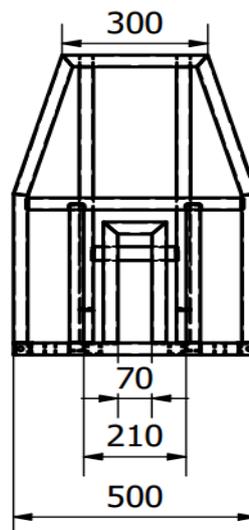
dilaksanakan yaitu mencari jurnal ataupun skripsi dan juga buku buku bacaan yang terkait dengan penelitian ini sebagai referensi dan landasan dilaksanakannya penelitian ini.

### 3.4.2 Pembuatan Desain *Chassis*

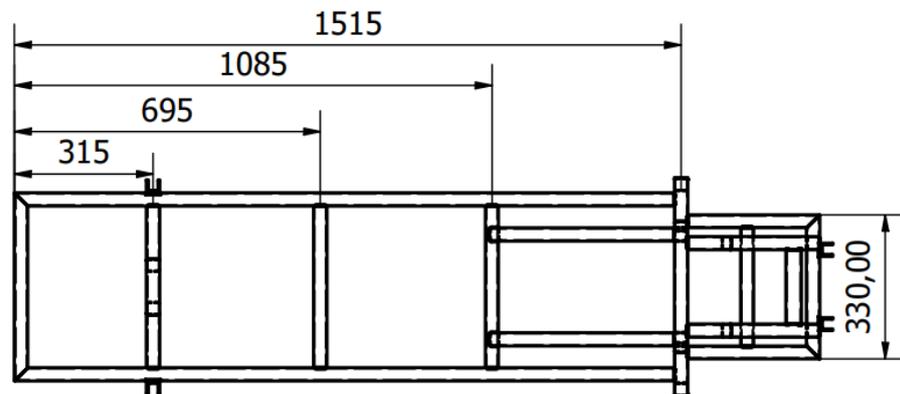
Desain *chassis* 2D ditampilkan pada Gambar 3.1.



(a)



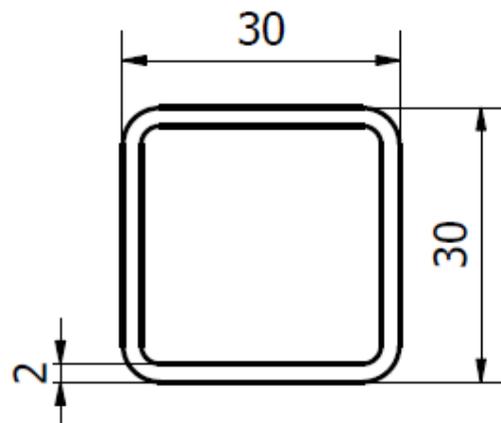
(b)



(c)

Gambar 3. 1 (a) Tampilan Samping, (b) Tampilan Depan dan (c) Tampilan Atas

Setelah didesain gambar *Chassis* 2D, lalu lakukan *modelling* dengan menggunakan *Autodesk Inventor Professional 2019*. Untuk bagian *chassis* menggunakan Aluminium 6061 persegi dengan tinggi 30 mm, lebar 30 mm dan ketebalan 2 mm. Adapun dimensi *hollow* persegi ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Dimensi *hollow* persegi

Desain *Chassis* tiga dimensi rangka *prototype* diasumsikan sambungan antara batang dengan batang yang lainnya adalah *fixed*. Adapun *chassis* 3D ditampilkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Gambar *Chassis* 3D

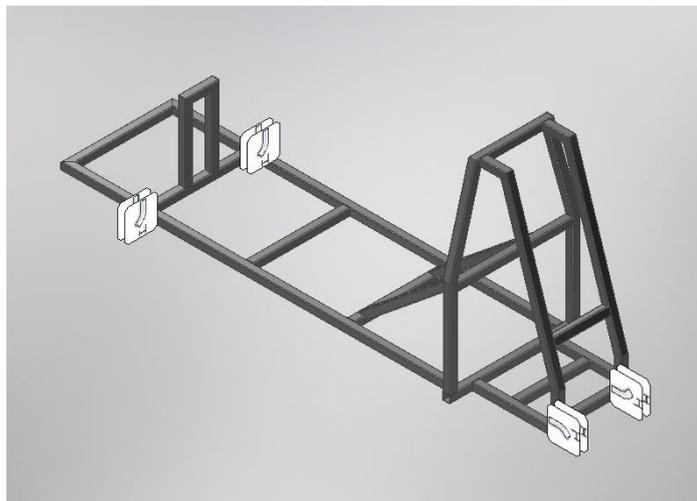
### 3.4.3 *Stress Analysis*

Setelah desain chassis selesai, lalu tentukan kondisi batas, pembebanan dan material di inventor dengan menggunakan *feature stress analysis*.

1. Menentukan lokasi tumpuan

Pada tahap ini dilakukan pemberian posisi tumpuan pada *chassis*.

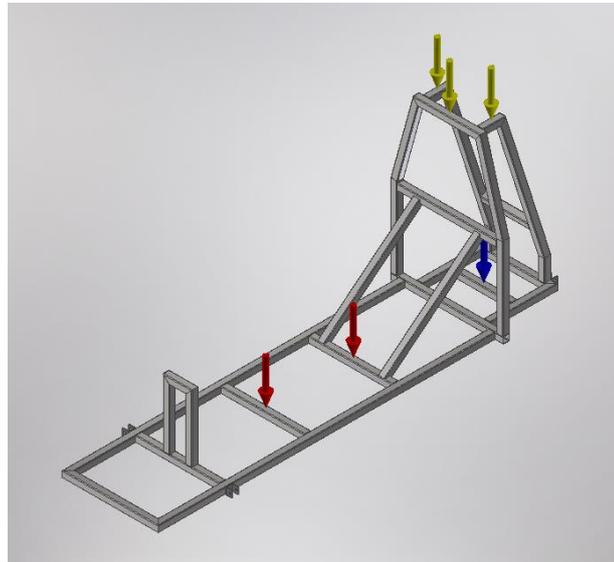
Adapun posisi tumpuan ditampilkan pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Posisi tumpuan pada *chassis*

## 2. Pemberian beban

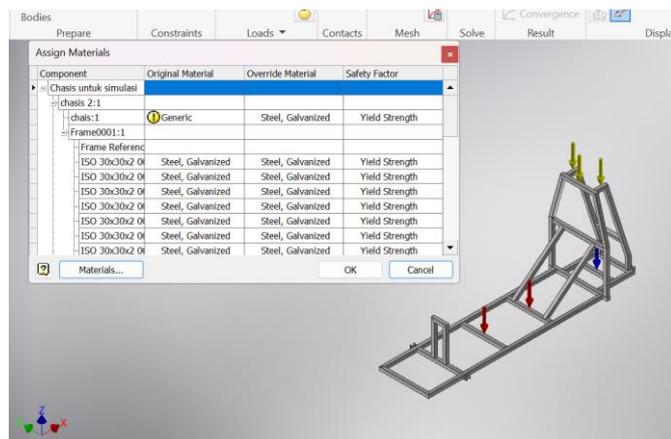
Pada tahap ini dilakukan pemberian posisi beban pada *chassis*. Adapun posisi pembebanan ditampilkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3. 5 Posisi pembebanan pada *Chassis*

## 3. Pemberian Material

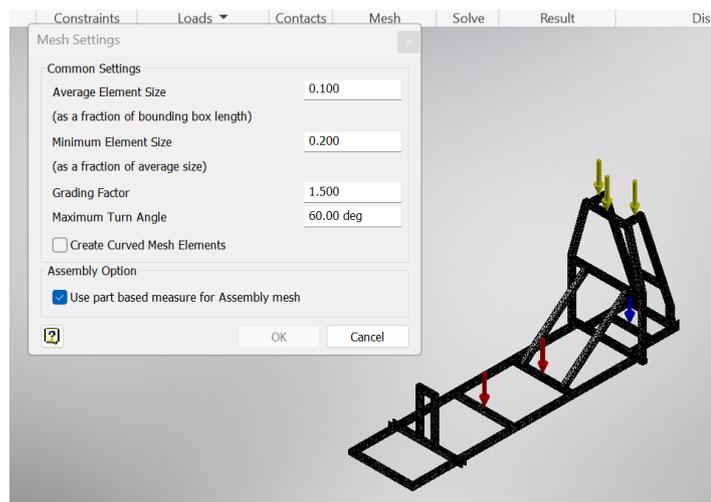
Pada tahap ini proses pemberian data material. Material yang digunakan pada rangka ini adalah *Hollow galvanis*. Adapun proses pemberian data material ditampilkan pada Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Pemberian data material

#### 4. Meshing

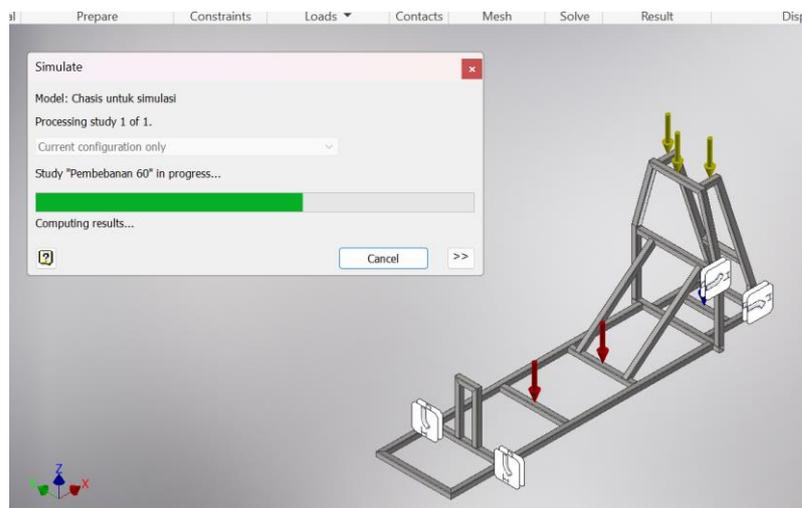
Setelah dilakukan pembebanan dan material lalu dilakukan proses *Meshing*. Adapun proses *meshing* ditampilkan pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Meshing

#### 5. Perhitungan software

Setelah dimasukan semua data, lalu lakukan perhitungan dengan *simulate*. Adapun proses *simulate* ditampilkan pada Gambar 3.8.

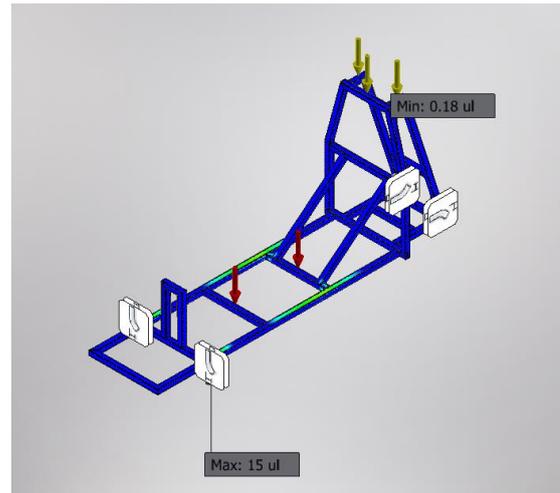


Gambar 3. 8 Simulate

## 6. Report

Hasil perhitungan keluar dalam bentuk *report*, disini dapat dilihat *volume*, *mass*, *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factor* dari rangka. Adapun hasil *report* ditampilkan pada Gambar 3.9.

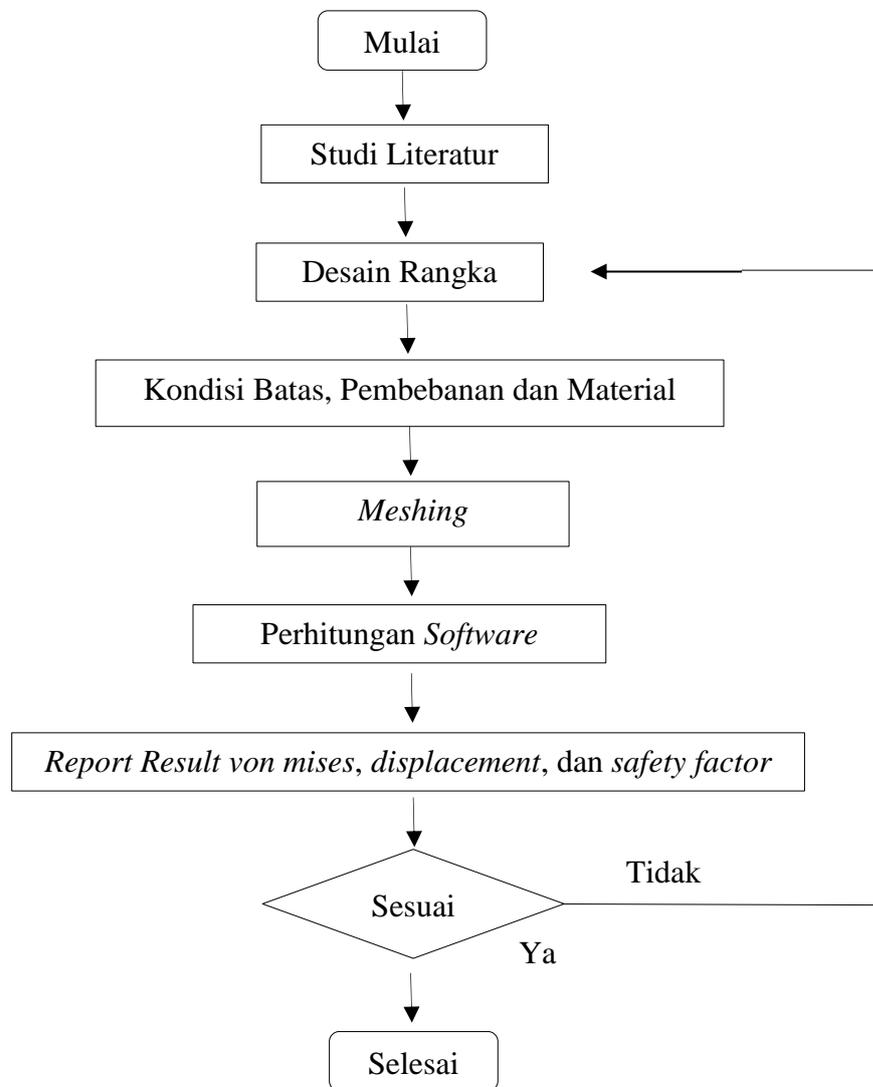
Result Summary		
Name	Minimum	Maximum
Volume	2378920 mm <sup>3</sup>	
Mass	18.6745 kg	
Von Mises Stress	0.00346683 MPa	1024.34 MPa
1st Principal Stress	-202.722 MPa	888 MPa
3rd Principal Stress	-832.111 MPa	229.379 MPa
Displacement	0 mm	
Safety Factor	0.202082 ul	15 ul
Stress XX	-676.37 MPa	816.797 MPa
Stress XY	-243.652 MPa	178.383 MPa
Stress XZ	-227.473 MPa	326.185 MPa
Stress YY	-257.334 MPa	276.133 MPa
Stress YZ	-178.843 MPa	215.162 MPa
Stress ZZ	-355.744 MPa	403.929 MPa
X Displacement	-7.0088 mm	0.524874 mm
Y Displacement	-0.616196 mm	0.356093 mm
Z Displacement	-3.40099 mm	0.502162 mm
Equivalent Strain	0.000000222298 ul	0.00446993 ul
1st Principal Strain	-0.000042638 ul	0.00352417 ul
3rd Principal Strain	-0.00457072 ul	0.0000940639 ul
Strain XX	-0.0035584 ul	0.00337736 ul
Strain XY	-0.00158374 ul	0.00110427 ul
Strain XZ	-0.00140816 ul	0.00201924 ul
Strain YY	-0.000973556 ul	0.00210988 ul
Strain YZ	-0.00110713 ul	0.00139855 ul
Strain ZZ	-0.00123075 ul	0.00137693 ul
Contact Pressure	0 MPa	1085.91 MPa
Contact Pressure X	-835.743 MPa	1057.4 MPa
Contact Pressure Y	-304.449 MPa	335.178 MPa
Contact Pressure Z	-322.663 MPa	279.924 MPa



Gambar 3. 9 Report

### 3.5 Diagram Alir

Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.10.



Gambar 3. 10 Diagram Alir Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Desain *Chassis*

Desain chassis yang dibuat adalah chassis mobil hemat energi kategori Prototype dengan penggerak motor listrik. Desain ini mengacu pada standar regulasi yang diberikan oleh penyelenggara Kontes Mobil Hemat Energi. Pada chassis kategori Prototype menggunakan 3 buah roda yaitu dua buah roda depan dan satu buah roda dibelakang. Berikut merupakan desain chassis mobil listrik kategori Prototype yang dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4. 1 Desain *chassis* Mobil Listrik

Chassis berfungsi sebagai penopang dari sebuah kendaraan, selain itu chassis dari mobil listrik harus bisa menahan beban dari pengendara dan juga beban dari luar.

#### 4.2 Material Desain Chassis

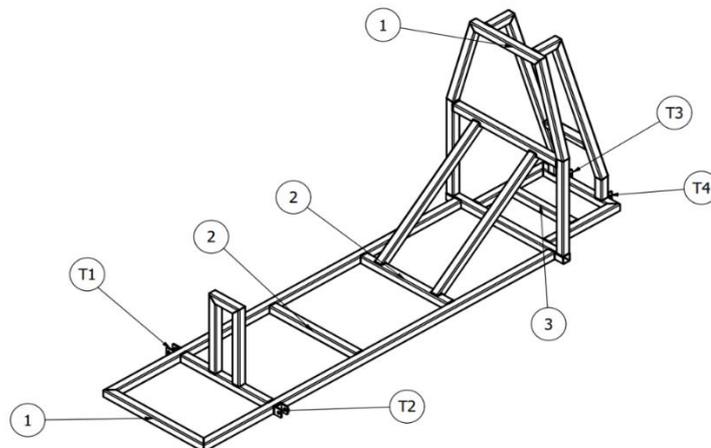
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium 6061. Adapun material properties Aluminium 6061 ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Data Aluminium 6061 (Sumber: Aerospace Specification Metal)

No	Aluminium 6061	
1	<i>Mass Density</i>	2.71 g/cm <sup>3</sup>
2	<i>Yield Strength</i>	276 MPa
3	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	310 MPa
4	<i>Youngs Modulus</i>	68.900 GPa
5	<i>Poissons Ratio</i>	0.33
6	<i>Shear Modulus</i>	26000 MPa

#### 4.3 Penempatan Gaya dan Tumpuan

Sebelum melakukan *analysis* menggunakan *software Autodesk Inventor* perlu mengetahui penempatan gaya yang terjadi akibat beban statis, beban akibat percepatan dan beban akibat pengereman. Semua gaya yang terjadi memiliki posisi yang berbeda-beda tergantung pembebanan. Pada proses *analysis* menggunakan tumpuan *fix*. Adapun penempatan gaya dan tumpuan ditampilkan pada Gambar 4.2



Gambar 4. 2 Penempatan gaya dan tumpuan

Adapun keterangan yang lebih jelas posisi penempatan gaya dan tumpuan ditampilkan pada Tabel 4.2

Tabel 4. 2 Penempatan gaya dan tumpuan

NO	Keterangan
T1	Tumpuan 1
T2	Tumpuan 2
T3	Tumpuan 3
T4	Tumpuan 4
1	Bodi
2	Pengemudi
3	Baterai

#### 4.4 Perhitungan Gaya

Gaya yang ditimbulkan akibat beban statis, dinamis memiliki nilai dan arah yang berbeda.

##### 4.4.1 Perhitungan Gaya Statis

Pada setiap pembebanan statis. Gaya tersebut timbul akibat dari gravitasi bumi. Adapun hasil dari perhitungan gaya ditampilkan pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Hasil perhitungan gaya statis

Keterangan	Statis
	Z (N)
Pengemudi 50 kg	490,5
Pengemudi 60 kg	588,6
Pengemudi 70 kg	686,7
Pengemudi 80 kg	784,8
Bodi	147,15
Baterai	49,05

#### 4.4.2 Perhitungan Gaya Akselerasi

Mobil hemat energi yang mula-mula diam kemudian bergerak dipercepat hingga kecepatannya 30 km/jam bergerak selama 10 sekon dengan jarak 41.5 meter. Maka dapat diperoleh besarnya percepatan jarak yang telah ditetapkan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$a = \frac{V_t - V_0}{\Delta t}$$

$$a = \frac{8.3 \text{ m/s} - 0 \text{ m/s}}{10 \text{ s}}$$

$$a = \frac{8.3 \text{ m/s}}{10 \text{ s}}$$

$$a = 0,83 \text{ m/s}^2$$

Beban disaat mobil melakukan akselerasi, dimana terdapat dua arah pembebanan yaitu arah vertical dan horizontal. Dengan didapatkannya nilai percepatan maka hasil perhitungan gaya dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Gaya Akselerasi

Keterangan	Akselerasi	
	X(N)	Z(N)
Pengemudi 50 kg	41,5	490,5
Pengemudi 60 kg	49.8	588,6
Pengemudi 70 kg	58.1	686,7
Pengemudi 80 kg	66.4	784,8
Bodi	12.45	147,15
Baterai	4.15	49,05

#### 4.4.3 Perhitungan Gaya Pengereman

Mobil hemat energi bergerak dengan kecepatan konstan 30 km/jam, kemudian mobil dilakukan pengereman dan berhenti dalam waktu 5 sekon dengan jarak pengereman 20.75 meter. Maka dapat diperoleh besarnya perlambatan dari jarak yang telah ditetapkan dengan perhitungan menggunakan persamaan berikut :

$$a = \frac{V_t - V_0}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0 \text{ m/s} - 8.3 \text{ m/s}}{5 \text{ s}}$$

$$a = \frac{-8.3 \text{ m/s}}{5 \text{ s}}$$

$$a = 1,66 \text{ m/s}^2$$

Beban disaat mobil melakukan Pengereman ,dimana terdapat dua arah pembebanan yaitu arah vertical dan horizontal. Dengan didapatkannya nilai perlambatan maka hasil perhitungan gaya dapat dilihat pada Tabel 4.5.

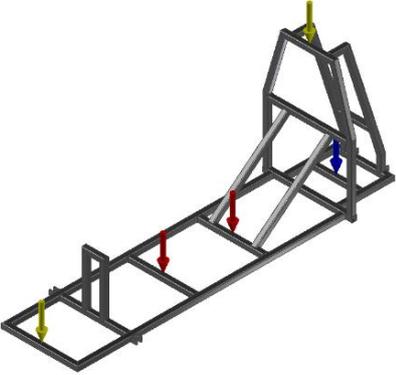
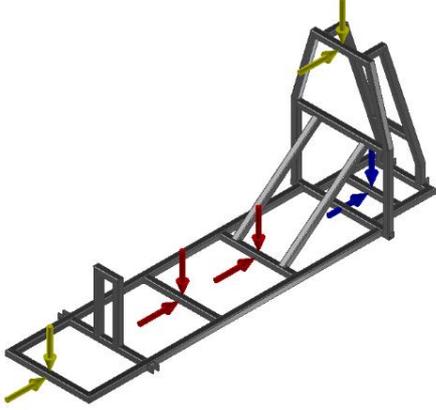
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Gaya Pengereman

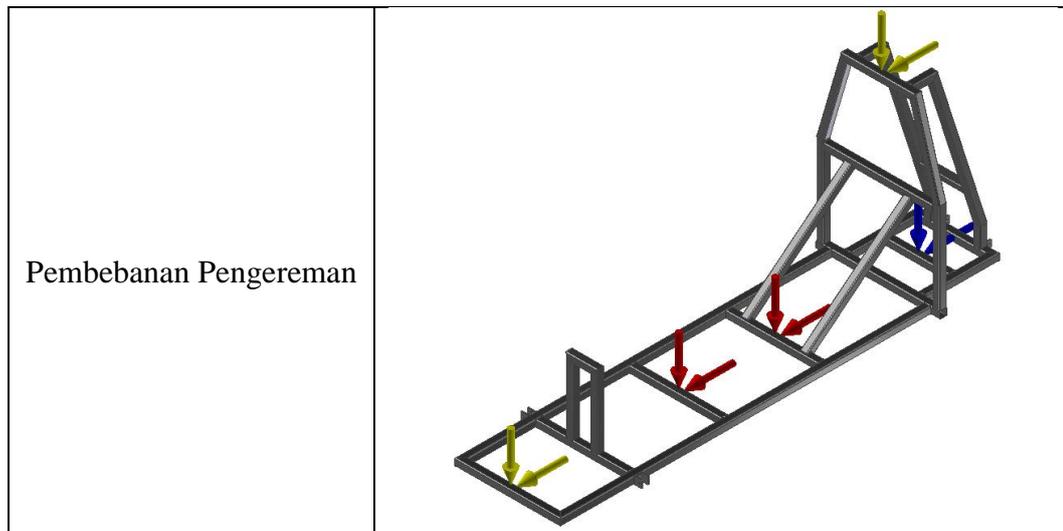
Keterangan	Pengereman	
	X(N)	Z(N)
Pengemudi 50 kg	83	490,5
Pengemudi 60 kg	99.6	588,6
Pengemudi 70 kg	116.2	686,7
Pengemudi 80 kg	132.8	784,8
Bodi	24.9	147,15
Baterai	8.3	49,05

#### 4.5 Input Gaya

Input gaya dilakukan untuk mengetahui posisi, arah dan nilai gaya yang akan dimasukkan kedalam analisa software. Analisa dilakukan dengan fitur stress analysis. Untuk mendapatkan hasil yang optimal anilisa dibagi menjadi 3, yaitu analisa pembebanan statis, percepatan dan perlambatan. Adapun input gaya ditampilkan pada Tabel 4.6

Tabel 4. 6 Input gaya

Keterangan	Gambar
Pembebanan Statis	
Pembebanan Percepatan	

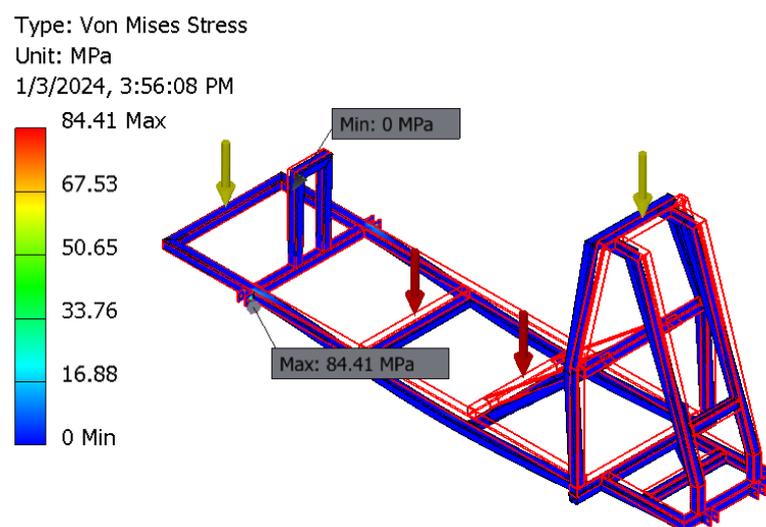


#### 4.6 Hasil Simulasi *Chassis* Beban Statis

Setelah dilakukan simulasi *chassis* beban statis menggunakan 4 beban pengemudi pada *stress analysis* maka didapatkan nilai von mises stress, *displacement*, dan *safety factor* dari *chassis* mobil listrik hemat energi kategori *prototype*.

##### 4.6.1 *Chassis* Dengan Beban Pengemudi 50 kg

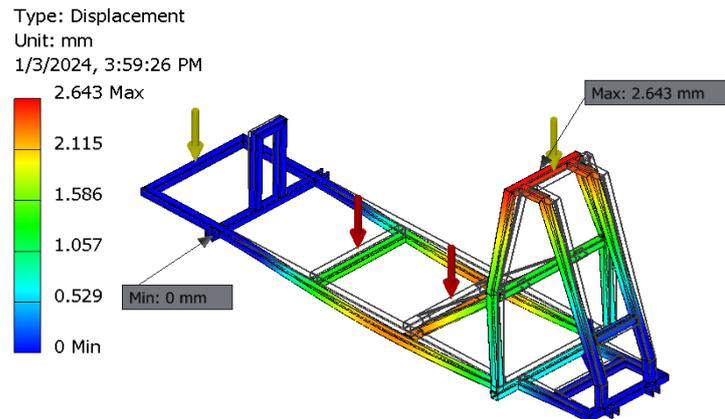
Berikut merupakan hasil *von mises stress* yang menggunakan beban pengemudi 50 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 3 *von mises stress* Beban Pengemudi 50 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 50 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 84.41 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

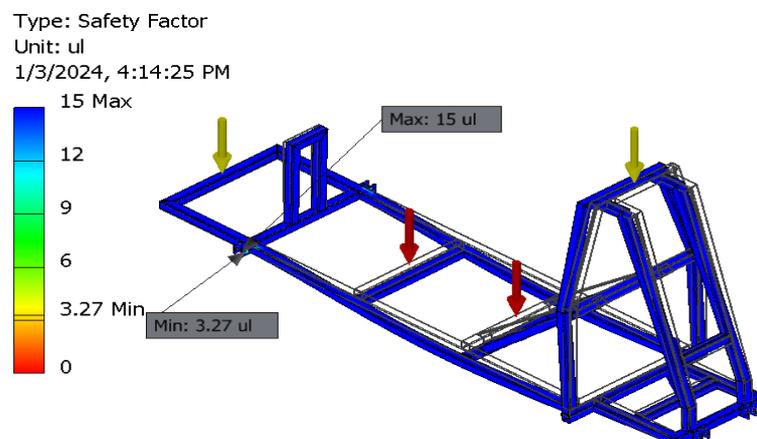
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 4 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 50 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 50 kg adalah sebesar 2.643 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.4

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.5



Gambar 4. 5 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 50 kg

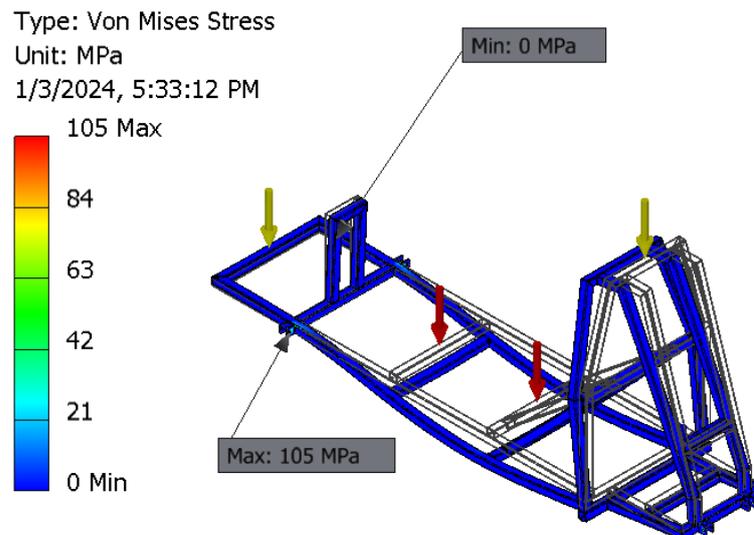
Dari gambar diatas dapat diketahui nilai *Safety factor* sebesar 3.27. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 84.41 MPa. Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Safety factor} = \frac{276 \text{ MPa}}{84.41 \text{ MPa}}$$

$$= 3.26$$

#### 4.6.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

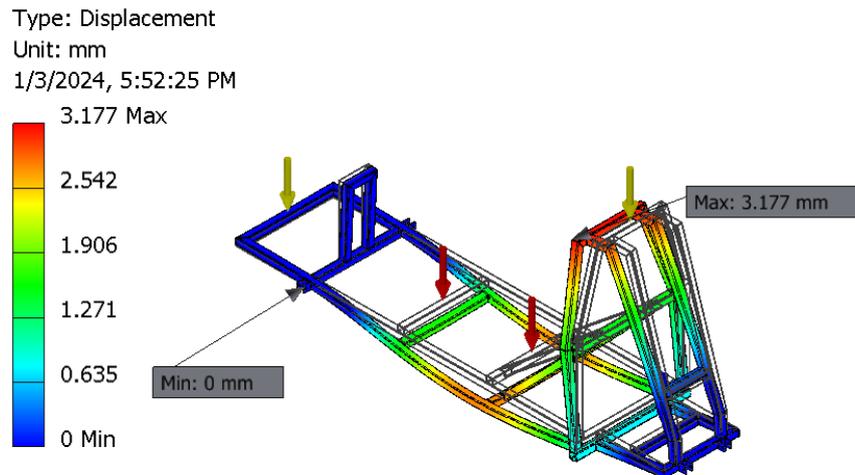
Berikut merupakan hasil *von mises stress* yang menggunakan beban pengemudi 60 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 6 *von mises stress* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 60 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 105 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

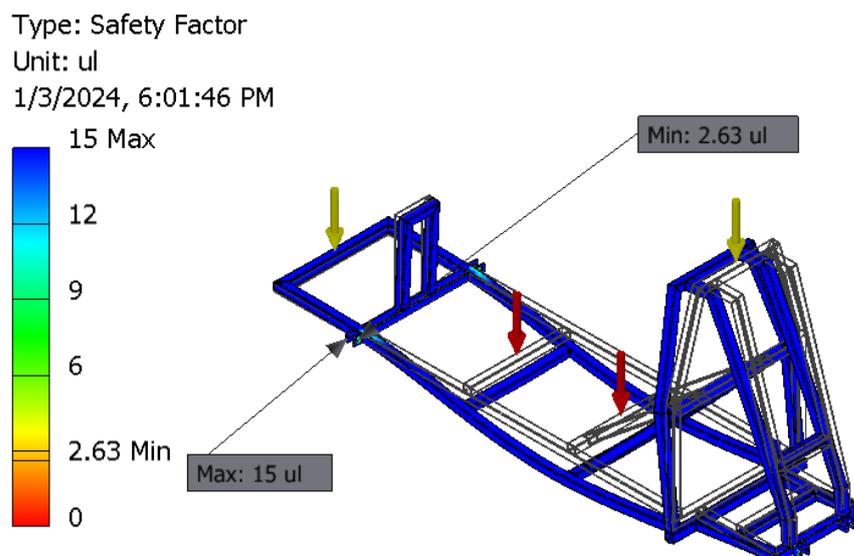
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 60 kg adalah sebesar 3.177 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.7.

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 8 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 60 kg

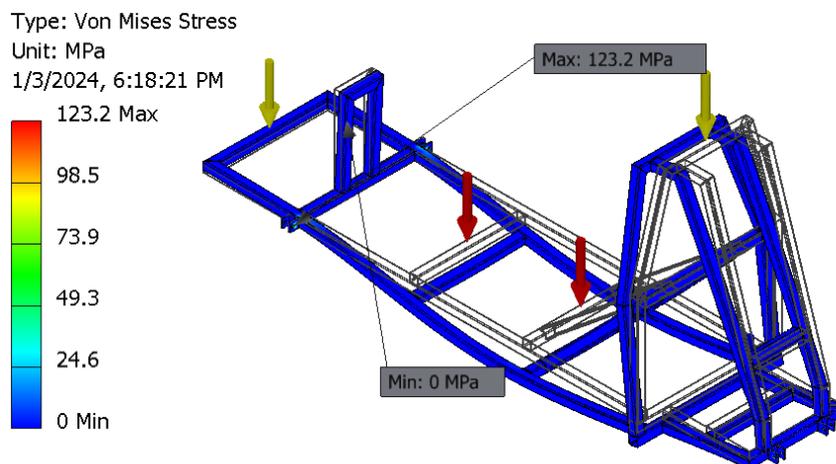
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 2.63. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 105 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276MPa}{105\ MPa}$$

$$= 2.62$$

#### 4.6.3 Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg

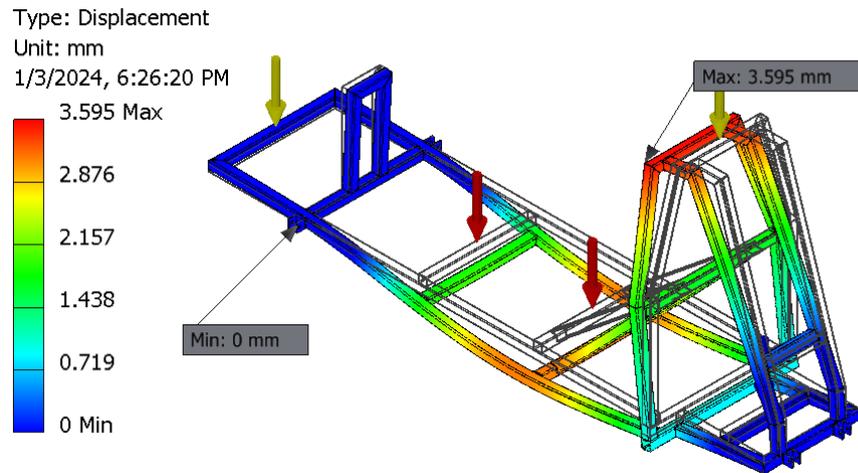
Berikut merupakan hasil analisis statis yang menggunakan beban pengemudi 70 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.3



Gambar 4. 9 Analisis statis Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 70 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 123.2 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

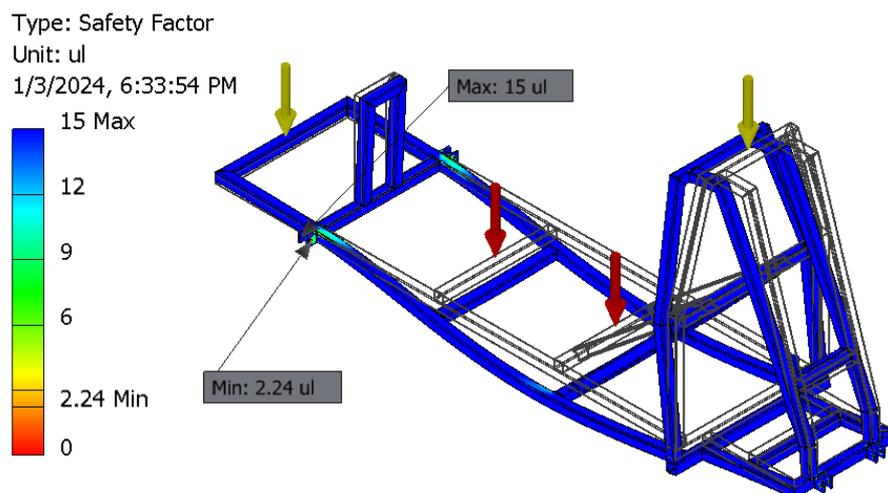
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 10 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 70 kg adalah sebesar 3.595 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.10

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 11 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 2.24. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield

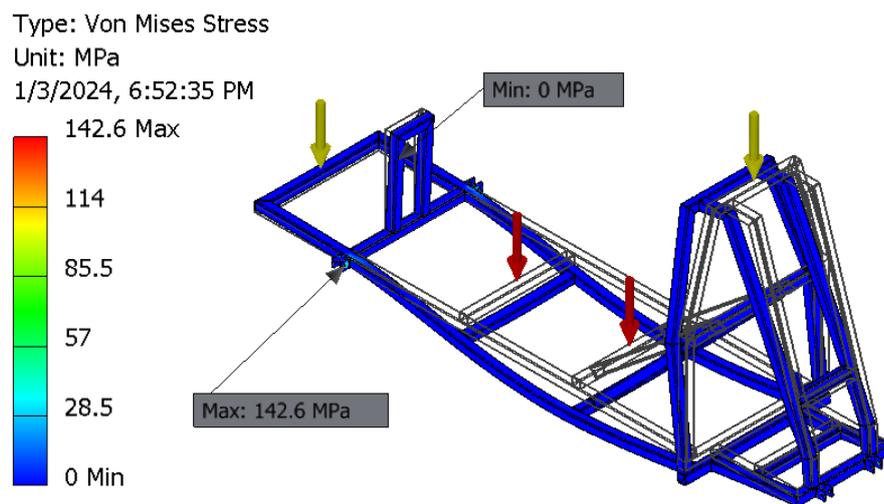
strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Aluminium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 123.2 MPa. Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Safety factor} = \frac{276 \text{ MPa}}{123.2 \text{ MPa}}$$

$$= 2.24$$

#### 4.6.4 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

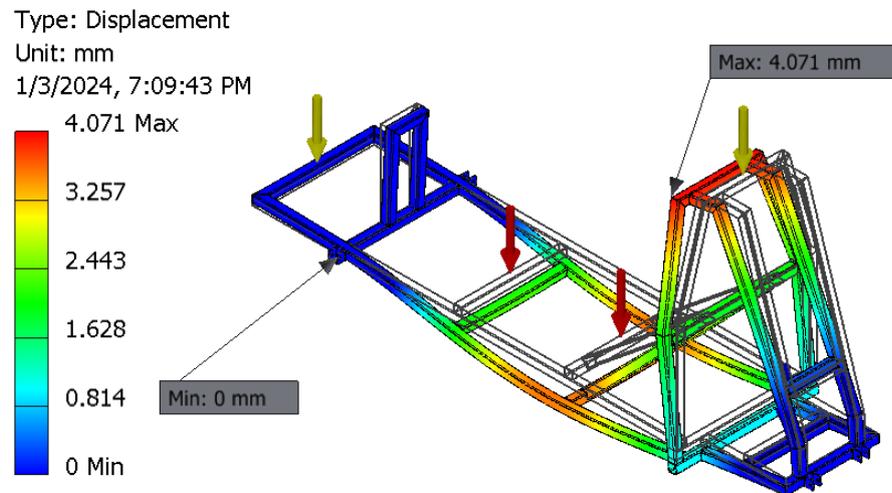
Berikut merupakan hasil Von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 80 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.12



Gambar 4. 12 Von mises stress Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 80 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 142.6 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

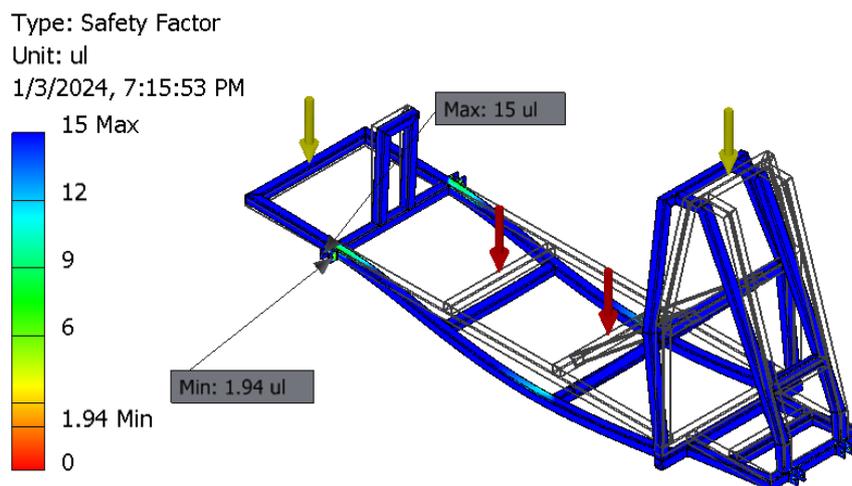
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4. 13 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 80 kg adalah sebesar 4.071 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah berwarna biru dari gambar 4.13

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 14 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 1.94. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield

strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Aluminium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 142.6 MPa. Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$\text{Safety factor} = \frac{276 \text{ MPa}}{142.6 \text{ MPa}}$$

$$= 1.93$$

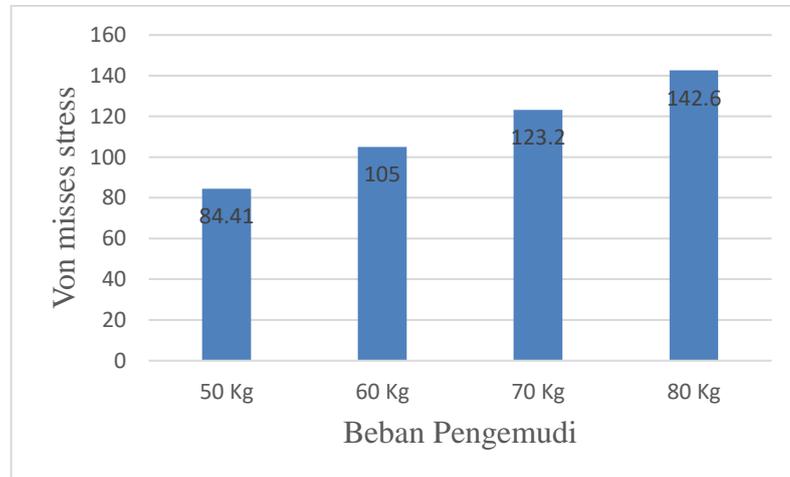
#### 4.7 Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Statis

Setelah dilakukan simulasi pembebanan statis pada *software* terhadap *chassis* mobil hemat energi kategori *prototype* dengan menggunakan beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg diperoleh data yang dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 7 Data Hasil Simulasi Pembebanan Statis

Hasil	50 kg		60 kg		70 kg		80 kg	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
<i>Von Mises Stress</i>	0	84.41	0	105	0	123.2	0	142.6
<i>Displacement</i>	0	2.643	0	3.177	0	3.595	0	4.071
<i>Safety Factor</i>	3.27	15	2.63	15	2.24	15	1.94	15

Perbandingan *Von misses stress* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada software dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Grafik Perbandingan *Von misses stress*

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai von misses strees pada beban 80 kg mencapai 142.6 MPa. Nilai tersebut didapatkan pada beban terberat dan bisa disimpulkan bahwa rancangan chassis mobil listrik kategori prototype yang menggunakan material Alumunium 6061 dapat dikatakan aman dikarenakan nilai von misses pada beban 80 kg lebih kecil dari nilai yield strength material yang digunakan yaitu 276 MPa.

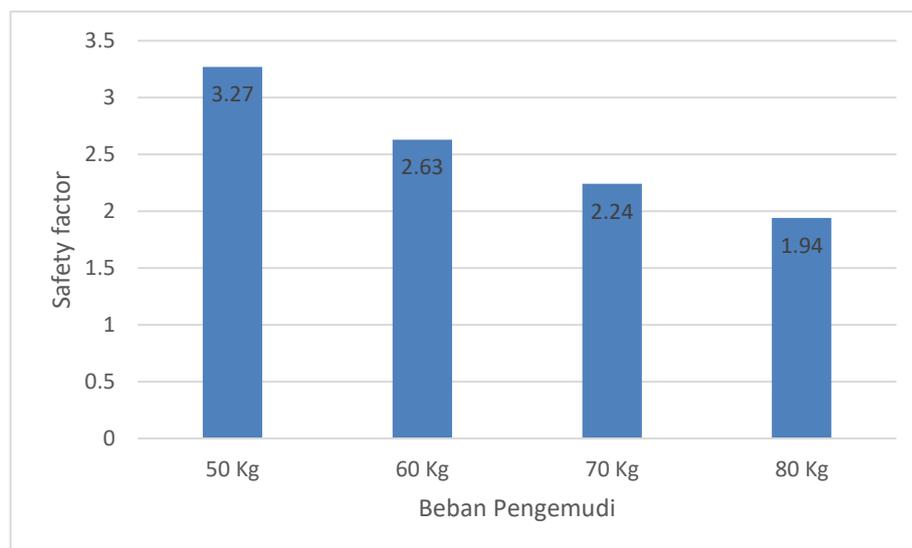
Perbandingan *Displacement* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada software dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 16 Grafik Perbandingan *Displacement*

Dari grafik pada gambar 4.16 dapat diketahui *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg mengalami *displacement* 2.643 mm, *chassis* dengan beban pengemudi 60 kg mengalami *displacement* 3.177 mm, *chassis* dengan beban pengemudi 70 kg mengalami *displacement* 3.595 mm dan *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg mengalami *displacement* 4.071 mm .

*Safety factor* merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Batasan *safety factor* pada *chassis* dapat dinyatakan aman apabila  $sf > 1$ . Apabila  $sf < 1$  maka *chassis* tersebut belum bisa dikatakan aman untuk digunakan. Pada *chassis* mobil listrik hemat energi kategori *prototype* perbandingan *safety factor* *chassis* dari beban pengemudi 50 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Perbandingan *Safety factor*

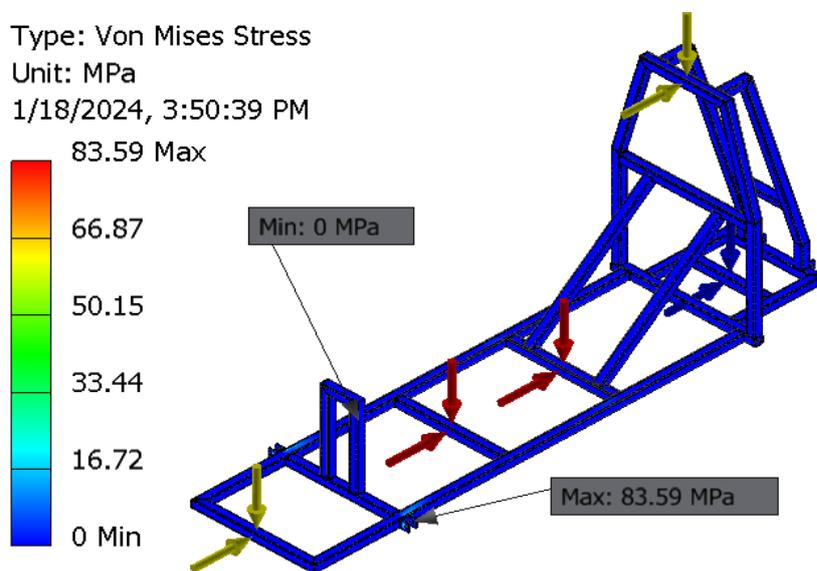
Dari grafik pada gambar diatas dapat diketahui *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg mempunyai nilai *safety factor* 3.27. *chassis* dengan beban pengemudi 60 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.63. *chassis* dengan beban pengemudi 70 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.24. *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg mempunyai nilai *safety factor* 1.94. Dari hasil nilai *safety factor* 4 beban pengemudi tersebut dapat dikatan *chassis* tersebut aman karna nilai *safety factor* tidak kurang dari 1.

#### 4.8 Hasil Simulasi *Chassis* Beban Akselerasi

Setelah dilakukan simulasi *chassis* beban Percepatan menggunakan 4 beban pengemudi pada *stress analysis* maka didapatkan nilai von mises stress, *displacement*, dan *safety factor* dari *chassis* mobil listrik hemat energi kategori *prototype*.

##### 4.8.1 *Chassis* Dengan Beban Pengemudi 50 kg

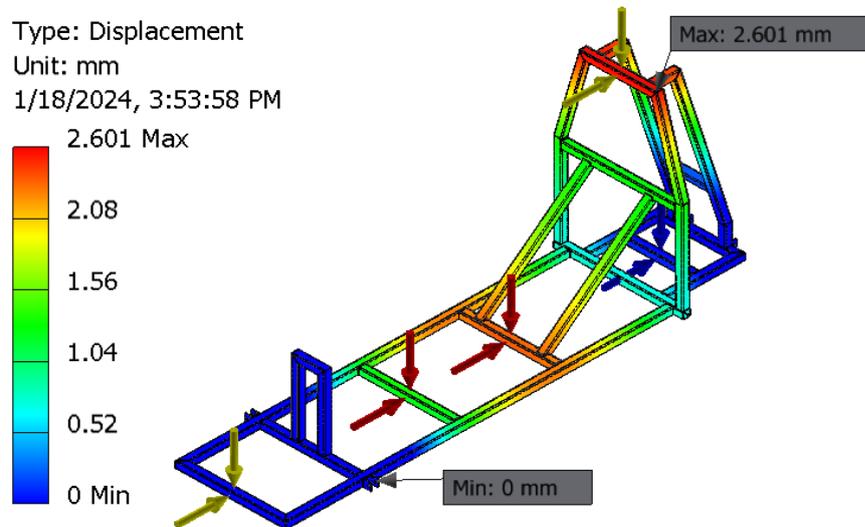
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 50 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4. 18 *von mises stress* Beban Pengemudi 50 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 50 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 83.59 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

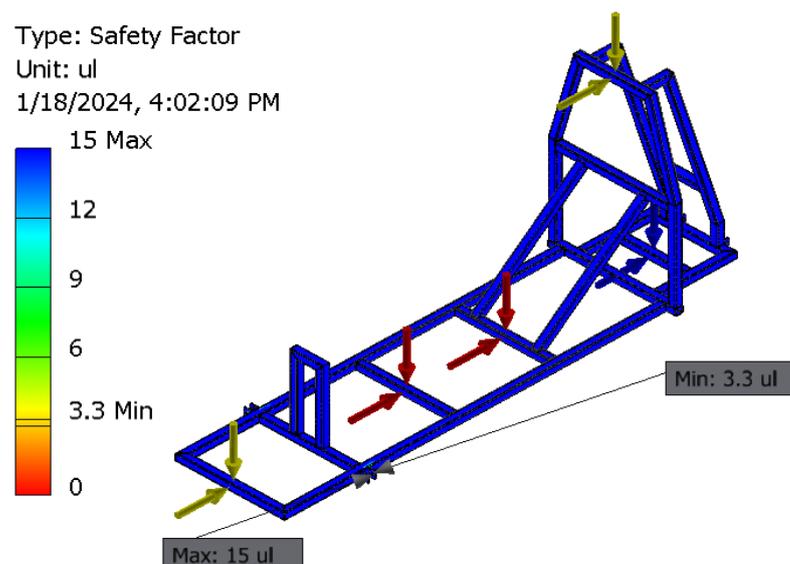
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada *chassis* mobil hemat energi kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 19 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 50 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 50 kg adalah sebesar 2.601 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari Gambar 4.19

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 50 kg

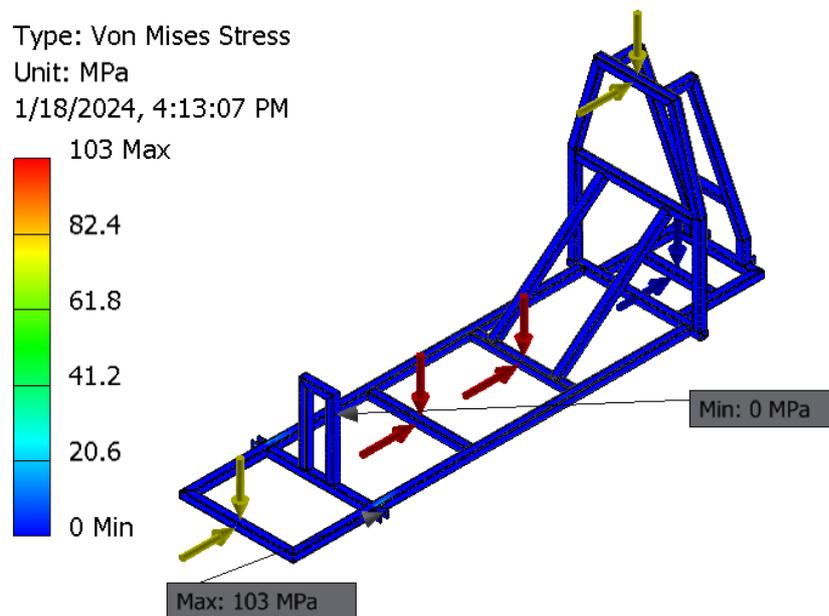
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 3.3 ul. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 83.59 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{83.59\ MPa}$$

$$= 3.30$$

#### 4.8.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

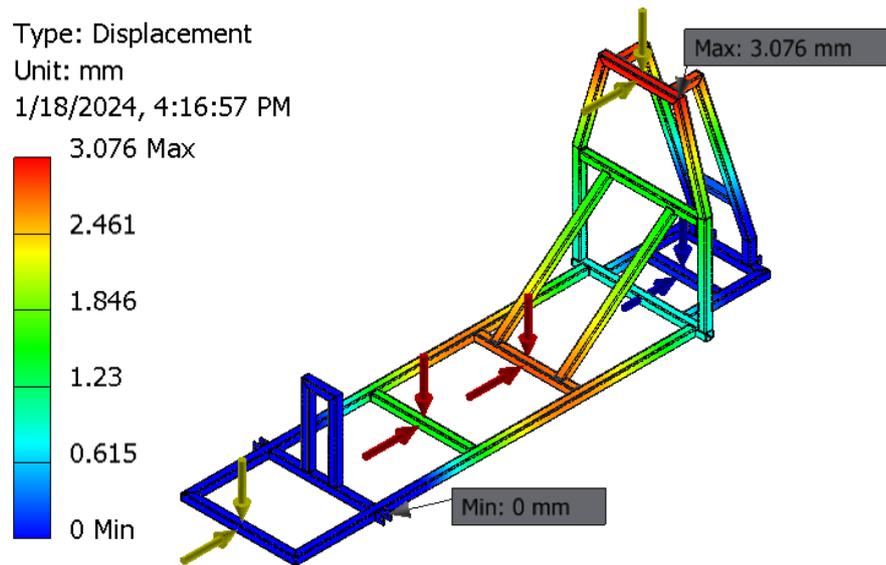
Berikut merupakan hasil von misses stress yang menggunakan beban pengemudi 60 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.21



Gambar 4. 21 *von misses stress* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 60 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 103 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

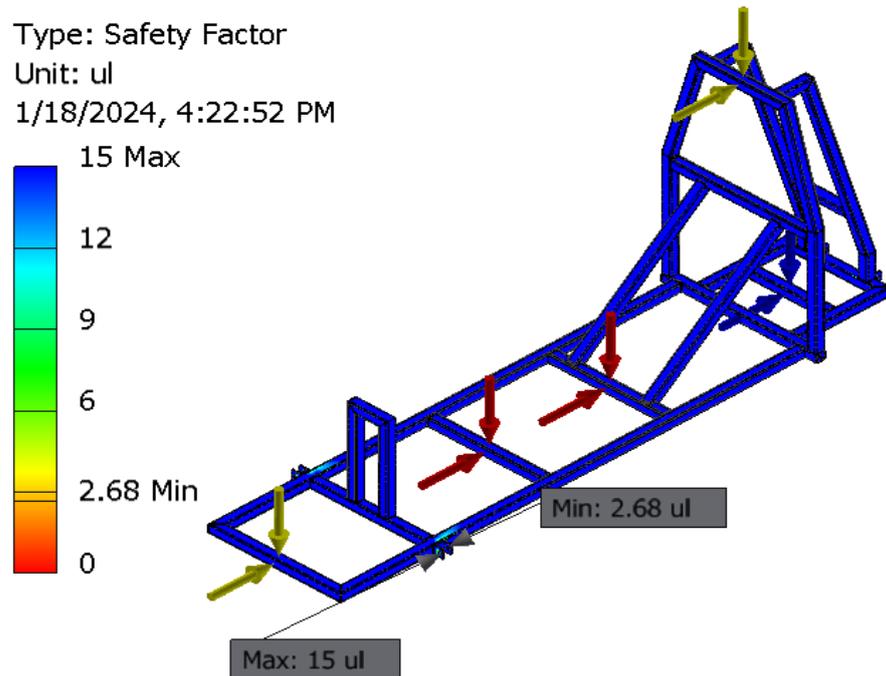
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 22 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 60 kg adalah sebesar 3.076 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah berwarna biru dari gambar 4.22

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 23 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 60 kg

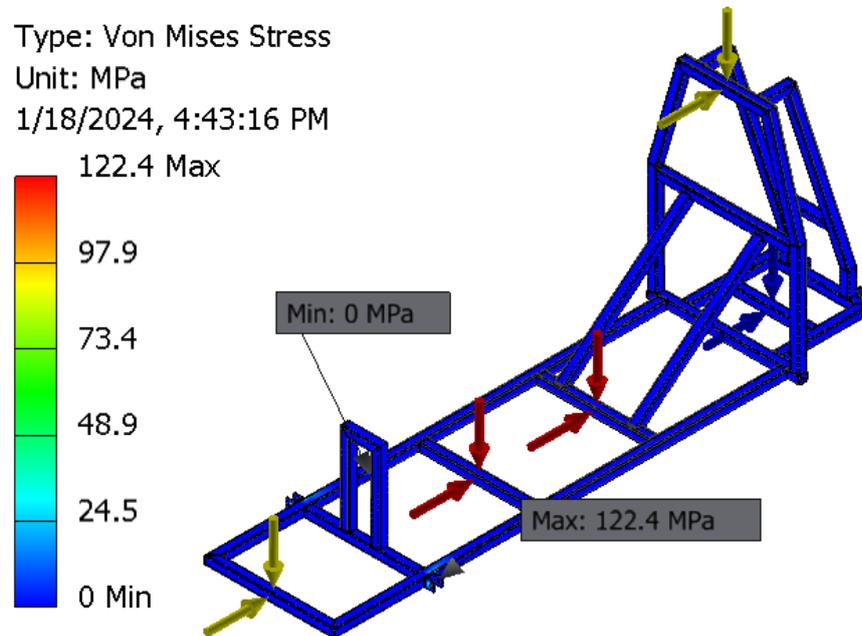
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 2.68. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 103 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$\text{Safety factor} = \frac{276 \text{ MPa}}{103 \text{ MPa}}$$

$$= 2.67$$

#### 4.8.3 *Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg*

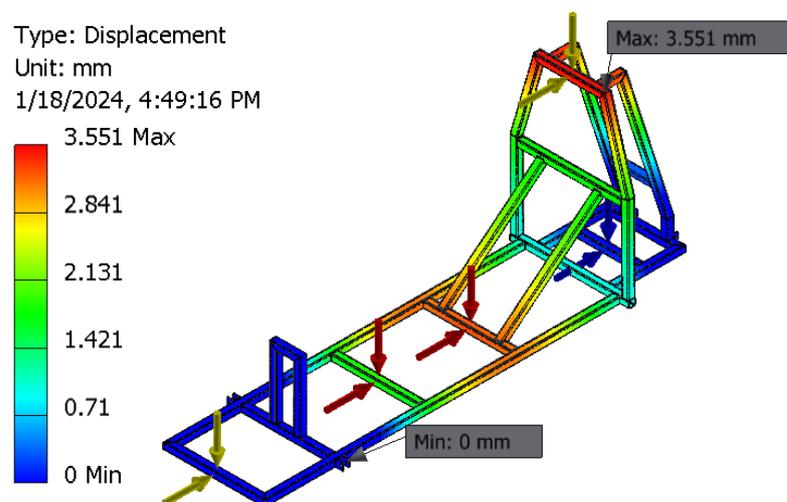
Berikut merupakan hasil *von misses stress* yang menggunakan beban pengemudi 70 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.24



Gambar 4. 24 *von misses stress* Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 70 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 122.4 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

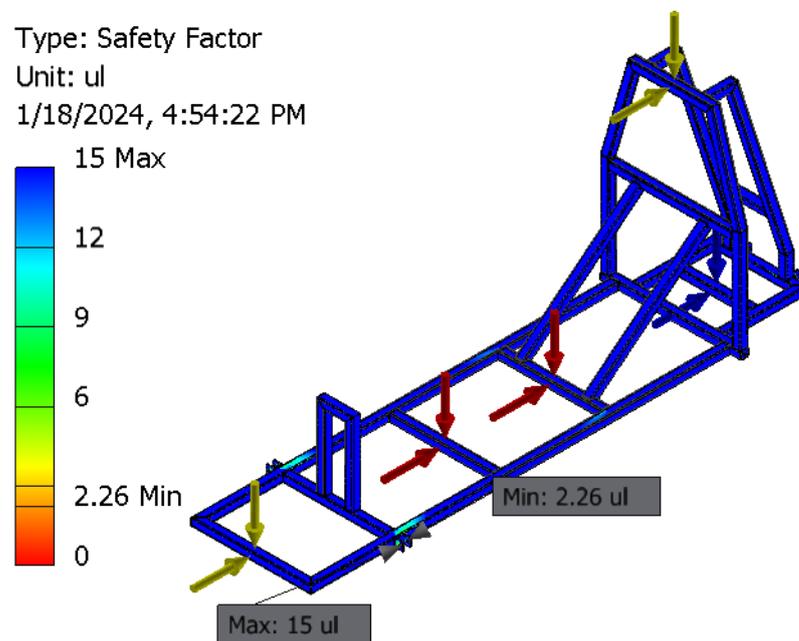
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4. 25 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 70 kg adalah sebesar 3.551 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.25.

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.26



Gambar 4. 26 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 70 kg

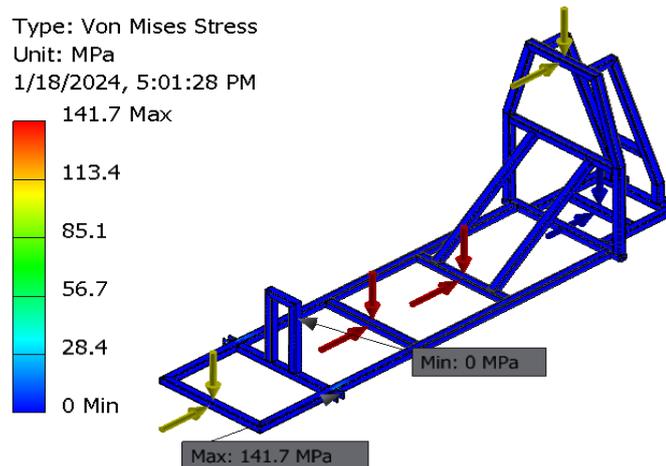
Dari gambar diatas dapat diketahui nilai *Safety factor* sebesar 2.26. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Aluminium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 122.4 MPa. Maka dapat dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{122.4\ MPa}$$

$$= 2.25$$

#### 4.8.4 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

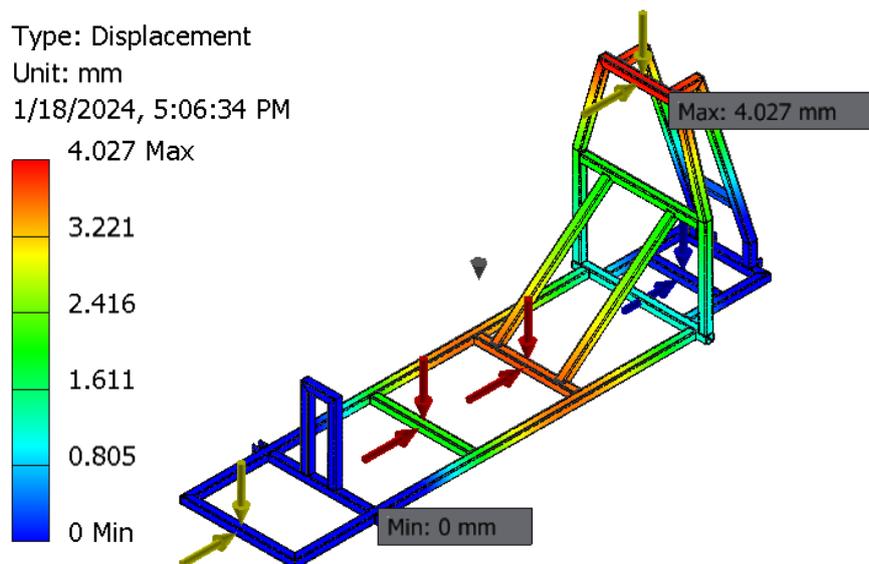
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 80 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4. 27 *von mises stress* Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 80 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 141.7 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

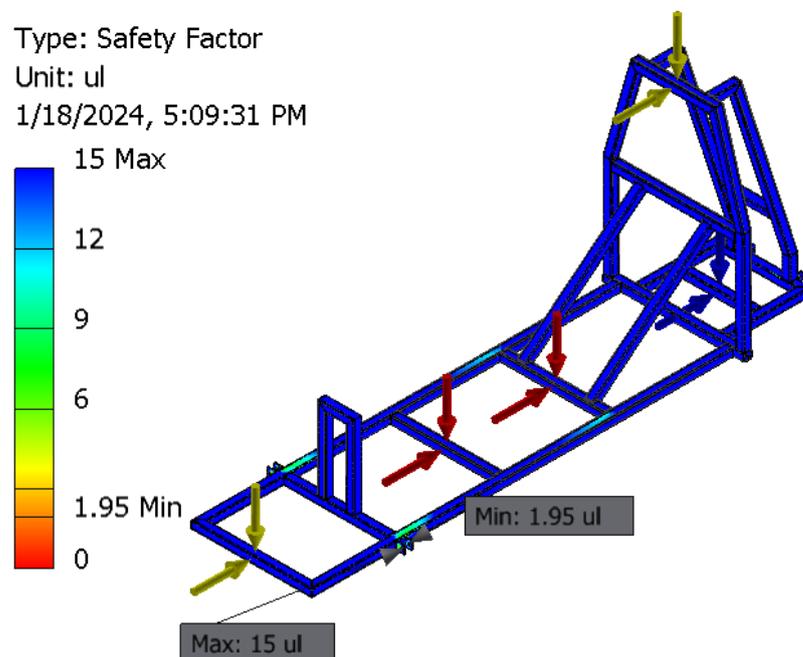
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4. 28 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 80 kg adalah sebesar 4.027 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.28

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4. 29 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui nilai *Safety factor* sebesar 1.95 ul. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 141.7 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{141.7\ MPa}$$

$$= 1.94$$

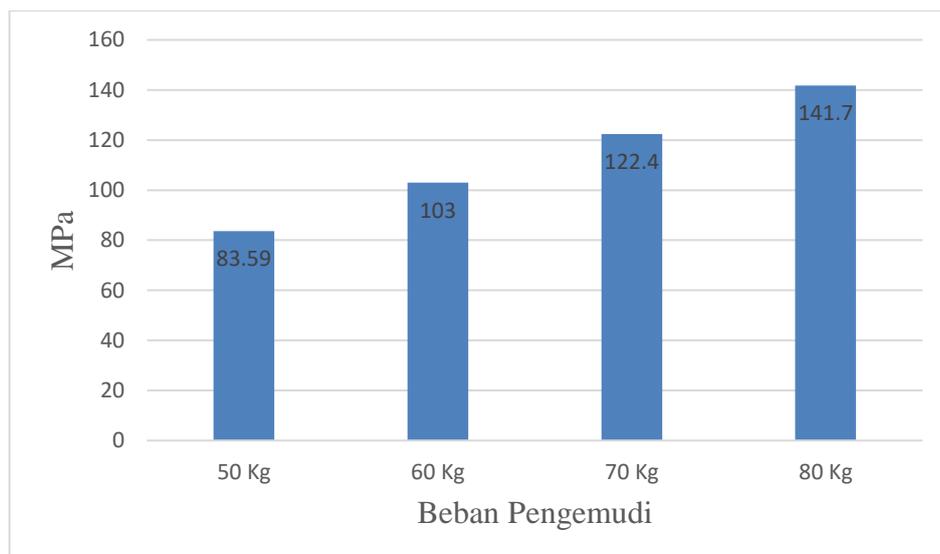
#### 4.9 Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Akselerasi

Setelah dilakukan simulasi pembebanan Akselerasi pada *software* terhadap *chassis* mobil hemat energi kategori *prototype* dengan menggunakan beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg diperoleh data yang dapat dilihat pada tabel 4.7

Tabel 4. 8 Data Hasil Simulasi Pembebanan Akselerasi

Hasil	50 kg		60 kg		70 kg		80 kg	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Von Mises Stress	0	83.59	0	103	0	122.4	0	141.7
Displacement	0	2.601	0	3.076	0	3.551	0	4.027
Safety Factor	3.3	15	2.68	15	2.26	15	1.95	15

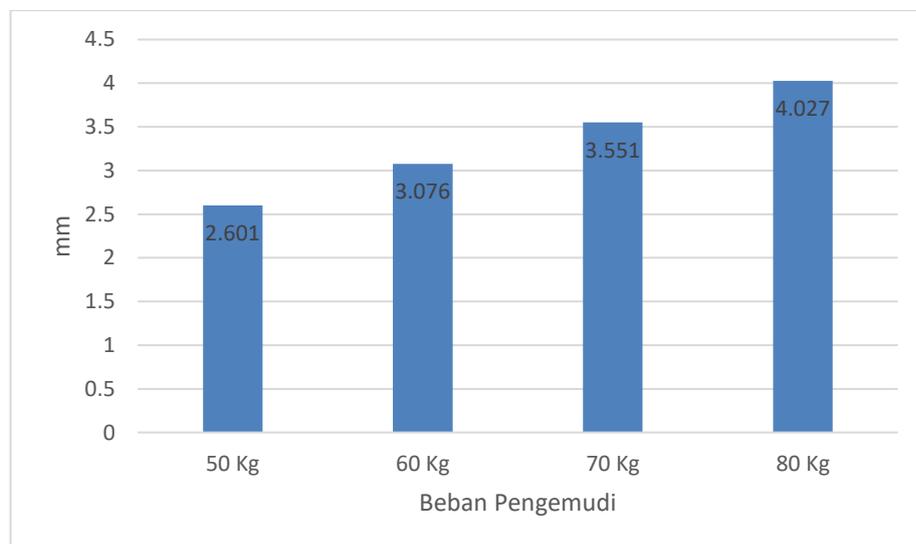
Perbandingan *Von misses stress* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada software dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4. 30 Grafik Perbandingan *Von misses stress*

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai von misses strees pada beban 80 kg mencapai 141.7 MPa. Nilai tersebut didapatkan pada beban terberat dan bisa disimpulkan bahwa rancangan chassis mobil listrik kategori prototype yang menggunakan material Alumunium 6061 dapat dikatakan aman dikarenakan nilai von misses pada beban 80 kg lebih kecil dari nilai yield strength material yang digunakan yaitu 276 MPa.

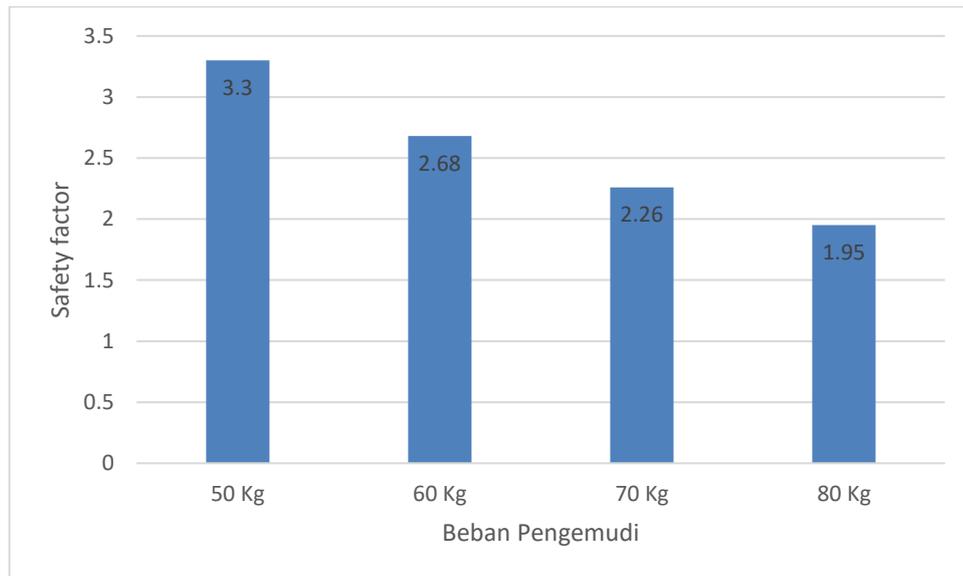
Perbandingan *Displacement* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada software dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4. 31 Grafik Perbandingan *Displacement*

Dari grafik pada gambar 4.31 dapat diketahui chassis dengan beban pengemudi 50 kg mengalami *displacement* 2.601 mm, chassis dengan beban pengemudi 60 kg mengalami *displacement* 3.076 mm, chassis dengan beban pengemudi 70 kg mengalami *displacement* 3.551 mm dan chassis dengan beban pengemudi 80 kg mengalami *displacement* 4.027 mm .

*Safety factor* merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Batasan *safety factor* pada chassis untuk beban dinamis dapat dinyatakan aman apabila  $sf > 2$ . Apabila  $sf < 2$  maka chassis tersebut belum bisa dikatakan aman untuk digunakan. Pada chassis mobil listrik hemat energi kategori *prototype* perbandingan *safety factor* chassis dari beban pengemudi 50 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4. 32 Perbandingan *Safety factor*

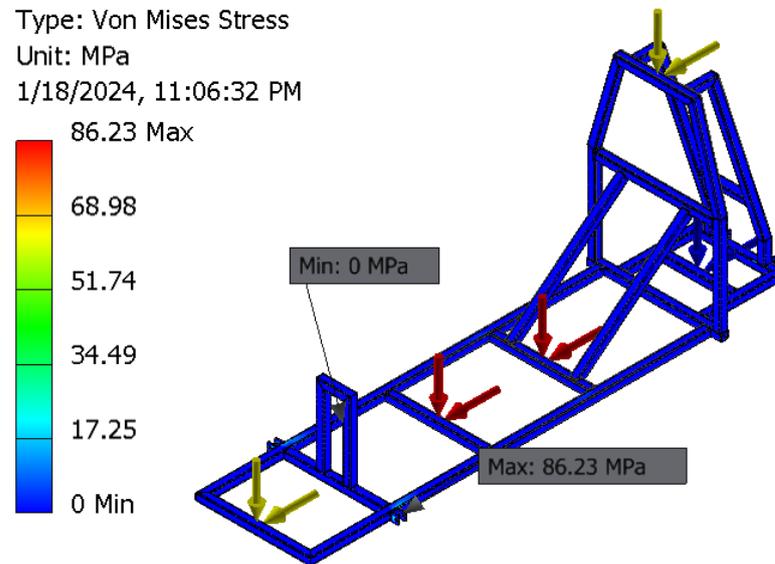
Dari grafik pada gambar diatas dapat diketahui *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg mempunyai nilai *safety factor* 3.3. *chassis* dengan beban pengemudi 60 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.68. *chassis* dengan beban pengemudi 70 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.26. *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg mempunyai nilai *safety factor* 1.95. Dari hasil nilai *safety factor* 4 beban pengemudi tersebut dapat dikatan *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg tidak aman karena nilai *safety factor* kurang dari 2.

#### 4.10 Hasil Simulasi Chassis Beban Pengereman

Setelah dilakukan simulasi *chassis* beban Pengereman menggunakan 4 beban pengemudi pada *stress analysis* maka didapatkan nilai von mises stress, *displacement*, dan *safety factor* dari *chassis* mobil listrik hemat energi kategori *prototype*.

##### 4.10.1 Chassis Dengan Beban Pengemudi 50 kg

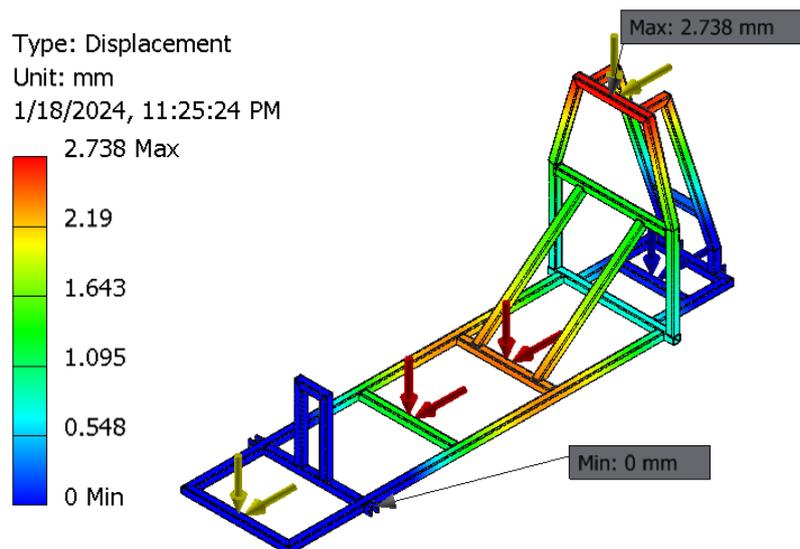
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 50 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.33



Gambar 4. 33 *von misses stress* Beban Pengemudi 50 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 50 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 86.23 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

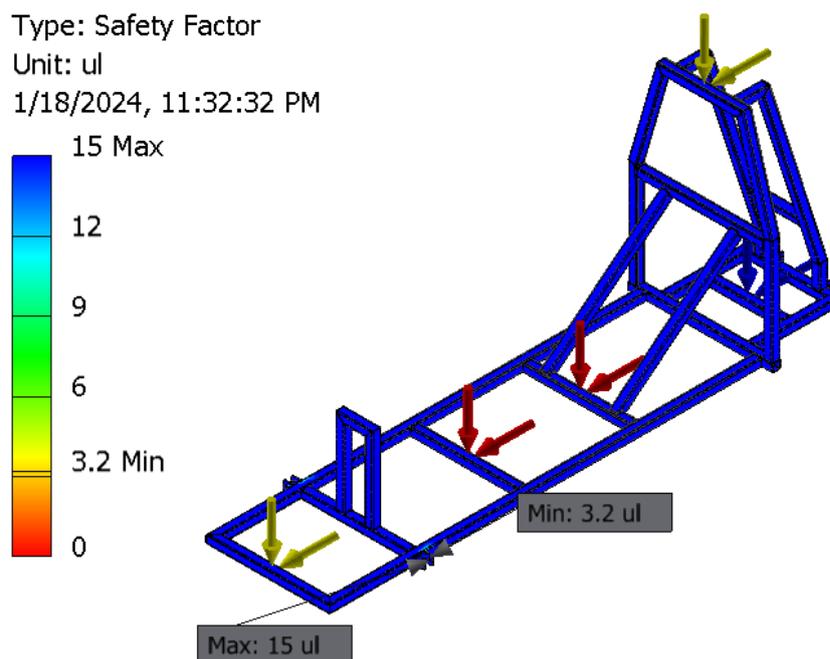
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.34.



Gambar 4. 34 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 50 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 50 kg adalah sebesar 2.738 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.34

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 35 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 50 kg

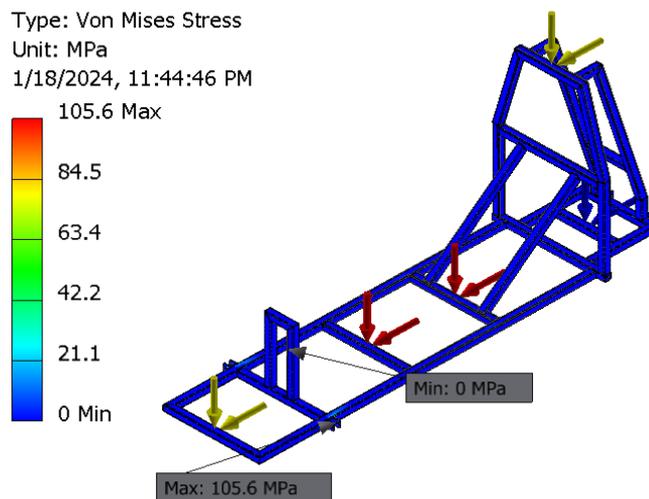
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 3.2 . Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 275 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 86.23 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{86.23\ MPa}$$

$$= 3.2$$

#### 4.10.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

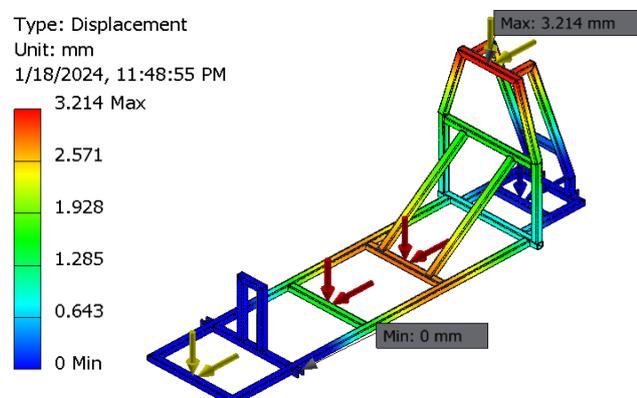
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 60 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.36



Gambar 4. 36 *von mises stress* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 60 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 105.6 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

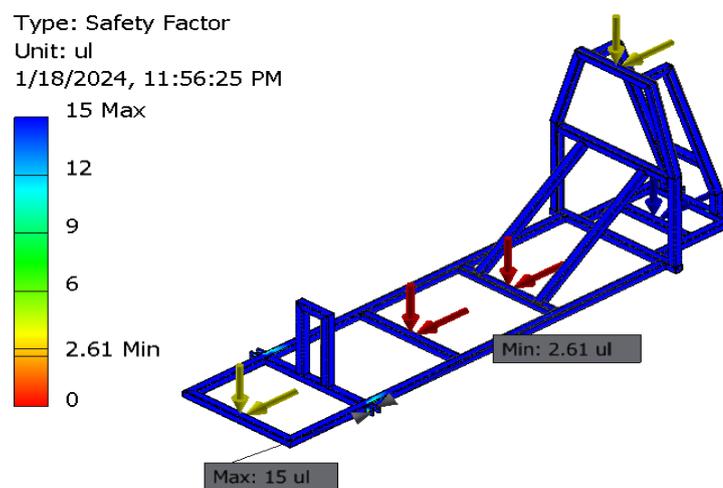
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4. 37 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 60 kg adalah sebesar 3.214 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.37

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.38.



Gambar 4. 38 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 60 kg

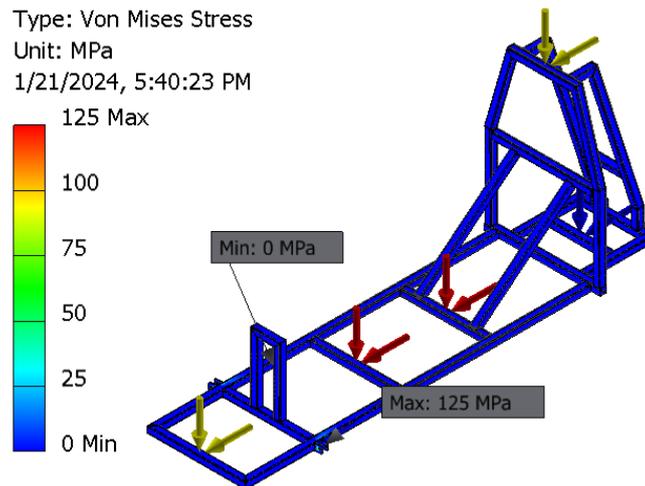
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 2.61. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 111.3 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{105.6\ MPa}$$

$$= 2.6$$

#### 4.10.3 Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg

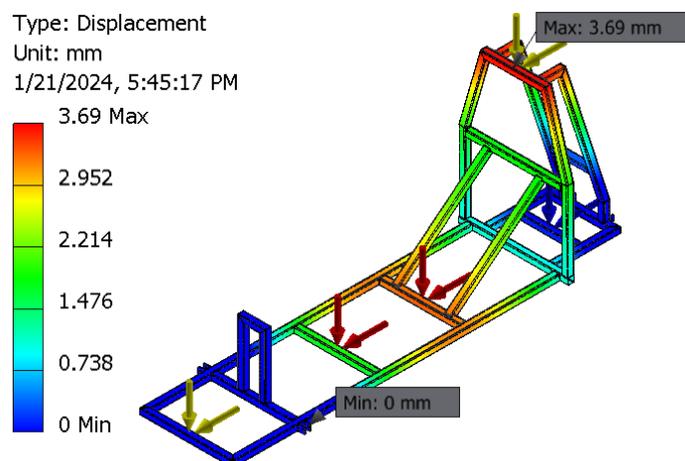
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 70 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.39



Gambar 4. 39 *von misses stress* Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 70 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 125 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

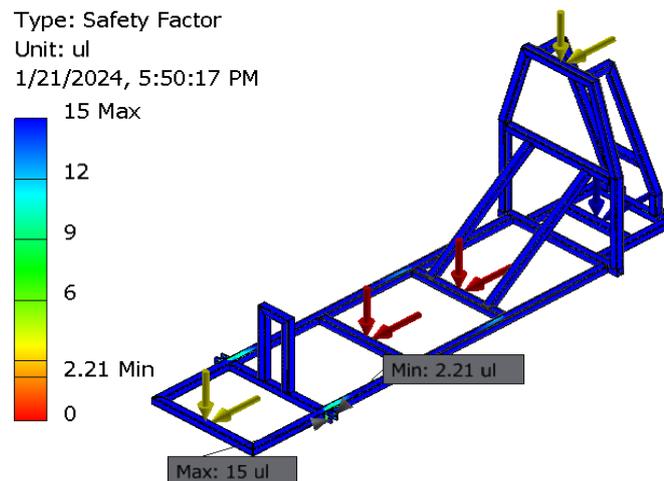
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4. 40 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 70 kg adalah sebesar 3.69 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.40

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.41.



Gambar 4. 41 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 70 kg

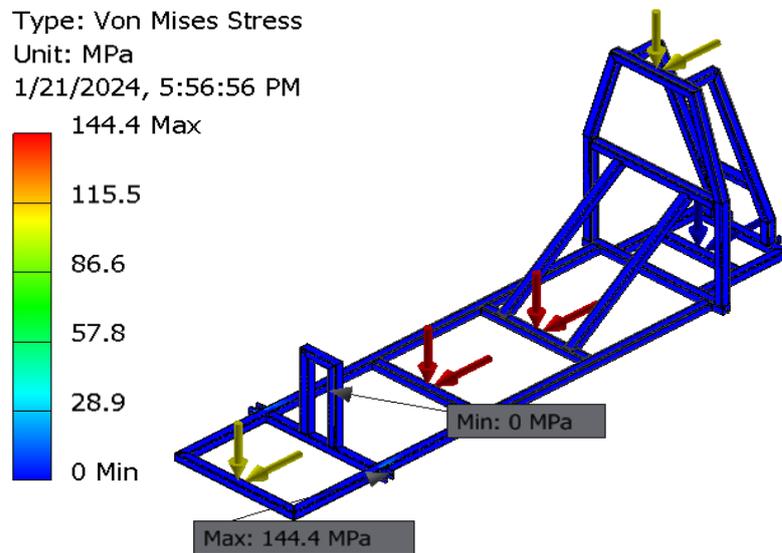
Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 2.11. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 125 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{125\ MPa}$$

$$= 2.2$$

#### 4.10.4 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

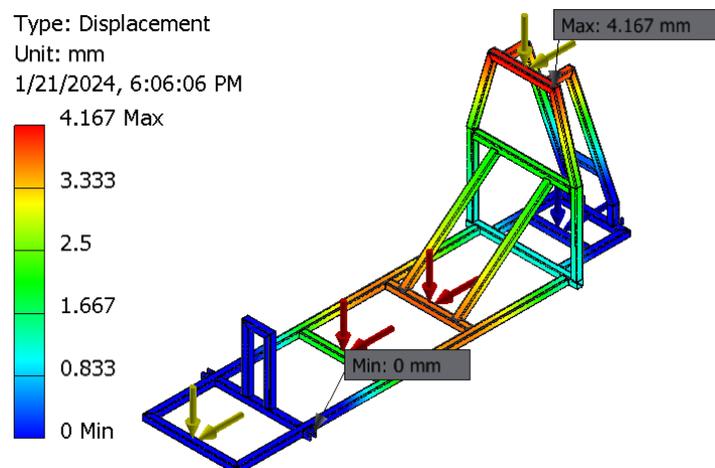
Berikut merupakan hasil von mises stress yang menggunakan beban pengemudi 80 kg ,dapat dilihat pada Gambar 4.42



Gambar 4. 42 *von mises stress* Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil analisis dengan beban pengemudi 80 kg mengalami tegangan maksimal sebesar 144.4 MPa yang berada di daerah yang di tunjukkan oleh gambar diatas dan tegangan minimalnya adalah 0 MPa.

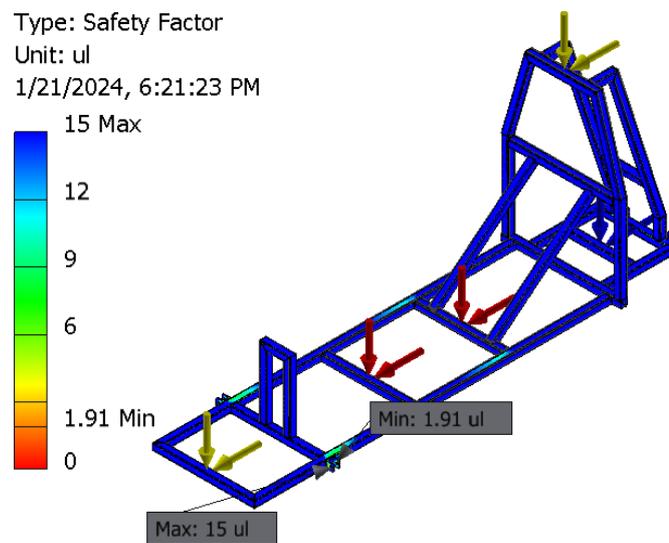
Untuk *displacement* atau perpindahan yang terjadi pada chassis mobil hemat energy kategori *prototype* ketika dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.43.



Gambar 4. 43 *Displacement chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui besarnya nilai perpindahan maksimal dari *Chassis* dengan beban pengemudi 80 kg adalah sebesar 4.167 mm dan perpindahan minimal adalah 0 mm. Perpindahan maksimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna merah dan perpindahan minimal ditunjukkan pada daerah yang berwarna biru dari gambar 4.43

Adapun nilai *safety factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.44.



Gambar 4. 44 *Safety factor chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas dapat diketahui h nilai *Safety factor* sebesar 1.84. Serta nilai *safety factor* dapat dihitung secara manual dengan cara membagikan nilai yield strength material dengan tegangan maksimal yang dihasilkan. Dalam hal ini nilai *yield strength* dari Alumunium 6061 sebesar 276 Mpa. Tegangan maksimum ketika dilakukan simulasi sebesar 144.4 MPa. Maka dapa dihitung sebagai berikut :

$$Safety\ factor = \frac{276\ MPa}{144.4\ MPa}$$

$$= 1.91$$

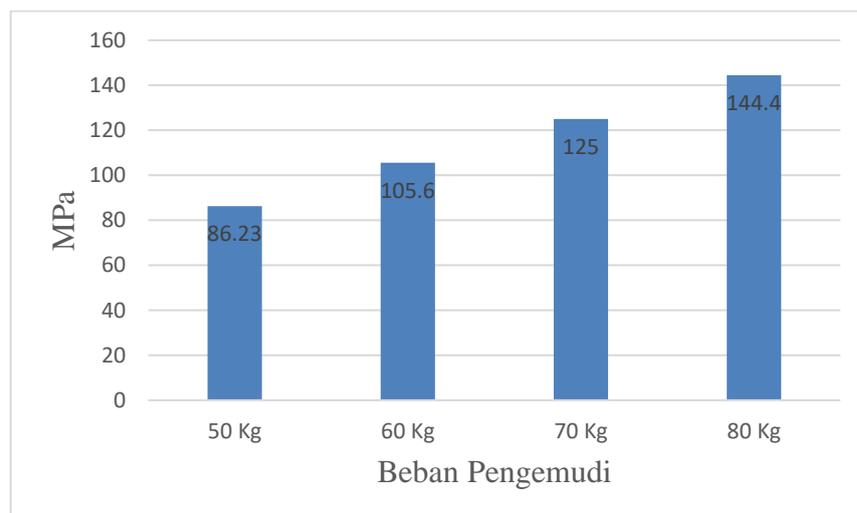
#### 4.11 Analisa Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman

Setelah dilakukan simulasi pembebanan Pengereman pada *software* terhadap *chassis* mobil hemat energi kategori *prototype* dengan menggunakan beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg diperoleh data yang dapat dilihat pada tabel 4.8

Tabel 4. 9 Data Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman

Hasil	50 kg		60 kg		70 kg		80 kg	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Von Mises Stress	0	86.23	0	105.6	0	125	0	144.4
Displacement	0	2.738	0	3.214	0	3.69	0	4.167
<i>Safety factor</i>	3.2	15	2.61	15	2.21	15	1.91	15

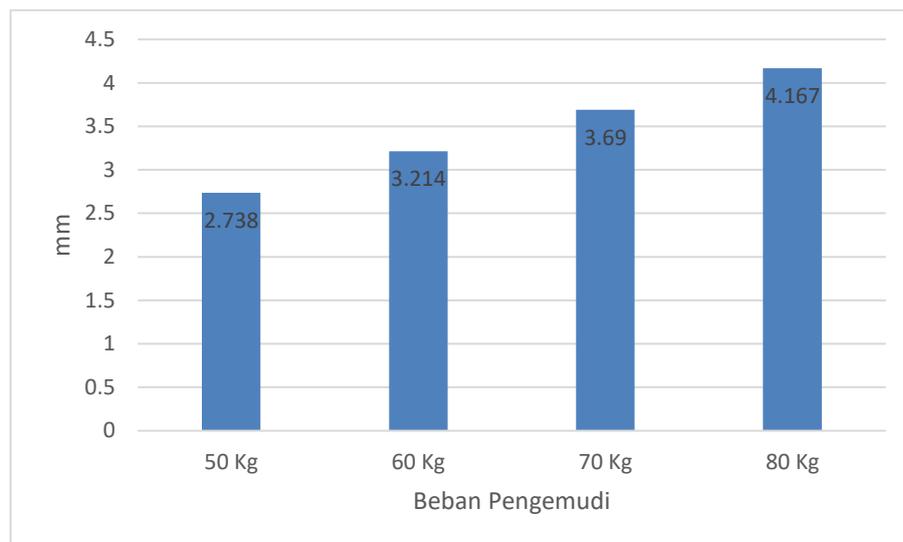
Perbandingan *Von misses stress* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.45.



Gambar 4. 45 Grafik Perbandingan *Von misses stress*

Dari grafik diatas dapat diketahui nilai von misses strees pada beban 80 kg mencapai 144.4 MPa. Nilai tersebut didapatkan pada beban terberat dan bisa disimpulkan bahwa rancangan chassis mobil listrik kategori prototype yang menggunakan material Alumunium 6061.

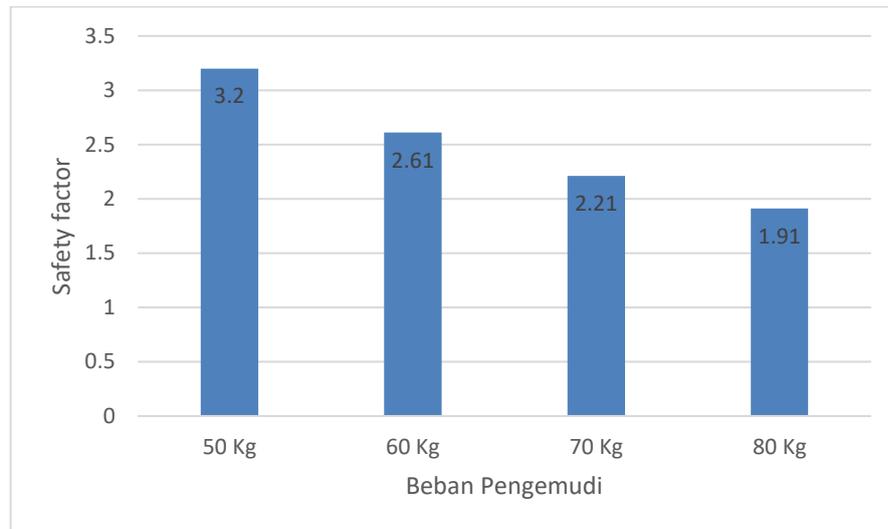
Perbandingan *Displacement* dari beban pengemudi 50 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada *software* dapat dilihat pada Gambar 4.46.



Gambar 4. 46 Grafik Perbandingan *Displacement*

Dari grafik pada gambar 4.46 dapat diketahui *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg mengalami *displacement* 2.738 mm, *chassis* dengan beban pengemudi 60 kg mengalami *displacement* 3.214 mm, *chassis* dengan beban pengemudi 70 kg mengalami *displacement* 3.69 mm dan *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg mengalami *displacement* 4.167 mm .

*Safety factor* merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Batasan *safety factor* pada *chassis* untuk beban dinamis dapat dinyatakan aman apabila  $sf > 2$ . Apabila  $sf < 2$  maka *chassis* tersebut belum bisa dikatakan aman untuk digunakan. Pada *chassis* mobil listrik hemat energi kategori *prototype* perbandingan *safety factor* *chassis* dari beban pengemudi 50 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.47.



Gambar 4. 47 Perbandingan *Safety factor*

Dari grafik pada gambar diatas dapat diketahui *chassis* dengan beban pengemudi 50 kg mempunyai nilai *safety factor* 3.2. *chassis* dengan beban pengemudi 60 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.61. *chassis* dengan beban pengemudi 70 kg mempunyai nilai *safety factor* 2.21. *chassis* dengan beban pengemudi 80 kg mempunyai nilai *safety factor* 1.91. Dari hasil nilai *safety factor* 4 beban pengemudi tersebut beban pengemudi 80 kg dapat dikatakan *chassis* tersebut tidak aman karna nilai *safety factor* kurang dari 2.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAAAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor berbasis metode elemen hingga dapat mempermudah untuk mengetahui kekuatan *chassis*. Berdasarkan penelitian dan analisis yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk melakukan simulasi pada *software autodesk inventor* yang pertama yaitu input desain yang akan disimulasikan kemudian memasukkan data *material properties*, setelah itu menentukan titik tumpuan dan dilanjutkan dengan memberikan beban pada desain yang akan disimulasikan. Kemudian melakukan proses simulasi yang akan menghasilkan data simulasi.
2. Berdasarkan hasil simulasi *chassis ladder frame* mobil listrik untuk pembebanan statik dengan beban pengemudi 50 s/d 80 kg masih aman digunakan karena nilai *safety factor* tidak kurang dari satu. Sedangkan hasil simulasi *chassis ladder frame* mobil listrik untuk pembebanan dinamis tidak aman digunakan untuk beban pengemudi 80 kg karena nilai *safety factor* kurang dari 2.
3. Didapatkan hasil simulasi berupa tegangan *Von mises*, *displacement* dan *safety factor*. Pada simulasi dengan beban pengemudi 50 kg pada pembebanan statik sebesar 84.41 MPa, 2.643 mm dan 3.27, pembebanan akibat akselerasi sebesar 83.59 MPa, 2.601 mm dan 3.3, pembebanan akibat pengereman sebesar 86.23 MPa, 2.738 mm dan 3.2. Untuk beban pengemudi 60 kg pada pembebanan statik sebesar 105 MPa, 3.177 mm dan 2.63, pembebanan akselerasi sebesar 103 MPa, 3.076 mm, dan 2.68, pembebanan pengereman sebesar 105.6 MPa, 3.214 mm dan 2.61. Untuk beban pengemudi 70 kg pada pembebanan statik sebesar 123.2 MPa, 3.595 mm dan 2.24, pembebanan akselerasi sebesar 122.4 MPa, 3.551 mm, dan 2.26, pembebanan pengereman sebesar 125 MPa, 3.69 mm dan 2.21. Serta

beban pengemudi 80 kg pada pembebanan statik sebesar 142.6 MPa, 4.071 mm dan 1.4, pembebanan akselerasi sebesar 141.7 MPa, 4.027 mm, dan 1.95, pembebanan pengereman sebesar 144.4 MPa, 4.167 mm dan 1.91.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengembangkan penelitian ini sebagai upaya mendapatkan material dan desain chassis yang lebih ringan dan kuat perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi material dan desain chassis lebih banyak lagi.
2. Gambar desain chassis yang akan disimulasikan pada *software* Autodesk Inventor harus dipastikan terlebih dahulu agar tidak terjadi kegagalan sehingga hasil simulasi menjadi akurat.
3. Pemberian beban pada saat simulasi di *software* Autodesk inventor harus benar-benar di perhatikan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adriana, M., B.P, A. A., dan Masrianor. (2017). Rancang Bangun Rangka (Chassis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang. *Jurnal Elemen*, 129-133.
- Andrew. (2009). *Tubular space frame*. Diambil dari:<https://andrewbeard.wordpress.com/2009/05/11/technology-tubular-space-frame>
- Audi. (2009). *Aluminium baut Vorteile im Leichtbau weiter aus*. Diambil dari automobilkonstruktion:<https://automobilkonstruktion.industrie.de/karosserie-interieur/aluminium-baut-vorteile-im-leichtbau-weiter-aus>
- Aerospace Specification Metal. Alumunium 6061-T6. Di ambil dari<https://aerospacementals.com/>
- Fadila, A., dan Syam, B. (2013). Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin Usu. *Jurnal e-Dinamis*, 70-79.
- Hendrawan, M. A., Purboputro, P. I., Saputro, M. A., dan Setiyadi, W. (2018). Perancanganchassis Mobil Listrik Prototype “Ababil” dan Simulasi Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks Premium 2016. *The 7th University Research Colloquium 2018 STIKES PKU Muhammadiyah Surakarta*, 95-105.
- Isworo, H., Ghofur, A., Cahyono, G. R., dan S, J. R. (2019). Analisis Dissplacement Pada Chassis Mobil Listrik. *Jurnal Teknik Mesin*, 94-104.
- Jahidin, S., dan Manfaat, D. (2013). Rancang Bangun 3D Konstruksi Kapal Berbasis Autodesk Inventor untuk Menganalisa Berat Konstruksi. *Jurnal Teknik POMITS*, 1-6.
- Jandika. (2016). *Ciri-ciri Sasis Mobil Bekas Tabrakan*. Retrieved from otospector: <https://otospector.co.id/blog/ciri-sasis-mobil-bekas-tabrak>
- Kemendikbudristek. (2022). *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi 2022* (Vol. 1). Jakarta: Balai Pengembangan Talenta Indonesia.

- Mott, R. L., Vavrek, E. M., dan Wang, J. (2004). *Machine Elements In Mechanical Design*. Pearson Education.
- Sutantra, I Nyoman. (2010). *Teknologi Otomotif*. Surabaya: Guna Widya.
- Satrijo, D., dan Pandhadha, T. (2009). M7-005 Analisa Uji Pendulum Pada Struktur Rangka Bus Dengan Menggunakan Finite Element Method (FEM). 12-24.
- Setyono, B., Mrihrenaningtyas, dan Hamid, A. (2016). Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid “Trisona” Menggunakan *Software* Autodesk Inventor. *Jurnal IPTEK*, 37-46.
- Toteles, A., dan alhaffis, F. (2021). Analisis Material Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan *Software* Autodesk Inventor. *Jurnal Teknik Mesin*, 30-37.
- Wikipedia .(2023). *Backbone chassis*. Diambil dari: [wikipedia:https://en.wikipedia.org/wiki/Backbone\\_chassis](https://en.wikipedia.org/wiki/Backbone_chassis)
- Yudianto, A. (2015). *Ladder Frame, Salah Satu Jenis Rangka Pada Kendaraan*. Diambil dari yudianto: <https://yudiantoan.blogspot.com/2015/12/ladder-frame-salah-satu-jenis-rangka.html>

## LAMPIRAN

### Lampiran 1. Lembar Penunjukan Pembimbing Proposal Tugas Akhir

 KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN  
RISET, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
FAKULTAS TEKNIK  
Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)  
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450  
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: [ft@unimal.ac.id](mailto:ft@unimal.ac.id)

---

**SURAT PENUNJUKAN PEMBIMBING PROPOSAL PENELITIAN**  
Nomor : 219/UN45.1.1/KM.00.00/2023

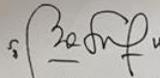
Sehubungan dengan kegiatan pelaksanaan Proposal Penelitian mahasiswa atas :

Nama	: Fadhil Rizky Ramadhana
Nim	: 190120045
Bidang	: Material
Pada Semester	: Genap
Tahun Akademik	: 2022/2023

Dengan ini menunjukkan Bapak Aljufri, S.T.,M.T.IP.M Nip. 196801102002121001 Sebagai pembimbing Utama Proposal Penelitian dan Bapak Ahmad Nayan, S.T.,M.T Nip. 197504262002121001 Sebagai pembimbing Pendamping Proposal Penelitian mahasiswa tersebut diatas. Berdasarkan surat tugas ini, proses bimbingan terhadap mahasiswa tersebut ditetapkan, dan akan ditetapkan kembali melalui Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik.

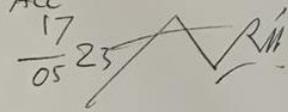
Demikian surat ini dikeluarkan dan untuk dapat dipergunakan seperlunya.

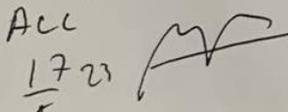
Lhokseumawe, 9 Mei 2023  
Ketua Prodi Teknik Mesin

  
Abdul Rahman, S.T., M.Eng  
Nip. 196811202003121001

Tembusan :

- Dosen Pembimbing
- Administrasi Prodi
- Mahasiswa Bersangkutan

Acc  
17  
05 23 

Acc  
17  
05 23 

Lampiran 2 Lembar Konsultasi Pembimbing



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
 UNIVERSITAS MALIKUSSALEH  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN – PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
 Jl. Batam, Blang Pulo, Muara Satu- Lhokseumawe – Aceh (24352)  
 Tel. (0645)41373-40915, Faks. (0645)44450  
 website: <https://tm.unimal.ac.id>, e-mail: [teknikmesin@unimal.ac.id](mailto:teknikmesin@unimal.ac.id)

### KARTU KEGIATAN KONSULTASI TUGAS AKHIR

A. Identitas Mahasiswa		Kode Form		
Nama	Fadhil Rizky Ramadhana	JTM.03/TGA		
NIM	190120045			
Konsentrasi Bidang (KDK)	Manufaktur			
Dosen Pembimbing I	Aljufri, S.T., M.T., I.P.M			
Dosen Pembimbing II	Ahmad Hayan, S.T., M.T			

No	Hari/ Tanggal	Materi Bimbingan	Koreksi dan Arahan	Tanda Tangan Pembimbing
1	12/12/23	- Tulisan ? - Buat <u>W</u> hasil	- perbaiki sesuai dgn perintah Jude pd buku laporan - Buat kerangka.	
	28/12/23		perbaiki - Abstrak. - Kesimpulan	
	28/12/23		ACC seminar Hasil	
	02/01/24		Buat PPT Daftar <del>Daftar</del> <u>Daftar</u>	
	10/01/24		OK Semesta	

41

### Lampiran 3 Perhitungan gaya

#### 1. Perhitungan Gaya Statis

a. Pengemudi 50 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 50 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 490,5 \text{ N}$$

b. Pengemudi 60 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 60 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 588,6 \text{ N}$$

c. Pengemudi 70 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 70 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 686,7 \text{ N}$$

d. Pengemudi 80 kg

$$F = m \times g$$

$$F = 80 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 784,8 \text{ N}$$

e. Bodi

$$F = m \times g$$

$$F = 15 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 147,15 \text{ N}$$

f. Baterai

$$F = m \times g$$

$$F = 5 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 49,05 \text{ N}$$

## 2.Perhitungan Gaya akibat Akselerasi

a.Pengemudi 50 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 50 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 41.5 \text{ N}$$

b.Pengemudi 60

$$F = m \times a$$

$$F = 60 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 49.8 \text{ N}$$

c.Pengemudi 70 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 70 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 58.1 \text{ N}$$

d.Pengemudi 80 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 80 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 66.4 \text{ N}$$

e.Bodi

$$F = m \times a$$

$$F = 15 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 12.45 \text{ N}$$

f.Baterai

$$F = m \times a$$

$$F = 5 \text{ kg} \times 0.83 \text{ m/s}^2$$

$$F = 4.15 \text{ N}$$

### 3.Perhitungan Gaya akibat Pengereman

a.Pengemudi 50 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 50 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 83 \text{ N}$$

b.Pengemudi 60

$$F = m \times a$$

$$F = 60 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 99.6 \text{ N}$$

c.Pengemudi 70 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 70 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 116.2 \text{ N}$$

d.Pengemudi 80 kg

$$F = m \times a$$

$$F = 80 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 132.8 \text{ N}$$

e.Bodi

$$F = m \times a$$

$$F = 15 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 24.9 \text{ N}$$

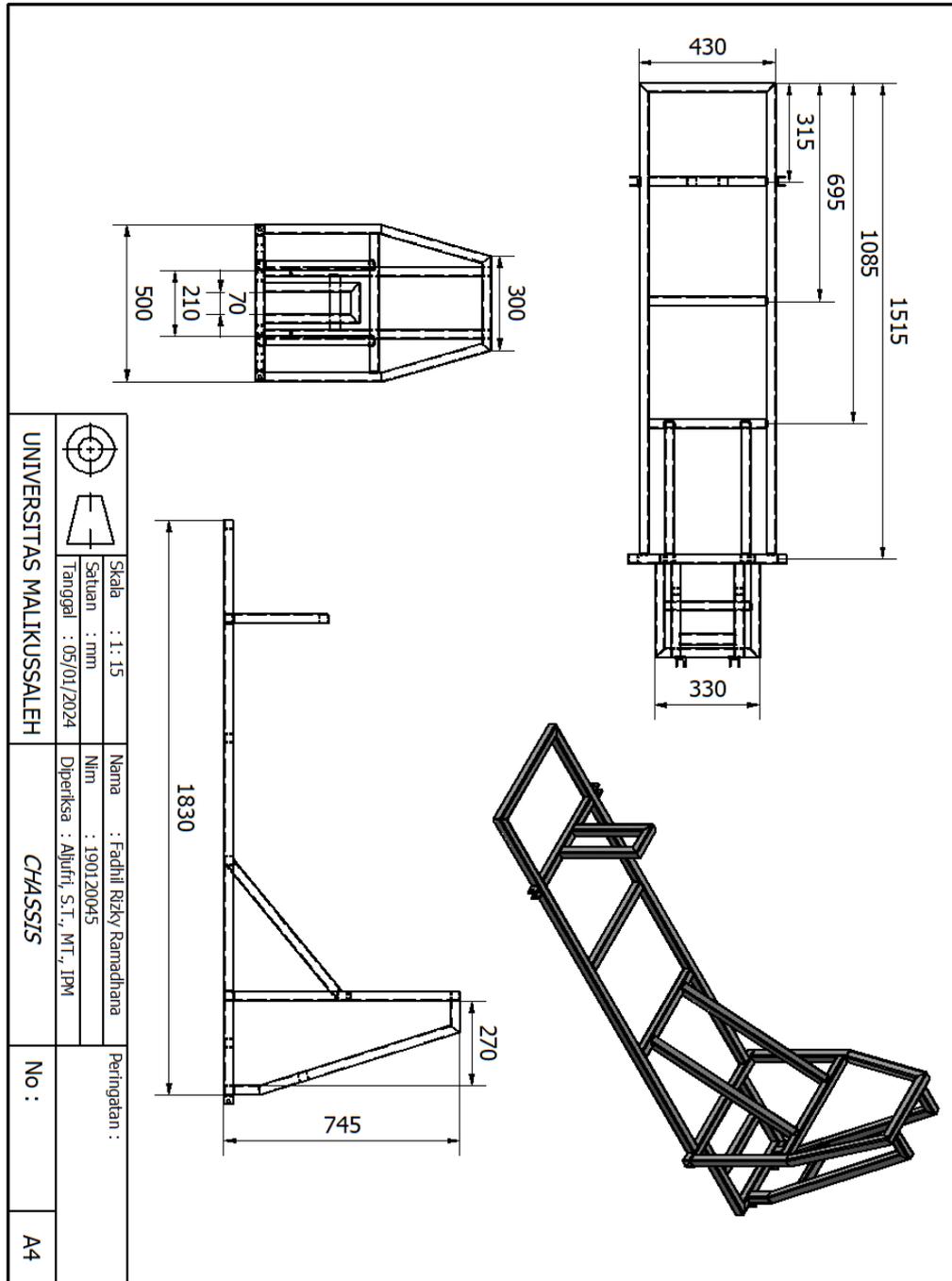
f.Baterai

$$F = m \times a$$

$$F = 5 \text{ kg} \times 1.66 \text{ m/s}^2$$

$$F = 8.3 \text{ N}$$

Lampiran 4 Proyeksi Gambar 2D *Desain Chassis Mobil Listrik*



## Lampiran 5 Spesifikasi Alumunium 6061-T6

### **ASM Aerospace Spesification Metals**

#### **Composition Notes:**

Aluminum content reported is calculated as remainder.

Composition information provided by the Aluminum Association and is not for design.

**Key Words:** a6061, UNS A96061; ISO AlMg1SiCu; Aluminium 6061-T6, AD-33 (Russia); AA6061-T6; 6061T6, UNS A96061; ISO AlMg1SiCu; Aluminium 6061-T651, AD-33 (Russia); AA6061-T651

Component	Wt. %	Component	Wt. %	Component	Wt. %
Al	95.8 - 98.6	Mg	0.8 - 1.2	Si	0.4
Cr	0.04 - 0.35	Mn	Max 0.15	Ti	Max 0.15
Cu	0.15 - 0.4	Other, each	Max 0.05	Zn	Max 0.25
Fe	Max 0.7	Other, total	Max 0.15		

#### **Material Notes:**

Information provided by Alcoa, Starmet and the references. General 6061 characteristics and uses: Excellent joining characteristics, good acceptance of applied coatings. Combines relatively high strength, good workability, and high resistance to corrosion; widely available. The T8 and T9 tempers offer better chipping characteristics over the T6 temper.

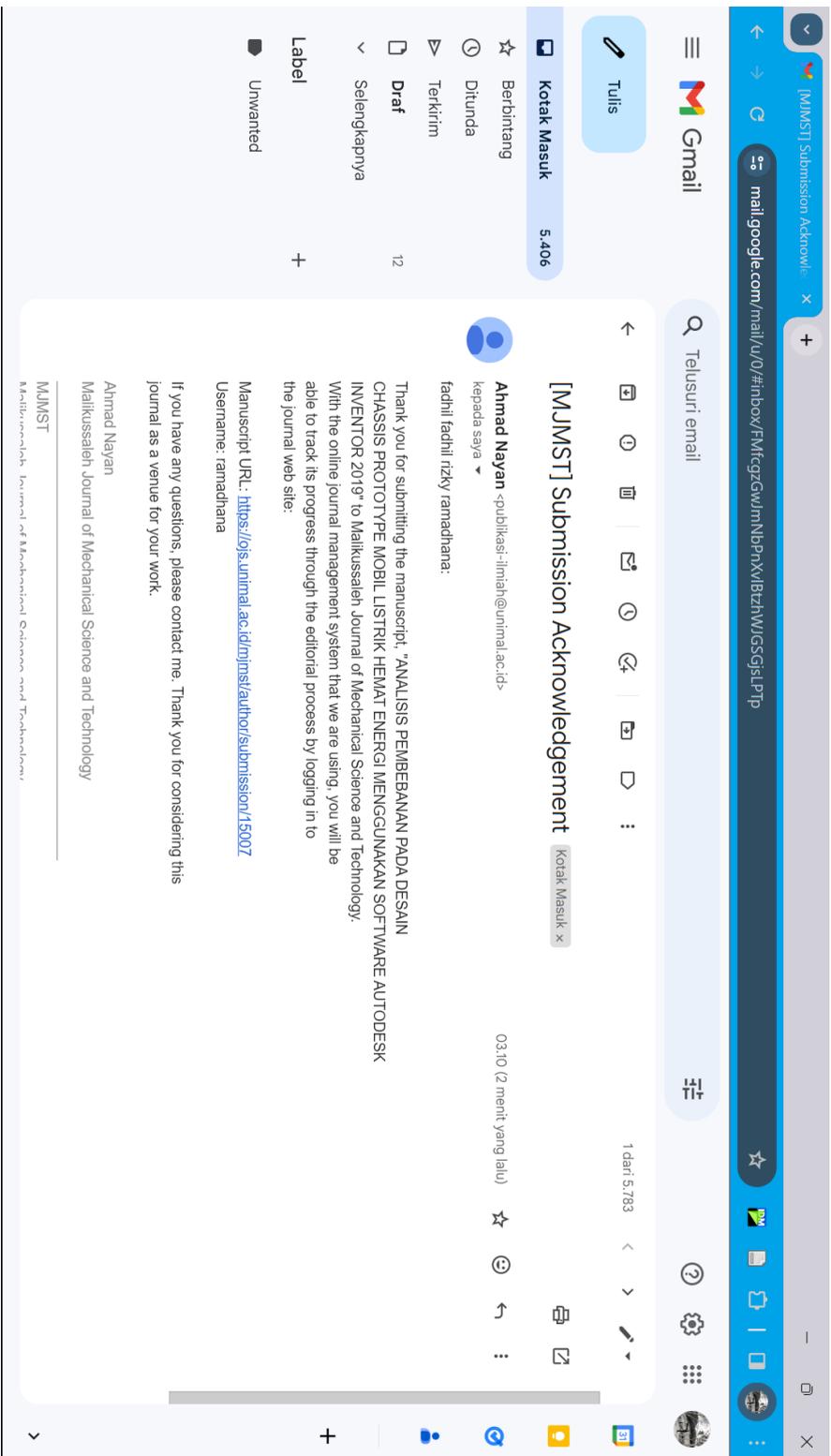
**Applications:** Aircraft fittings, camera lens mounts, couplings, marines fittings and hardware, electrical fittings and connectors, decorative or misc. hardware, hinge pins, magneto parts, brake pistons, hydraulic pistons, appliance fittings, valves and valve parts; bike frames.

Data points with the AA note have been provided by the Aluminum Association, Inc. and are NOT FOR DESIGN.

Physical Properties	Metric	English	Comments
Density	<u>2.7 g/cc</u>	0.0975 lb/in <sup>3</sup>	AA; Typical
<b>Mechanical Properties</b>			
Hardness, Brinell	95	95	AA; Typical; 500 g load; 10 mm ball
Hardness, Knoop	120	120	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell A	40	40	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Rockwell B	60	60	Converted from Brinell Hardness Value
Hardness, Vickers	107	107	Converted from Brinell Hardness Value
Ultimate Tensile Strength	<u>310 MPa</u>	45000 psi	AA; Typical
Tensile Yield Strength	<u>276 MPa</u>	40000 psi	AA; Typical
Elongation at Break	<u>12 %</u>	12 %	AA; Typical; 1/16 in. (1.6 mm)

Elongation at Break	<u>17 %</u>	17 %	Thickness AA; Typical; 1/2 in. (12.7 mm) Diameter
Modulus of Elasticity	<u>68.9 GPa</u>	10000 ksi	AA; Typical; Average of tension and compression. Compression modulus is about 2% greater than tensile modulus.
Notched Tensile Strength	<u>324 MPa</u>	47000 psi	2.5 cm width x 0.16 cm thick side-notched specimen, $K_t = 17$ .
Ultimate Bearing Strength	<u>607 MPa</u>	88000 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Bearing Yield Strength	<u>386 MPa</u>	56000 psi	Edge distance/pin diameter = 2.0
Poisson's Ratio	0.33	0.33	Estimated from trends in similar Al alloys.
Fatigue Strength	<u>96.5 MPa</u>	14000 psi	AA; 500,000,000 cycles completely reversed stress; RR Moore machine/specimen
Fracture Toughness	<u>29 MPa-m<sup>1/2</sup></u>	26.4 ksi-in <sup>1/2</sup>	$K_{Ic}$ ; TL orientation.
Machinability	<u>50 %</u>	50 %	0-100 Scale of Aluminum Alloys
Shear Modulus	<u>26 GPa</u>	3770 ksi	Estimated from similar Al alloys.
Shear Strength	<u>207 MPa</u>	30000 psi	AA; Typical
<b>Electrical Properties</b>			
Electrical Resistivity	<u>3.99e-006 ohm-cm</u>	3.99e-006 ohm-cm	AA; Typical at 68°F
<b>Thermal Properties</b>			
CTE, linear 68°F	<u>23.6 <math>\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}</math></u>	13.1 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	AA; Typical; Average over 68-212°F range.
CTE, linear 250°C	<u>25.2 <math>\mu\text{m}/\text{m}\cdot^\circ\text{C}</math></u>	14 $\mu\text{in}/\text{in}\cdot^\circ\text{F}$	Estimated from trends in similar Al alloys. 20-300°C.
Specific Heat Capacity	<u>0.896 J/g·°C</u>	0.214 BTU/lb·°F	
Thermal Conductivity	<u>167 W/m-K</u>	1160 BTU-in/hr-ft <sup>2</sup> ·°F	AA; Typical at 77°F
Melting Point	582 - 652 °C	1080 - 1205 °F	AA; Typical range based on typical composition for wrought products 1/4 inch thickness or greater; Eutectic melting can be completely eliminated by homogenization.
Solidus	<u>582 °C</u>	1080 °F	AA; Typical
Liquidus	<u>652 °C</u>	1205 °F	AA; Typical
<b>Processing Properties</b>			
Solution Temperature	<u>529 °C</u>	985 °F	
Aging Temperature	<u>160 °C</u>	320 °F	Rolled or drawn products; hold at temperature for 18 hr
Aging Temperature	<u>177 °C</u>	350 °F	Extrusions or forgings; hold at temperature for 8 hr

## Lampiran 6 Bukti Submit Jurnal



The screenshot shows a Gmail interface on a mobile device. The top navigation bar includes the Gmail logo, a search bar with the text 'Telusuri email', and a 'Tulis' button. Below the navigation bar, there are several filters: 'Kotak Masuk' (5,406), 'Berbintang', 'Ditunda', 'Terkirim', 'Draf' (12), 'Selengkapnya', and 'Unwanted'. The main content area displays an email from Ahmad Nayan, dated 03:10 (2 menit yang lalu). The email subject is '[MJMST] Submission Acknowledgement' and the sender is 'Ahmad Nayan <publikasi-jlmiah@unimal.ac.id> kepada saya'. The body of the email contains the following text:

fadhil fadhil rzky ramadhana:

Thank you for submitting the manuscript, "ANALISIS PEMBERANAN PADA DESAIN CHASSIS PROTOTYPE MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2019" to Malikkusaleh Journal of Mechanical Science and Technology.

With the online journal management system that we are using, you will be able to track its progress through the editorial process by logging in to the journal web site:

Manuscript URL: <https://ojs.unimal.ac.id/jrn/inst/author/submission/15007>  
Username: ramadhana

If you have any questions, please contact me. Thank you for considering this journal as a venue for your work.

Ahmad Nayan  
Malikkusaleh Journal of Mechanical Science and Technology

MJMST  
Malikkusaleh Journal of Mechanical Science and Technology



EDUCATED STUDENTS COMMUNITY SAMAWA



SK No. 421.9/114/Diknas/2012  
Nilek 23107.4.1.0012  
Akta No. 41/ August 14<sup>th</sup> 2009

# CERTIFICATE of ACHIEVEMENT

This Certificate is Proudly Presented to

*Fadhil Rizky Ramadhana*

Registration No. 1163181X/ESC/2023

For the accomplishment in achieving the following score on the TOEFL Prediction Test

Listening Comprehension	51
Structure & Written Expression	51
Reading Comprehension	48
Total Score	500

Test Date September 18<sup>th</sup>, 2023  
Valid Until September 18<sup>th</sup>, 2025



Mulyadi Suryasupraja, S.Pd  
Director of ESC



## **CURRICULUM VITAE**



### **DATA PRIBADI**

---

Nama : Fadhil Rizky Ramadhana  
Tempat, tanggal lahir : Simpang Tiga, 14 Desember 2000  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Agama : Islam  
Tinggi badan : 170 cm  
Berat badan : 60 kg  
Alamat : Desa Madika Kec. Simpang Tiga,  
Kab. Pidi, Prov. Aceh  
Telp/WhatsApp : 081292025299  
e-mail : [14fadhil12@gmail.com](mailto:14fadhil12@gmail.com)

### **DATA PENDIDIKAN**

---

SD : SDN 1 SIGLI (2007 – 2013)  
SMP : SMP YPPU SIGLI (2013 – 2016)  
SMA : SMAN 1 SIGLI (2016 – 2019)  
PERGURUAN TINGGI : UNIVERSITAS MALIKUSSALEH (2019 - 2014)

### **KEMAMPUAN**

---

Aplikasi : Microsoft Office, Autodesk Inventor, Matlab dan Photoshop  
Bahasa : Bahasa Indonesi (aktif) English (pasif)

### **PENGALAMAN ORGANISASI**

---

ANGGOTA INFOKOM HIMATESIN FT UNIMAL (2021-2022)  
ANGGOTA KOMISI LEGISLASI DPM FT UNIMAL (2021-2022)  
KETUA UMUM HIMATESIN FT UNIMAL (2022-2023)  
ANGGOTA AKAR DESA INDONESIA DPD ACEH (2023-2024)