TUGAS AKHIR

ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN FRAME MOBIL HEMAT ENERGI UMSU BERBAHAN LOW CARBON STEEL PROFIL HOLLOW MENGGUNAKAN SOFTWARE METODE ELEMEN HINGGA

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Disusun Oleh:

RISTO RAMADHAN SARAGIH
2107230048

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN

2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama	:	Risto Ramadhan Saragih
NPM	:	2107230048
Program Studi	:	Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir	:	Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi Umsu Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan Software Metode Elemen Hingga
Bidang Ilmu	:	Konstruksi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Agustus 2025

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I

Assoc. Prof. Ir. Arfis Amiruddin, M.Si

Dosen Peguji II

Dr. Sudirman Lubis, S.T., M.T

Dosen Penguji III

Iqbal Tanjung, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin

Ketua

Chandra A Siregar, S.T., M.T

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama Lengkap	: Risto Ramadhan Saragih
NPM	: 2107230048
Tempat / Tanggal Lahir	: Medan, 7 November 2003
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan tugas akhir saya yang berjudul :

"ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN FRAME MOBIL HEMAT ENERGI UMSU BERBAHAN LOW CARBON STEEL PROFIL HOLLOW MENGGUNAKAN SOFTWARE METODE ELEMEN HINGGA"

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karna hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakikatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia di proses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan / kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 11 Agustus 2025

Risto Ramadhan Saragih

ABSTRAK

Rangka merupakan bagian yang sangat krusial dalam desain sebuah kendaraan. Semua beban yang ada pada kendaraan, termasuk penumpang, mesin, sistem pengendalian, dan semua perangkat kenyamanan lainnya, semuanya ditaruh di atas rangka. Dan bertujuan untuk mengetahui kekuatan frame mobil hemat energi kategori *prototype.* Pembebanan yang dilakukan dengan beban pengemudi 60 s/d 80 kg terhadap beban statis, akselerasi dan pengereman. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Finite Element Methode* dengan bantuan software SolidWorks dan Ansys. Pada penelitian ini menggunakan material low carbo steel. Frame diberi beban pengemudi 60 s/d 80 kg kemudian didapatkan hasil simulasi berupa tegangan *Deformation, Equivalent elastic strain, Von-Mises,* dan *Safety Factor.*Pada simulasi frame dengan beban pengemudi 60 kg didapatkan nilai *Deformation, Equivalent elastic strain, Von-Mises,* dan *Safety Factor* pada pembebanan statis sebesar 1.778 mm, 0,00037681 mm, 68.405 Mpa dan 3.6547, pembebanan akibat akselerasi sebesar 1.7871 mm, 0.0003779 mm, 68.485 Mpa dan 3.6504, pembebanan akibat pengereman sebesar 1.7768 mm, 0.00037659 mm, 68.389 Mpa dan 3.6556. Untuk beban pengemudi 70 kg pada pembebanan statis sebesar 2.0514 mm, 0.00043629 mm, 78.867 Mpa dan 3.1699, pembebanan akibat akselerasi sebesar 2.0602 mm, 0.0004374mm, 78.937 Mpa dan 3.1671, pembebanan akibat pengereman sebesar 2.0497 mm, 0,00043607 mm, 78,854 Mpa 3.1704. Untuk beban pengemudi 80 kg pada pembebanan statis 2.3246 mm, 0.00049581 mm, 89.334 Mpa dan 2,7985, pembebanan akibat akselerasi sebesar 2.3334 mm, 0.00049692 mm, 89.403 Mpa dan 2.7963, pembebanan akibat pengereman sebesar 2.3228 mm, 0.00049558 mm, 89.32 Mpa dan 2.7989.

Kata Kunci : Mobil hemat energi, frame, baja karbon rendah, tegangan

ABSTRACT

The frame is a very crucial part in the design of a vehicle. All loads on the vehicle, including passengers, engines, control systems, and all other comfort devices, are all placed on the frame. And aims to determine the strength of the prototype category energy-efficient car frame. The loading is carried out with a driver load of 60 to 80 kg against static loads, acceleration and braking. The method used in this study is the Finite Element Method with the help of SolidWorks and Ansys software. This study uses low carbon steel material. The frame is given a driver load of 60 to 80 kg, then the simulation results are obtained in the form of Deformation stress, Equivalent elastic strain, Von-Mises, and Safety Factor. In the frame simulation with a driver load of 60 kg, the Deformation, Equivalent elastic strain, Von-Mises, and Safety Factor values are obtained at static loading of 1,778 mm, 0.00037681 mm, 68.405 Mpa and 3.6547, loading due to acceleration of 1,7871 mm, 0.0003779 mm, 68.485 Mpa and 3.6504, loading due to braking of 1,7768 mm, 0.00037659 mm, 68.389 Mpa and 3.6556. For a driver load of 70 kg at a static load of 2.0514 mm, 0.00043629 mm, 78.867 Mpa and 3.1699, loading due to acceleration of 2.0602 mm, 0.0004374mm, 78.937 Mpa and 3.1671, loading due to braking of 2.0497 mm, 0.00043607 mm, 78.854 Mpa 3.1704. For a driver load of 80 kg at static loading of 2.3246 mm, 0.00049581 mm, 89.334 Mpa and 2.7985, loading due to acceleration of 2.3334 mm, 0.00049692 mm, 89.403 Mpa and 2.7963, loading due to braking of 2.3228 mm, 0.00049558 mm, 89.32 Mpa and 2.7989.

Keywords : Energy efficient cars, frame, low carbon steel, stress

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhirini yang berjudul "Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi UMSU Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan Software Metode Elemen Hingga" sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Iqbal Tanjung S.T., M.T, selaku dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
2. Bapak Chandra A Siregar, S.T., M.T dan Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T., selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan nasehat dan bimbingan dalam penyelesaian Tagas Akhir penelitian penulis.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terus mendukung seluruh kegiatan mahasiswa/i Fakultas Teknik dalam proses perkuliahan.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan banyak ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
5. Orang tua penulis:Bapak (Rudi Jono Saragih) dan Ibu (Sriwahyuni), selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan doa terbaiknya yang tiada henti untuk kesuksesan, keberhasilan dan membiayai Studi penulis selama proses perkuliahan.

6. Bapak/Ibu Staff Administrasi di Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi selama proses perkuliahan.
7. Abang dan Adik Penulis Kiki Jaya Putra Saragih dan Windy Andia Saragih Sebagai Tim Support Dari Awal Menenmpuh Studi Sampai Menyelesaikan Studi di Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
8. Raihan Syahputra Nasution, Dwiki Chandra,S.T ,Reihan Ramadhan, Rehan surenra dan rekan-rekan seperjuangan sebagai grup riset yang membantu penulis dalam melakukan riset.
9. Maulidhia Safitri Sebagai Penyemangat dan Mendukung Dalam penulisan Tugas Akhir.
10. Ajay ferdianata, Imam Tigor Sinaga, Mhd Abid Azhan, Dermawan Mulia, Raja Imanullah, Ibnu Riski Ahmad, Nikmal, Rahmad Dani, Mhd Ilham Ramadhan, Wira Atmaja, Rama Bayu Pranoto, Dimas Ardian, selaku teman-teman seperjuangan penulis selama berkuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
11. Teman-teman penulis di kelas A1-Pagi Teknik Mesin yang terus bersama-sama menjaga solidaritas dan semangat selama proses perkuliahan.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi Manufaktur Teknik Mesin.

Medan, 11 Agustus 2025

Risto Ramadhan Saragih

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN i
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR ii
ABSTRAK iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR TABEL ix
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR NOTASI xii

BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Ruang Lingkup 3
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Chassis Mobil 4
2.2. Jenis-Jenis *Chassis* Mobil 4
2.3. *Finite Element Methode* (Metode Elemen Hingga) 8
2.4. Tegangan 9
2.5. Regangan 10
2.6. *Low Carbon Steel* (Baja Karbon Rendah) 11
2.7. SolidWorks 12
2.8. *Ansys* 12

BAB 3 METODE PENELITIAN 14
3.1. Tempat dan Waktu 14
3.1.1. Tempat Penelitian 14
3.1.2. Waktu Penelitian 14
3.2. Bahan dan alat penelitian 15
3.2.1. Bahan yang digunakan 15
3.2.2. Alat Penelitian 15
3.3. Diagram Alir 17
3.4. Rancangan Penelitian 18
3.5 Prosedur Penelitian 18
3.5.1. Studi Literatur 18
3.5.2. Persiapan Alat Desain 18
3.5.3. Mendesain Frame 18
3.5.4. Input Gaya & Kondisi Batas 18
3.5.5. Analisa Data 19
3.5.6. Pengelolahan Hasil dan Data 19
3.5.7. Hasil dan Pembahasan 19
3.6. Variabel Penelitian 19
3.6.1. Variabel Independent 19

3.6.2. Variabel Dependent 19
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 20
4.1. Desain Chassis 20
4.2. Material Desain Chassis 20
4.3. Hasil Simulasi Chassis Beban Statis 21
4.3.1. Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg 21
4.3.2. Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg 23
4.3.3. Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg 25
4.4. Hasil Simulasi Chassis Beban Acceleration (Percepatan) 27
4.4.1. Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg 27
4.4.2. Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg 29
4.4.3. Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg 31
4.5. Hasil Simulasi Chassis Beban Pengereman 33
4.5.1. Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg 33
4.5.2. Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg 35
4.5.3. Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg 37
4.6. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Statis 39
4.7. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman 41
4.8. Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Statis 42

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 44
5.1 Kesimpulan 44
5.2 Saran 46

DAFTAR PUSTAKA 47
Lampiran 1. SK Pembimbing
Lampiran 2. Lembar Asistensi Tugas Akhir
Lampiran 3. Berita Acara Seminar Hasil Penelitian
Lampiran 4. Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian 4
Tabel 4.1 Data Baja Karbon Rendah 21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ladder Frame 5
Gambar 2.2 Tubular Space Frame 5
Gambar 2.3 Backbone chassis 6
Gambar 2.4 Chassis Monocoque 7
Gambar 2.5 Aluminium Chassis Frame 7
Gambar 2.6 Tegangan Tarik 10
Gambar 2.7 Tegangan Tekan 10
Gambar 3.1 Baja Carbon Rendah 15
Gambar 3.2 Komputer 15
Gambar 3.3 Software Solidworks 16
Gambar 3.4 Software Ansys 16
Gambar 3.5 Diagram Alir Penelitian. 17
Gambar 4.1 Desain Chassi Mobil Listrik 20
Gambar 4.2 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 60kg 21
Gambar 4.3 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 60kg 22
Gambar 4.4 Von-Mises Beban Pengemudi 60kg 22
Gambar 4.5 Safety Factor Beban Pengemudi 60kg 23
Gambar 4.6 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 70kg 23
Gambar 4.7 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 70kg 24
Gambar 4.8 Von-Mises Beban Pengemudi 70kg 24
Gambar 4.9 Safety Factor Beban Pengemudi 70kg 25
Gambar 4.10 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 80kg 25
Gambar 4.11 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 80kg 26
Gambar 4.12 Von-Mises Beban Pengemudi 80kg 26
Gambar 4.13 Safety Factor Beban Pengemudi 80kg 27
Gambar 4.14 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 60kg 27
Gambar 4.15 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 60kg 28
Gambar 4.16 Von-Mises Beban Pengemudi 60kg 28
Gambar 4.17 Safety Factor Beban Pengemudi 60kg 29
Gambar 4.18 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 70kg 29
Gambar 4.19 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 70kg 30
Gambar 4.20 Von-Mises Beban Pengemudi 70kg 30
Gambar 4.21 Safety Factor Beban Pengemudi 70kg 31
Gambar 4.22 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 80kg 31
Gambar 4.23 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 80kg 32
Gambar 4.24 Von-Mises Beban Pengemudi 80kg 32
Gambar 4.25 Safety Factor Beban Pengemudi 80kg 33
Gambar 4.26 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 60kg 33
Gambar 4.27 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 60kg 34
Gambar 4.28 Von-Mises Beban Pengemudi 60kg 34
Gambar 4.29 Safety Factor Beban Pengemudi 60kg 35
Gambar 4.30 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 70kg 35
Gambar 4.31 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 70kg 36
Gambar 4.32 Von-Mises Beban Pengemudi 70kg 36
Gambar 4.33 Safety Factor Beban Pengemudi 70kg 37

Gambar 4.34 Total Deformation Chassis Beban Pengemudi 80kg 37
Gambar 4.35 Equivalent Elastic Strain Beban Pengemudi 80kg 38
Gambar 4.36 Von-Mises Beban Pengemudi 80kg 38
Gambar 4.37 Safety Factor Beban Pengemudi 80kg 39
Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Total Deformation 39
Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain 40
Gambar 4.40 Grafik Perbandingan *Von-Mises* 40
Gambar 4.41 Grafik Perbandingan *Safety Factor* 40
Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Total Deformation 41
Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain 41
Gambar 4.44 Grafik Perbandingan *Von-Mises* 41
Gambar 4.45 Grafik Perbandingan *Safety Factor* 42
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Total Deformation 42
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain 42
Gambar 4.48 Grafik Perbandingan *Von-Mises* 43
Gambar 4.49 Grafik Perbandingan *Safety Factor* 43

DAFTAR NOTASI

P = Gaya atau beban yang bekerja pada suatu benda.
A = Luas penampang benda.
σ = Tegangan ($N/m2$)
F = Gaya aksial 9 (N)
A = Luas ($m2$)
ε = Regangan
L = Panjang mula-mula (m)
ΔL = Perubahan panja

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar sebagai sumber energi yang semakin menurun harus menghadapi peningkatan permintaan energi. Situasi ini menjadikan energi sebagai masalah global, termasuk di Indonesia. Akibatnya, berbagai pihak mulai berpikir mencari solusi terbaik untuk menangani krisis energi.Salah satu pendekatan untuk mengatasi masalah kekurangan energi adalah dengan melakukan penelitian dan pengembangan yang bertujuan meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan bakar. Hampir semua perusahaan di sektor otomotif bersaing untuk menciptakan produk yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar.Mahasiswa, sebagai agen perubahan, didorong untuk secara aktif terlibat dalam usaha mengatasi krisis energi global ini, terutama dalam konteks Indonesia. Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2024 adalah kompetisi kendaraan yang berfokus pada penghematan bahan bakar di tingkat nasional. Pada tahun 2024, KMHE diselenggarakan oleh Balai Pengembangan Talenta Indonesia (BPTI) Pusat Prestasi Nasional, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Republik Indonesia, bekerja sama dengan perguruan tinggi yang menjadi tuan rumah (Kemendikbudristek, 2024).

Seiring dengan kemajuan zaman dan bertambahnya jumlah penduduk, penggunaan kendaraan di Indonesia.mengalami peningkatan yang sangat cepat, baik untuk sepeda motor maupun mobil. Peningkatan jumlah kendaraan ini berdampak pada konsumsi Bahan Bakar Minyak (BBM) yang juga terus mengalami kenaikan harga setiap tahunnya. Berdasarkan informasi dari Badan Pusat Statistik, konsumsi energi pada tahun 2015 mencapai 4.544.788 terajoule, meningkat sebesar 2,54% dibandingkan tahun sebelumnya. Dari total tersebut, sektor industri dan rumah tangga menduduki posisi teratas, sementara sektor transportasi berada di peringkat ketiga sebagai konsumen terbesar dengan total 1.308.584 terajoule (28,8%). Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) dan Shell Eco Marathon (SEM) adalah kompetisi yang digelar dengan tujuan untuk mencapai efisiensi maksimal

dan rendahnya konsumsi energi untuk kendaraan masa depan (Wibowo et al., 2022).

Rangka berfungsi sebagai bagian yang sangat krusial dalam desain sebuah kendaraan. Semua beban yang ada pada kendaraan, termasuk penumpang, mesin, sistem pengendalian, dan semua perangkat kenyamanan lainnya, semuanya ditaruh di atas rangka. Unsur-unsur dalam rangka terdiri dari elemen dua dimensi dan merupakan kombinasi antara truss dan beam, sehingga terdapat tiga jenis perpindahan di setiap titik nodal, yakni perpindahan horizontal, vertikal, dan rotasi. Oleh karena itu, diperlukan bahan yang kokoh untuk memenuhi standar yang ada (Teguh et al., 2018).

Salah satu elemen utama yang dimiliki oleh sebuah kendaraan adalah rangka atau chassis. Chassis berfungsi sebagai tempat untuk mendukung mesin, struktur kendaraan, sistem suspensi, sistem pengereman, dan sistem kelistrikan agar kendaraan dapat beroperasi dengan baik. Oleh sebab itu, desain chassis sangat penting untuk mendukung keselamatan dan perlindungan pengemudi. Untuk menilai keselamatan dan keamanan chassis, dapat dianalisis melalui tegangan yang terjadi pada chassis tersebut. Dalam menghitung faktor keamanan, diperlukan informasi tentang nilai tegangan maksimum dan minimum pada area atau titik di mana tegangan berpengaruh. Nilai tegangan maksimum dan minimum ini dikenal sebagai Tegangan Prinsipal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran tegangan prinsipal dan nilai faktor keamanan pada chassis mobil listrik prototipe (Mulyadi et al., 2022).

Prototipe merupakan kendaraan masa depan dengan rancangan khusus yang mengoptimalkan efisiensi pada sistem transmisi, desain, dan penggerak.Dalam perancangan mobil listrik, selain merancang bentuk bodi yang ramping dan ringan, ada satu aspek krusial yaitu desain chassis. Chassis memiliki bentuk dan ukuran yang rumit, sehingga jika dirancang secara manual, akan muncul banyak tantangan dan hasilnya mungkin tidak tepat(Saputro & Pranoto, 2022).

Berdasarkan latar belakang yang tertulis diatas maka penulis memutuskan untuk melakukan penelitian terhadap pembebanan statis terhadap frame mobil hemat energi yang nantinya dapat menjadi acuan untuk kontes mobil hemat energi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Penelitian ini diharapkan bisa

mendapatkan chassis yang kuat untuk mobil hemat energi yang sesuai standar regulasi pada kontes mobil hemat energi dan yang akan digunakan pada Kontes Mobil Hemat Energi.

1.2. Rumusan Masalah

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

1. Belum adanya yang menganalisis kekuatan frame mobil hemat energi di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara?
2. Bagaimana kekuatan frame mobil hemat energi menerima beban statis
3. Seberapa efektif metode analisis elemen hingga dalam mengevaluasi kekuatan rangka frame mobil hemat energi?

1.3. Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah riset berfokus terhadap analisis frame mobil hemat energi UMSU pada material low carbon steel melalui uji dengan metode elemen hingga menggunakan software ansys.

1.4. Tujuan Penelitian

1. Membuat desain frame mobil hemat energi yang inovatif dan efisien.
2. Melakukan simulasi pada frame mobil hemat energi menggunakan software ansys menggunakan metode elemen hingga.
3. Mengevaluasi untuk menjamin bahwa struktur dapat menahan tekanan tanpa mengalami kerusakan struktural atau perubahan bentuk yang berlebihan.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Didapatkan sebuah desain frame mobil hemat energi yang efisien dan inovatif.
2. Telah diperoleh hasil dari evaluasi desain terhadap frame mobil hemat energi.
3. Hasil analisis kekuatan frame mobil hemat energi telah diperoleh.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Chassis Mobil

Chassis merupakan komponen dari mobil yang berperan sebagai penyangga tubuh dan terdiri dari rangka, mesin, sistem pemindahan tenaga, roda, sistem kemudi, sistem suspensi, sistem rem, serta berbagai perlengkapan lainnya (Siregar, 2018).

Chassis tidak hanya berperan sebagai penyangga, namun *chassis* juga mempunyai peran sebagai lokasi atau tempat dari semua bagian yang terdapat pada kendaraan seperti mesin, aki, interior, bodi, suspensi, serta berbagai komponen lainnya. Tugas lain dari chassis adalah berfungsi sebagai struktur atau pelindung bagi pengemudi yang ada di dalam kendaraan. Agar dapat berfungsi sebagai pelindung bagi pengemudi, tentu saja *chassis* harus terbuat dari bahan yang memiliki ketahanan yang tinggi dan juga kuat (Ramadhana, 2024).

2.2. Jenis-Jenis *Chassis* Mobil

dibangun menggunakan struktur besi atau baja yang dirancang secara khusus untuk memenuhi semua faktor, mulai dari kekuatan, ketahanan, hingga keselamatan demi menjaga dalam keadaan berkendara. *Chassis* tersedia dalam berbagai tipe sesuai dengan fungsinya. Berikut adalah tipe-tipe yang sering digunakan:

1. *Ladder Frame*

   Merupakan rangka yang paling tua dan umum digunakan, terutama untuk kendaraan dengan beban berat. Rangka ini sering dibuat dari bahan baja simetris atau berbentuk balok yang selanjutnya diperkuat dengan penyangga silang dan sambungan. Pada beberapa desain, sering kali rangka tangga diberi tambahan besi silang untuk menjaga agar tetap kaku(Siregar, 2018).

Gambar 2. 1 Ladder Frame(Siregar, 2018).

2. *Tubular Space Frame*

Jenis sasis ini dirancang dengan memanfaatkan kombinasi antara balok besi dan pipa besi, lalu dilakukan proses perakitan. Ciri khasnya, sasis ini memiliki kesamaan bentuk dengan struktur kendaraan khusus. Contoh yang jelas terlihat adalah pada mobil balap. Hampir seluruh kendaraan balap menggunakan jenis sasis ini. Salah satu kelebihannya adalah sasis ini sangat mudah untuk dirancang dan memungkinkan penambahan berbagai komponen. Namun, tantangannya adalah struktur dari sasis ini mengharuskan semua bagian yang ada dapat terhubung dengan baik dan memiliki bentuk triangulasi (disusun dari sambungan berbentuk segitiga) (Dewa, 2021).

Gambar 2. 2 *Tubular Space Frame*(Ramadhana, 2024).

3. *Backbone*

Backbone chassis merupakan jenis rangka yang meniru bentuk kerangka utama tunggal. Letaknya melintang ditengah kendaraan.Konfigurasi ini menghubungkan bagian depan dan belakang mobil. Backbone adalah penerapan dari prinsip desain rangka pipa. Pada awalnya, bagian depan dan belakang kendaraan dihubungkan melalui sebuah rangka tabung yang membentang dari depan ke belakang. Hampir seluruh bagian chassis backbone ini terdiri dari struktur yang kaku dan mampu menanggung semua beban(Ramadhana, 2024).

Gambar 2. 3 *Backbone chassis*(Ramadhana, 2024).

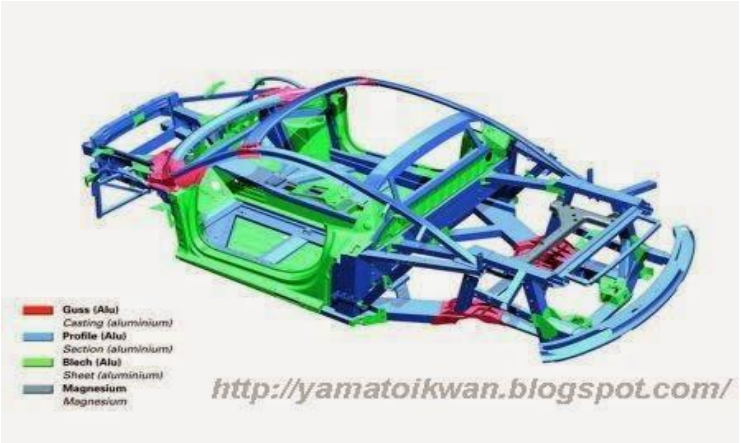
4. *Monocoque*

Pada tipe *Chassis* ini, struktur kendaraan berperan sebagai *Chassis*, sehingga desainnya sangat dipengaruhi oleh jenis kendaraan tersebut. *Chassis monocoque*, yang lebih umum dikenal sebagai sasis monokok, memiliki kekuatan utama yang terletak pada pelat-pelat baja atau komposit yang disatukan atau diperkuat. Saat ini, jenis *Chassis monocoque* banyak digunakan pada kendaraan ringan karena memiliki beberapa keuntungan, antara lain mampu mengurangi penggunaan bahan dan juga dapat mempercepat proses produksi(Siregar, 2018).

Gambar 2. 4 *Chassis Monocoque*(Ramadhana, 2024).

5. *Aluminium Chassis Frame*

Chassis jenis ini pertama kali dikembangkan oleh perusahaan mobil Audy bersama-sama dengan perusahaan pembuat aluminium Alcoa. Aluminium chassis frame dibuat untuk menggantikan chassis baja monocoque karena untuk menghasilkan sebuah rangka yang ringan. Aluminium space frame diklaim 40% lebih ringan dibanding dengan rangka baja monocoque namun 40% lebih rigid. 13 Berikut adalah aluminium chassis frame yang ditunjukkan pada gambar(Widianto, 2016).



Gambar 2. 5 Aluminium *Chassis Frame*(Ramadhana, 2024).

2.3. *Finite Element Methode* (Metode Elemen Hingga)

FEM adalah singkatan dari *Finite Element Method*, dalam bahasa Indonesia disebut Metode Elemen Hingga. Konsep paling dasar FEM adalah, menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi obyek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah. Kata "finite atau terhingga" digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga, seperti yang lazim digunakan pada metode integral analitik.

Membagi bagian analisa menjadi bagian-bagian kecil disebut "*discretizing* atau diskritisasi". Bagian-bagian kecil ini disebut elemen, yang terdiri dari titik-titik sudut (disebut node) dan daerah elemen yang terbentuk dari titik-titik tersebut. Membagi sebuah object menjadi bagian-bagian kecil secara fisika sebenarnya menuntun kita kepada pembuatan persamaan diferensial. Jadi secara lebih matematis, FEM didefinisikan sebagai teknik numerik untuk menyelesaikan problem yang dinyatakan dalam persamaan diferensial. Namun biasanya definisi FEM secara matematis memberikan kesan yang rumit yang sebenarnya tidak perlu. Oleh karena itu, pendekatan matematis tidak terlalu ditekankan (Adiwiyata, 2017).

Metode elemen hingga (finite element method) telah secara luas diaplikasikan dan berhasil menyelesaikan banyak permasalah rekayasa teknik termasuk kekuatan tarik pada sebuah sambungan material. Pendekatan ini lebih efisien dan memiliki hasil yang cukup memuaskan. Sehingga penyelesaian masalah rekayasa sambungan pengelasan menggunakan metode elemen hingga menjadi topik yang sangat menjanjikan(Tanjung & Rudi Nasution, 2022).

1. Pemilihan tipe elemen dan diskritisasi. Amatilah benda atau struktur yang akan dianalisa, apabila 1 dimensi (contoh batang panjang), 2 dimensi (plat datar), 3 dimensi (seperti balok). Bagilah potong benda dalam bagian-bagian kecil (elemen) langkah ini disebut sebagai langkah diskritisasi. Banyaknya potongan yang dibentuk bergantung pada geometri dari benda yang akan dianalisa, sedangkan bentuk elemen yang diambil bergantung pada dimensinya.

2. Pemilihan fungsi pemindah atau fungsi interpolasi, jenis-jenis fungsi yang sering digunakan adalah fungsi linier, fungsi kuadratik, kubik atau polinominal derajat tinggi.
3. Mencari hubungan *strain, displacement* dan *stress.*
4. Dapatkan matriks kekakuan dari elemen yang telah dibuat. Untuk benda yang terdiri dari beberapa buah elemen lakukan penggabungan atau assemblage dari matriks kekakuan elemen menjadi matriks kekakuan global yang berlaku untuk seluruh benda atau struktur.
5. Gunakan persamaan kesetimbangan dengan persamaan, masukan syarat batas yang diketahui dalam soal.
6. Selesaikan persamaan pada langkah 5 dengan menghitung harga yang belum diketahui. Jika perhitungan melibatkan matriks dengan ukuran yang kecil, biasanya ditempuh dengan cara partitioning matriks, tetapi jika perhitunganmelibatkan matriks berukuran besar, komputer adalah jalan terbaik dalam mendapatkan solusinya.
7. Hitung *strain* dan *stress* dari setiap elemen.
8. Interprestasikan kembali hasil-hasil perhitungan yang diperoleh.

2.4. Tegangan

Ketika beberapa sistem gaya atau bebaneksternal bekerja pada suatu benda, gaya internal (sama dan berlawanan) dipasang di berbagai bagian benda, yang menahan gaya eksternal. Gaya internal per satuan luas pada setiap bagian tubuh ini dikenal sebagai tegangan. Ini dilambangkan dengan huruf Yunani sigma (σ). Secara matematis (Anggry A, 2021).

Tegangan, $\sigma = \frac{F}{A}$

Dimana F = Gaya atau beban yang bekerja pada suatu benda.

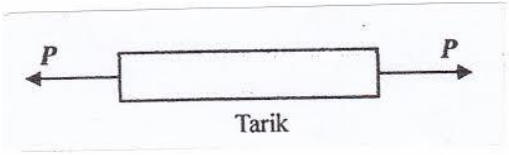
A = Luas penampang benda.

σ = Tegangan ($N/m2$)

1. Tegangan Tarik

Gaya Tarik terjadi pada batang, apabila terdapat gaya aksial menarik suatu batang dan akibatnya batang akan cinderung 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.



Gambar 2.6 Tegangan Tarik(Mulyati, 2014).

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.

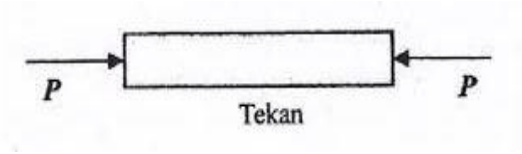
Tegangan normal yang bekerja diasumsikan mempunyai distribusi terbagi rata diseluruh permukaan penampang dan garis kerja gaya aksial melalui pusat berat penampang melintang batang. Sehingga diperoleh rumus

$\sigma = F\ A$

Dimana : σ = Tegangan ($N/m2$)

F = Gaya aksial 9 (N)

A = Luas ($m2$)



Gambar 2.7 Tegangan Tekan(Mulyati, 2014).

2.5. 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(Ramadhana, 2024).

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

Dimana : ε = Regangan

L = Panjang mula-mula (m)

ΔL = Pertambahan panjang

2.6. *Low Carbon Steel* (Baja Karbon Rendah)

Baja adalah kombinasi dari besi dan karbon, dengan karbon (C) sebagai komponen utamanya. Selain itu, baja juga mengandung berbagai elemen lain seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) dalam jumlah yang terbatas. Baja karbon memiliki kandungan karbon berkisar antara 0,1% hingga 1,7%. Menurut variasi kandungan karbonnya (Mauliddiyah, 2021). baja karbon dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu:

1. Baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) Jenis baja ini sering disebut sebagai baja ringan atau baja perkakas. Baja karbon rendah tidak memiliki kekerasan yang tinggi karena kandungan karbonnya kurang dari 0,30%. Baja ini bisa digunakan untuk membuat mur, ulir sekrup, perangkat senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, alat perkakas silinder, dan aplikasi serupa. Proses pembentukan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan saat masih panas. Hal ini dapat dikenali dari lapisan oksida berwarna hitam pada permukaan baja. Selain itu, baja juga bisa diproses melalui pengerjaan dingin, di mana baja direndam dalam larutan asam untuk menghilangkan lapisan oksidasi. Setelah direndam, baja diangkat dan digiling hingga mencapai ukuran yang diinginkan, kemudian didinginkan. Metode ini menghasilkan baja yang lebih halus, meningkatkan kualitasnya dan menjadikannya lebih baik untuk pembuatan mesin perkakas.
2. Baja karbon sedang baja karbon sedang memiliki kandungan karbon antara 0,3% dan 0,6%, yang memungkinkan untuk penguatan sebagian melalui pengerjaan panas yang tepat. Proses tersebut meningkatkan daya tahan baja melalui penggilingan. Baja karbon sedang dipakai dalam banyak jenis peralatan mesin, termasuk roda gigi otomotif, poros cam, poros engkol, sekrup sungkup, dan alat angkat presisi. Baja karbon sedang dapat dibentuk dengan mesin dan ditempa dengan mudah, namun tidak dapat dilas semudah baja struktural dan baja konstruksi. Peningkatan kandungan karbon akan meningkatkan kekuatan tarik tetapi mengurangi kemampuan baja untuk mengalami deformasi.
3. Baja karbon tinggi baja yang memiliki kandungan karbon antara 0,6% dan 1,5% dihasilkan melalui proses penggilingan panas. Pembentukan baja ini

dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, seperti batang bor dan batang datar. Jika baja ini digunakan untuk produksi, maka harus dikerjakan dalam kondisi panas dan diterapkan untuk peralatan mesin berat, batang pengontrol, serta alat tangan seperti palu, obeng, tang, kunci mur, serta pelat pegas kumparan dan berbagai alat pertanian.

2.7. SolidWorks

SolidWorks merupakan salah satu perangkat lunak CAD yang dikembangkan oleh *DASSAULT SYSTEMES* yang berfungsi untuk mendesain bagian-bagian mesin atau susunan bagian mesin yang berupa perakitan dengan visualisasi 3D untuk menggambarkan komponen sebelum pembuatan bagian fisiknya, serta tampilan 2D (gambar) untuk proses penggambaran mesin.

Software ini diluncurkan pada tahun 1995 sebagai alternatif bagi program CAD lainnya seperti *Pro / ENGINEER, NX Siemens, I-Deas, Unigraphics, Autodesk Inventor, Autodeks AutoCAD,* dan *CATIA,* dengan harga yang lebih terjangkau. SolidWorks Corporation didirikan oleh Jon Hirschtick pada tahun 1993, dengan merekrut sekelompok insinyur untuk menciptakan sebuah perusahaan yang fokus pada pengembangan perangkat lunak CAD 3D, yang berpusat di Concord, Massachusetts, dan meluncurkan produk pertamanya, *SolidWorks* 95, pada tahun 1995. Di tahun 1997, Dassault Systèmes, yang dikenal dengan perangkat lunak CATIA, mengakuisisi perusahaan ini dan kini memiliki seluruh saham *SolidWorks*. Dari tahun 2001 hingga Juli 2007, *SolidWorks* dipimpin oleh John McEleney, dan saat ini berada di bawah pimpinan Jeff Ray.

Seperti aplikasi lainnya, *SolidWorks* juga beroperasi di sistem operasi *Windows*. Antarmuka Windows dalam SolidWorks terbagi menjadi dua panel utama. Satu panel menampilkan data yang tidak bersifat grafis, sementara panel lainnya menyajikan informasi serta representasi dari bagian, perakitan, dan gambar (Kristanto, 2023).

2.8. *Ansys*

Ansys Workbench merupakan aplikasi komputer yang menerapkan metode elemen hingga untuk menyelesaikan berbagai permasalahan. Program ini dipakai untuk menjalankan simulasi dalam beragam bidang fisika, termasuk analisis struktur (baik linier maupun non-linier), transfer panas, dinamika fluida, dan

fenomena elektromagnetik. *Ansys Workbench* juga memungkinkan pengguna untuk mengimpor data dari Solidworks dan menawarkan fitur "preprocessing" yang membantu dalam pembuatan geometri yang dibutuhkan. Aplikasi ini sangat bermanfaat bagi insinyur dalam menjalani analisis dan simulasi. Dalam analisis struktur, metode Analisis Elemen Hingga (FEA) menjadi salah satu teknik krusial untuk menghitung dan mendapatkan hasil yang tepat. Setelah penentuan beban dan analisis dilakukan, hasil yang diperoleh bisa dilihat dalam bentuk angka maupun visualisasi grafis.

Ansys Workbench dikembangkan untuk memberikan lingkungan kerja yang komprehensif bagi pengembangan dan pengelolaan berbagai jenis program yang berlandaskan konsep Computer *Aided Engineering* (CAE), serta mempermudah pengguna dalam mengoperasikannya (Rika Widianita, 2023)

Ansys Workbench merupakan salah satu aplikasi yang menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis isu-isu rekayasa. Aplikasi ini menawarkan kemampuan untuk berinteraksi dengan berbagai solver dalam keluarga Ansys. Selain itu, *Ansys Workbench* juga dapat terintegrasi dengan perangkat lunak CAD, yang mempermudah para pengguna dalam membuat model geometris dengan berbagai program CAD. Berdasarkan pengetahuan saya, beberapa dari perangkat lunak tersebut termasuk *Catia* dan *Solidworks*. Ansys dapat dioperasikan di sistem operasi Windows dan Linux (Darianto et al., 2019).

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

3.1.1. Tempat Penelitian

Tempat dan pembuatan penelitian ini dilakuan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan.

3.1.2. Waktu Penelitian

Waktu Penerapan tugas akhir ini direncanakan selama 6 bulan dari disetujuinya penulisan proposal tugas akhir, proses mendesain chassis, proses analisis chassis, seminar proposal, seminar hasil sampai sidang akhir yang menghabiskan waktu kurang lebih 6 bulan.

Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan saat melakukan penelitian

No	Kegiatan	Waktu(Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi literature						
2	Penyediaan alat dan bahan						
3	Penulisan proposal						
4	Pengujian Simulasi						
5	Pengambilan data						
6	Analisa data						
7	Penulisan laporan akhir						
8	Sidang sarjana						

3.2. Bahan dan alat penelitian

3.2.1. Bahan yang digunakan

1) Baja carbon rendah

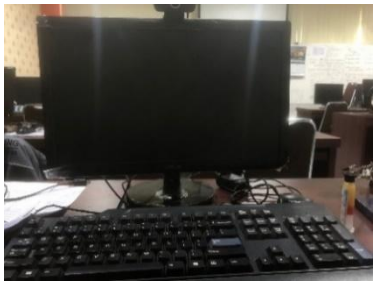
Material yang digunakan pada penelitian ini berjenis baja karbon rendah. Baja karbon rendah adalah baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi, namun kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Umumnya digunakan untuk komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lain. Pemilihan material uji berdasarkan persentase penggunaan baja pada infrastruktur saat ini. Material uji yang digunakan dalam penyelidian ini ditunjukkan pada Gambar 3.1.

Gambar 3.1. Baja Carbon Rendah

3.2.2. Alat Penelitian

1) Komputer

Dalam studi ini, perangkat komputer berperan sebagai sarana untuk melakukan tugas dan memproses kata-kata atau informasi, seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Komputer

2) *Software solidworks*

Dalam studi ini, perangkat lunak *SolidWorks* digunakan untuk merancang model 3D dari penelitian, seperti pada gambar 3.3.

Gambar 3.3. *Software Solidworks*

3) *Software Ansys*

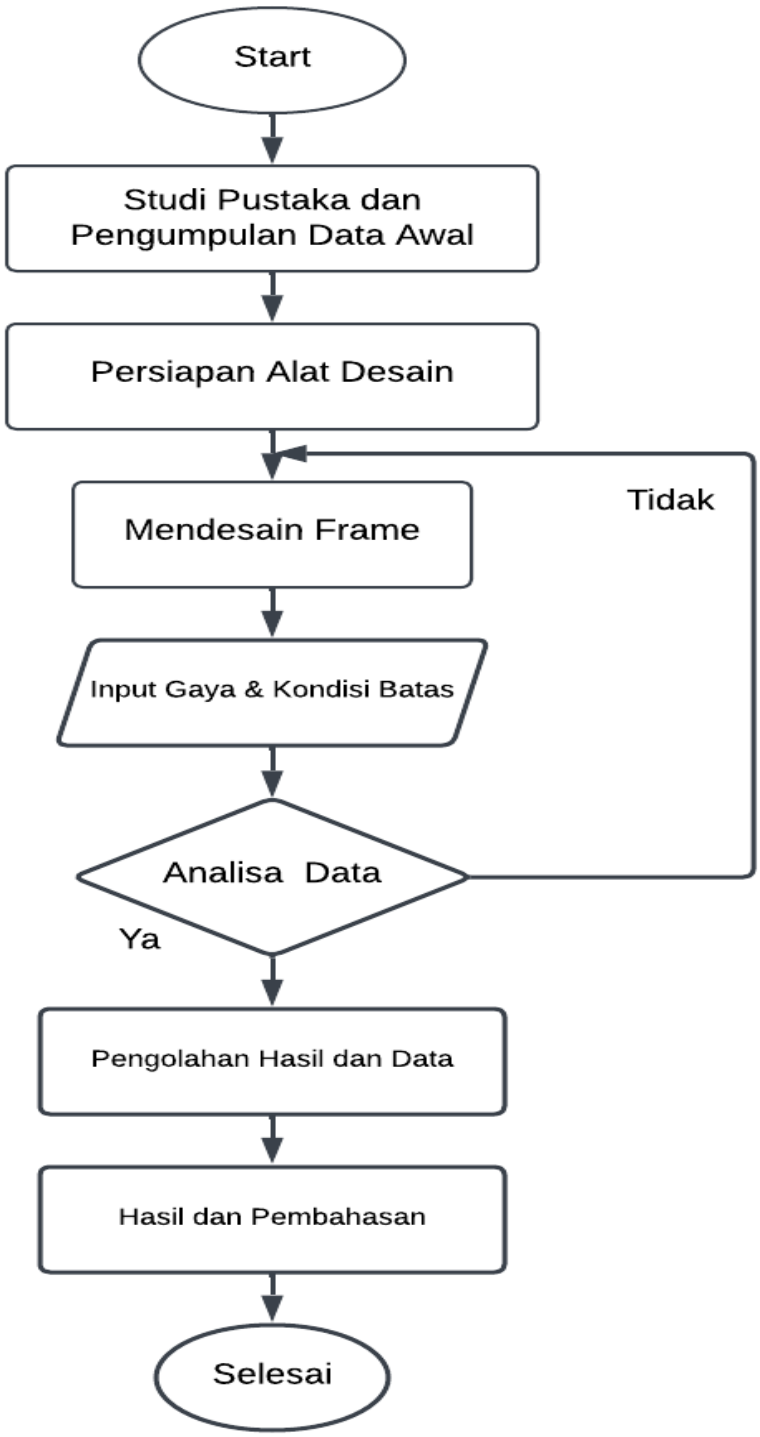
Dalam studi ini, perangkat lunak Ansys digunakan untuk menganalisis model tiga dimensi dari penelitian serta data yang dihasilkan dari riset, seperti pada gambar 3.4.

Gambar 3.4. *Software Ansys*

Penelitian ini dilakukan pada area pusat kota medan yaitu UMSU selama 6 bulan dimulai dari bulan november 2024 sampai juni 2025.

3.3. Diagram Alir

Penelitian ini dimulai dengan mengumpulkan literatur yaitu metode, analisis dan pemelihan bahan, yang selanjutnya disusun menjadi prosedur penelitianseperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5. Diagram Alir Penelitian.

3.4. Rancangan Penelitian

Desain kendaraan efisien energi yang diteliti dalam studi ini didasarkan pada perhitungan teoretis awal dan memiliki ukuran yang sesuai dengan variabel yang diinginkan. Perhitungan ini dapat dijelaskan dengan informasi asumsi yang sudah dipilih dan ditentukan. Untuk hasil perhitungan awal kendaraan efisien energi, dilakukan secara manual dan dengan bantuan program yang dibuat untuk menghitung desain dan hasil penelitian.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan teknik pengumpulan informasi dengan melakukan serangkaian aktivitas seperti membaca, mencatat, dan memproses data untuk memperdalam materi mengenai topik yang akan dibahas. Pada tahap ini, aktivitas yang dilakukan adalah mencari jurnal, skripsi, dan juga buku-buku yang relevan dengan penelitian ini sebagai acuan dan dasar pelaksanaan penelitian ini.

3.5.2. Persiapan Alat Desain

Sebelum memulai tahap desain, persiapan alat merupakan langkah awal yang sangat krusial. Dalam aktivitas ini, dilakukan identifikasi dan pemeriksaan terhadap semua perangkat dan software yang akan dipakai, seperti komputer dengan spesifikasi yang memadai, perangkat lunak Computer SolidWorks.

3.5.3. Mendesain *Frame*

Setelah menyelesaikan desain gambar *Chassis* manual dengan sesusai regulasi KMHE, selanjutnya lakukan pemodelan menggunakan Solidworks Premium 2020. Untuk komponen chassis, gunakan *Low Carbon Steel* berbentuk Hollow dengan ketinggian 40 mm, lebar 40 mm, dan ketebalan 2 mm Desain *Chassis* tiga dimensi rangka *prototype* diasumsikan sambungan antara batang dengan batang yang lainya adalah *fixed*.

3.5.4. Input Gaya & Kondisi Batas

Ada beberapa *force* (gaya) yang harus input sebelum melakukan simulasi yaitu gaya rem, beban, dan dorong. Dimana kita harus *fixed supprort* (menetapkan) kondisi batas untuk menahan gaya tersebut.

3.5.5. Analisa Data

Analisa kekuatan rangka menggunakan software bertujuan untuk mengurangi resiko kegagalan bahan saat pembuatan rangka, rangka dihitung kekuatannya terhadap beban yang diberikan didalam software. Mulai dari menentukan distibusi gaya pada rangka, meshing hingga akhir nya menganalisa kekuatan rangka menggunakan software.

3.5.6. Pengelolahan Hasil dan Data

Setelah desain *Chassis* untuk Mobil Hemat Energi selesai, data yang diperoleh akan dianalisis untuk menghasilkan kesimpulan dari studi ini.

3.5.7. Hasil dan Pembahasan

Bagian sambungan dan pertemuan antara balok hollow adalah lokasi yang mengalami stres paling tinggi, sehingga memerlukan perhatian ekstra selama proses menganalisa frame. Baja karbon rendah yang berbentuk hollow menunjukkan daya tahan yang memadai terhadap beban maksimum yang diberikan, serta memiliki efisiensi berat yang baik untuk kendaraan yang hemat energi.

3.6. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian didefinisikan sebagai suatu gagasan yang mencerminkan perbedaan atau keragaman. Gagasan itu sendiri adalah representasi atau penggambaran dari fenomena atau gejala tertentu. Konsep apa pun yang memiliki variabel atau karakteristik variabel dapat dianggap sebagai variabel. Dengan demikian, variabel adalah segala sesuatu yang menunjukkan variasi.

3.6.1. Variabel *Independent*

Variabel ini mampu berdiri sendiri tanpa adanya pengaruh dari variabel lain. Dalam penelitian ini, variabel yang tidak tergantung adalah gaya yang akan diterapkan pada rangka kendaraan hemat energi dalam kategori prototipe, dalam penelitian ini mencakup 3 gaya adalah rem, beban, dorong.

3.6.2. Variabel *Dependent*

Variabel terikat merujuk pada variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas, sehingga variabel ini juga disebut variabel yang terpengaruh. Mengingat penelitian ini dilakukan untuk menguji desain rangka, variabel terikat dalam penelitian ini mencakup Tegangan von misses, perpindahan, dan faktor keselamatan.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Desain Chassis

Desain yang dikembangkan merupakan chassis untuk kendaraan ramah lingkungan dalam kategori Prototype dengan sistem penggerak motor elektrik. Desain ini mengikuti pedoman peraturan yang ditetapkan oleh penyelenggara Kontes Mobil Hemat Energi. Pada kategori Prototype, chassis ini dilengkapi dengan tiga roda, terdiri dari dua roda di bagian depan dan satu roda di belakang. Di bawah ini adalah desain chassis untuk mobil listrik dalam kategori Prototype yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Gambar 4.1 Desain Chassi Mobil Hemat Energi

Chassis berfungsi sebagai pendukung utama sebuah kendaraan, disamping itu, chassis pada mobil listrik harus mampu menopang berat dari pengemudi serta beban eksternal.

4.2 Material Desain Chassis

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah Low Carbon Steel (Baja Karbon Rendah). Adapun material properties Baja karbon rendah ditampilkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Data Baja Karbon Rendah

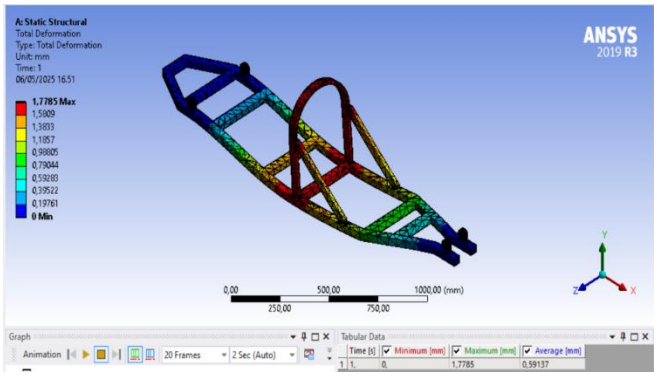
No	Milik	Nilai
1	Kepadatan	2,85 – 8,08 gram/cc
2	Kekuatan Tarik, Hasil	Tekanan 250-410 MPa
3	Ketahanan Retak	Tekanan 33,0 – 115 MPa-m½
4	Konduktivitas Termal	25,3 – 93,0 W/mK
5	Modulus Geser	70,0 - 80,0 GPa
6	Titik lebur	1430°C

4.3 Hasil Simulasi Chassis Beban Statis

Setelah melaksanakan simulasi beban statis pada chassis dengan menggunakan empat bobot pengemudi dalam analisis stres, diporeleh nilai Total Deformation(Deformasi Total), Equivalent Elastic Strain(Regangan Elastis Setara), Von-Mises dan Safety Factor dari chassis kendaraan listrik energi dalam kategori prototype.

4.3.1 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

Hasil dari Total Deformation yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.2.

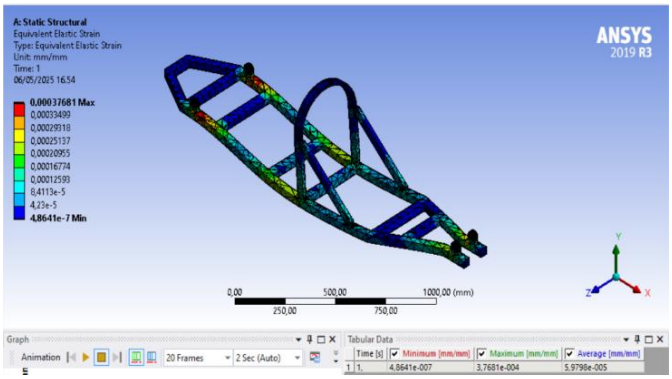


Gambar 4.2 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari Chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 1.778 mm, sedangkan Tota

l Deformation terendah adalah 0 mm. Total deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara total deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.2 .

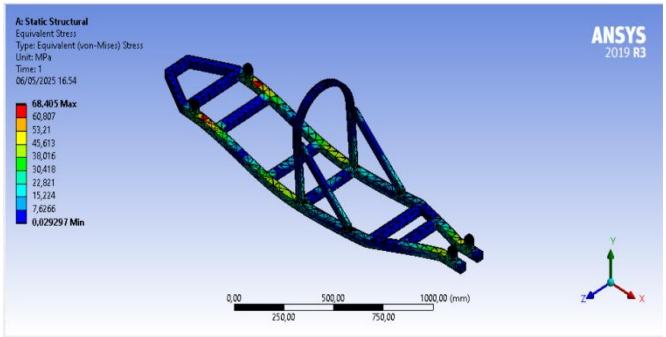
Adapun nilai Equivalent Elastic Strain yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 0,00037681 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 4,8641e-7 mm.Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.3 .

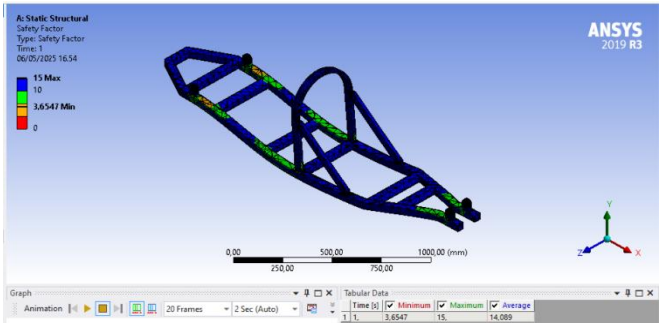
Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 60 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 68,405 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,029297 MPa.

Adapun nilai *Safety Factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.5.

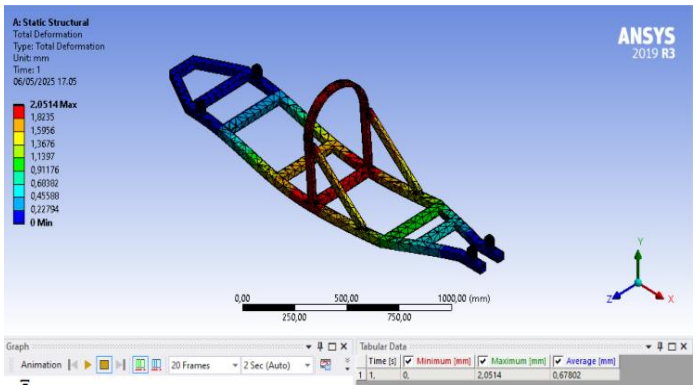


Gambar 4.5 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,6547 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.3.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg

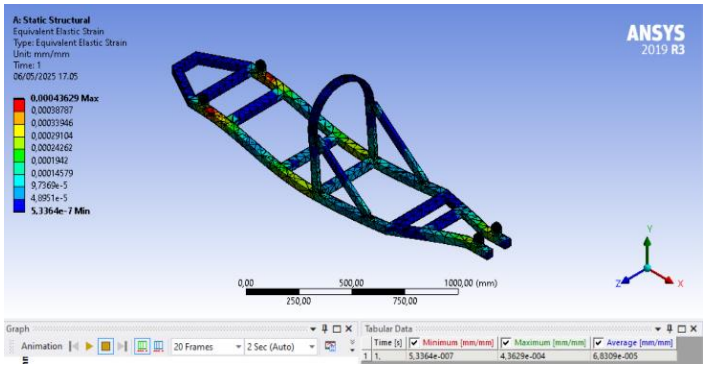
Hasil dari Total Deformation yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari Chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 2,0514 mm, sedangkan To tal Deformation terendah adalah 0 mm. Total deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara total deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.6 .

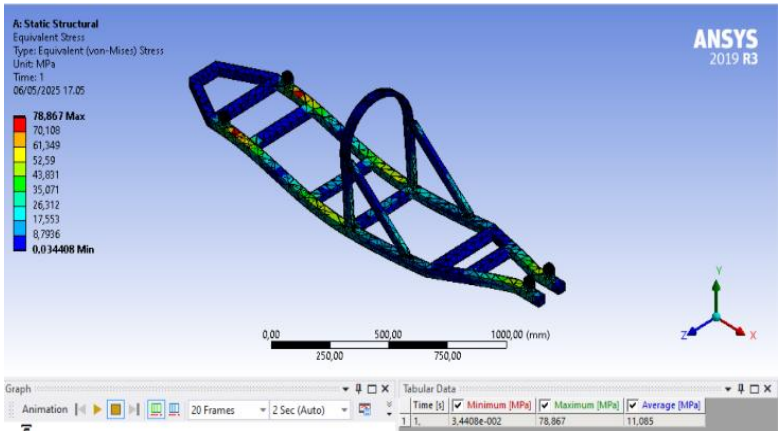
Adapun nilai Equivalent Elastic Strain yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 0,00043629 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,3364e-7 mm. *Equivalent Elastic Strain* tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara *Equivalent Elastic Strain* terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.7 .

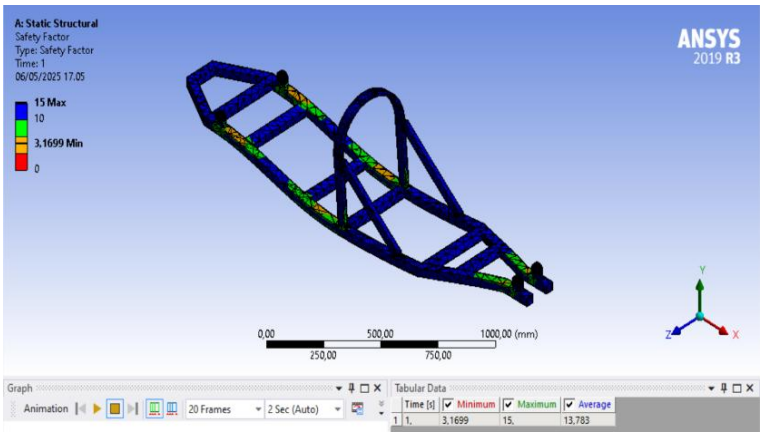
Hasil dari Von-Mises yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 70 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 78,867 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,034408 MPa.

Adapun nilai Safety Factor yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.9.

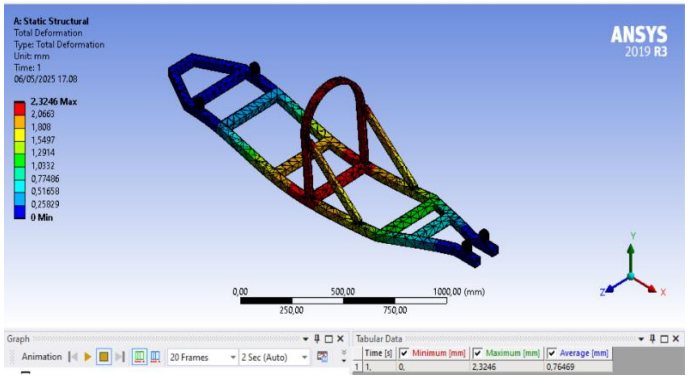


Gambar 4.9 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,1699 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.3.3 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

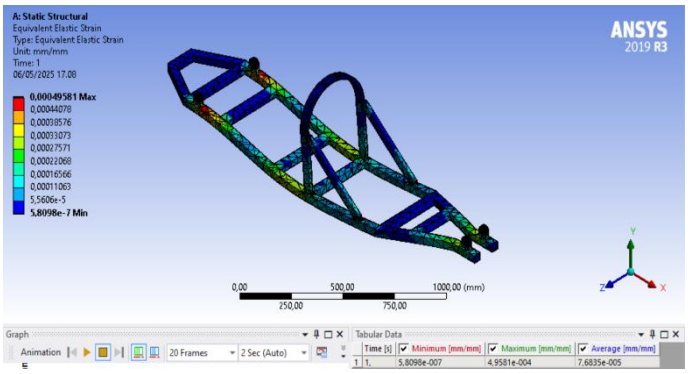
Hasil dari Total Deformation yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari Chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 2,3246 mm, sedangkan To tal Deformation terendah adalah 0 mm. Total deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara total deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.10 .

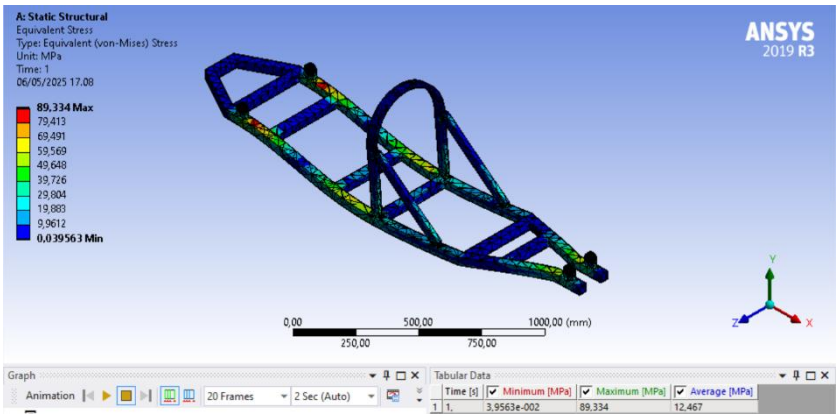
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 0,00049581 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,8098e-7 mm. Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.11

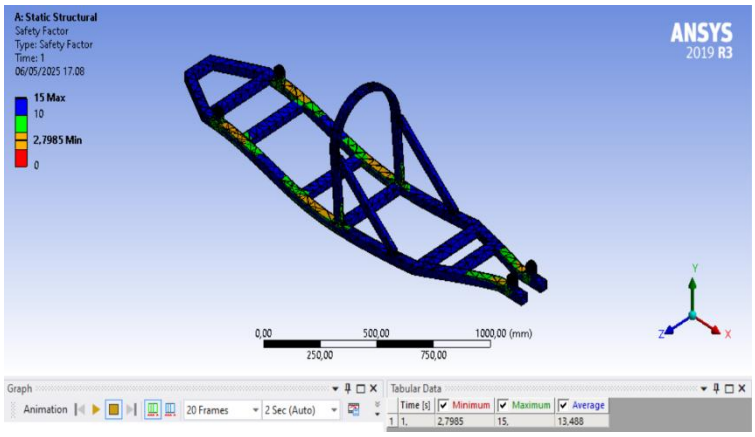
Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 80 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 89,334 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,039563 MPa.

Adapun nilai *Safety Factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

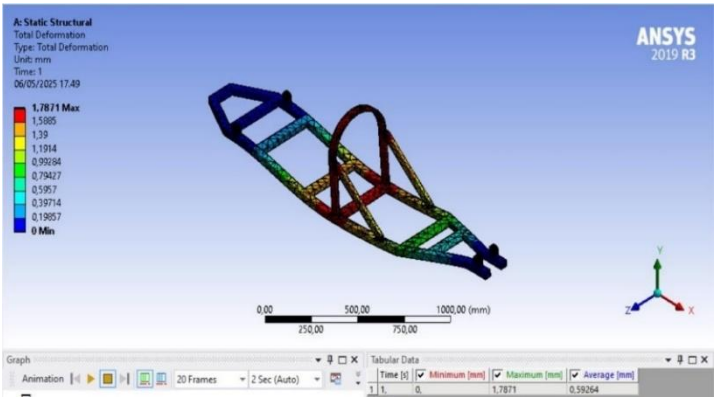
Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 2,7985 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.4 Hasil Simulasi Chassis Beban Acceleration (Percepatan)

Setelah melaksanakan simulasi beban acceleration pada chassis dengan menggunakan empat bobot pengemudi dalam analisis stres, diperoleh nilai Total *deformation, Equivalent Elastic Strain, Von-Mises* dan *Safety Factor* dari chassis kendaraan listrik energi dalam kategori prototype.

4.4.1 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

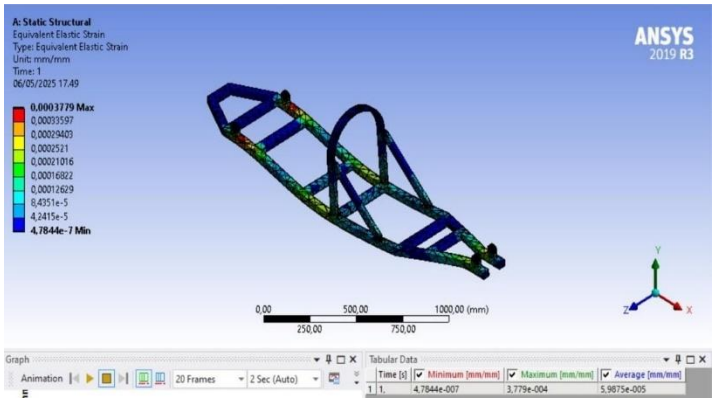
Hasil dari Total *Deformation* yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total *Deformation* tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 1.7871 mm, sedangkan total Deformation terendah adalah 0 mm. Total Deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Tota deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.15.

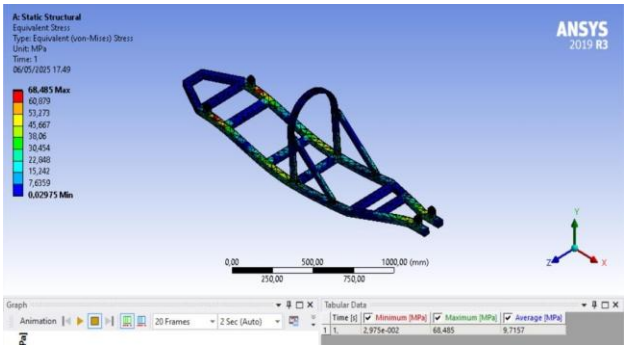
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 0,0003779 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 4,7844e-7 mm.Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.15 .

Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.16.

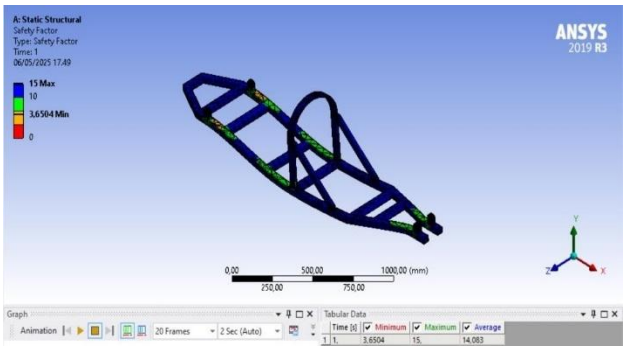


Gambar 4.16 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 60 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 68,485 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,02975 MPa.

Adapun nilai *Safety Factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.17

.

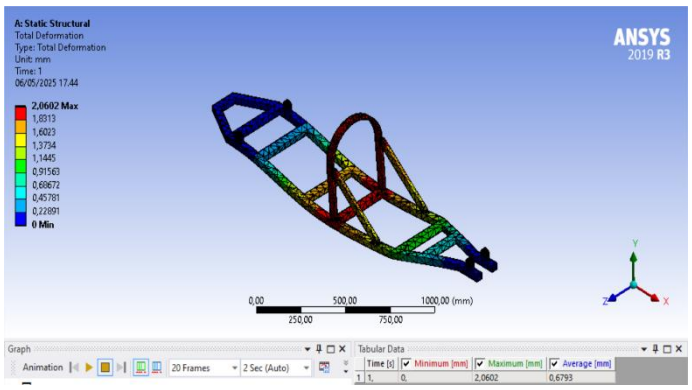


Gambar 4.17 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,6504 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.4.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg

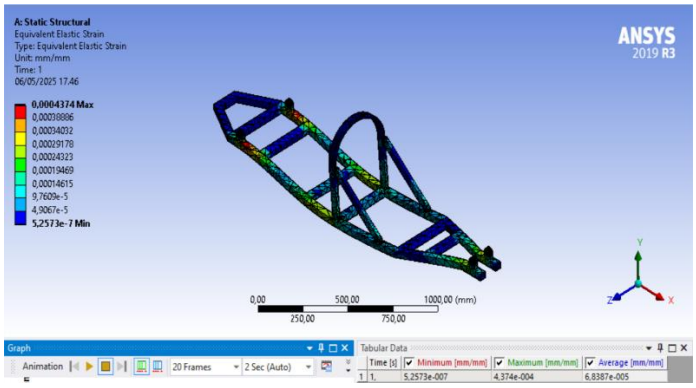
Hasil dari Total *Deformation* yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari Chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 2,0602 mm, sedangkan To tal Deformation terendah adalah 0 mm. Total deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara total deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.18 .

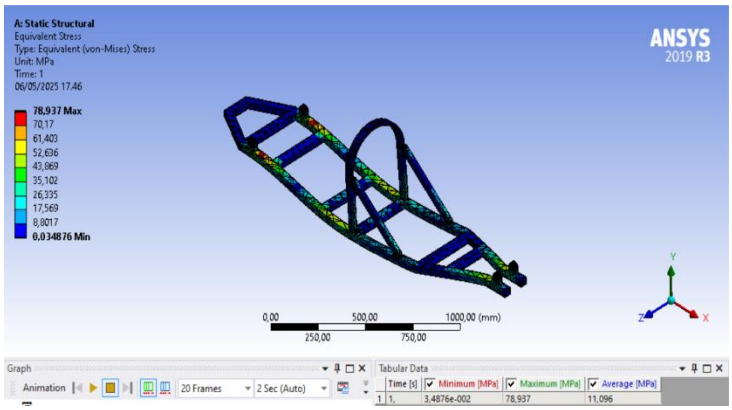
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 0,0004374 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,2573e-7 mm. Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.19 .

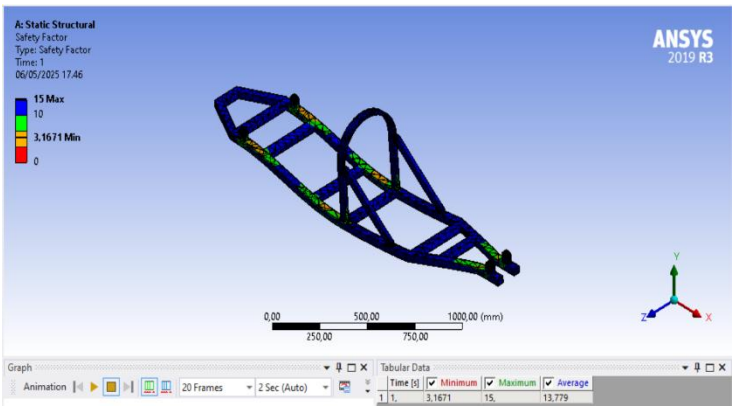
Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.20.



Gambar 4.20 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 70 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 78,937 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,034876 MPa.

Adapun nilai Safety Factor yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.21.



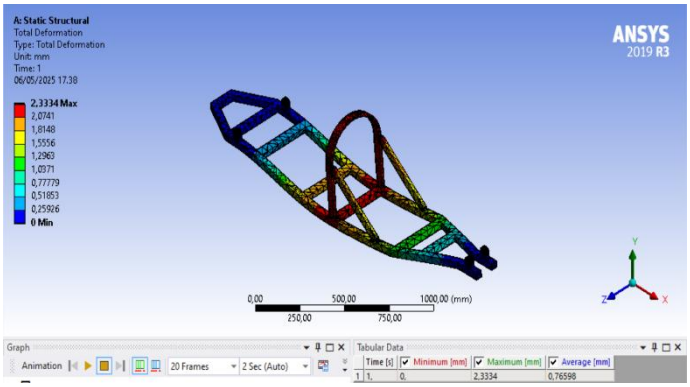
Gambar 4.21 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,1671 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.4.3 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

Hasil dari Total *Deformation* yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.22

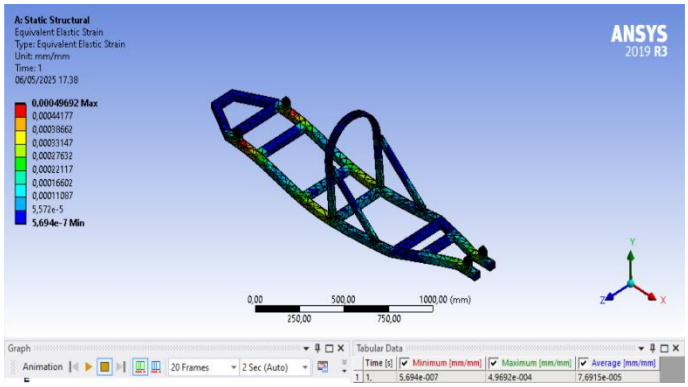
.



Gambar 4.22 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 2,3334 mm, sedangkan total Deformation terendah adalah 0 mm. Total Deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Tota deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.22.

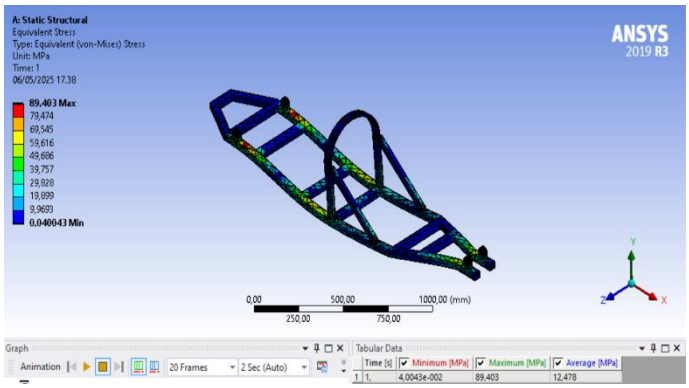
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 *Equivalent Elastic Strain* Chassis Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 0,00049692 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,694e-7 mm. Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.23.

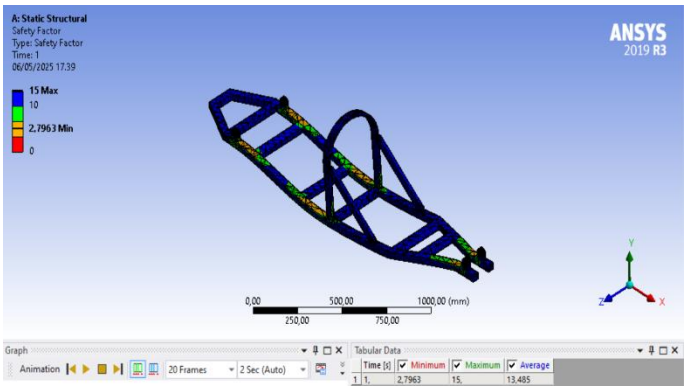
Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.24.



Gambar 4.24 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 80 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 89,403 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,040043 MPa.

Adapun nilai *Safety Factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

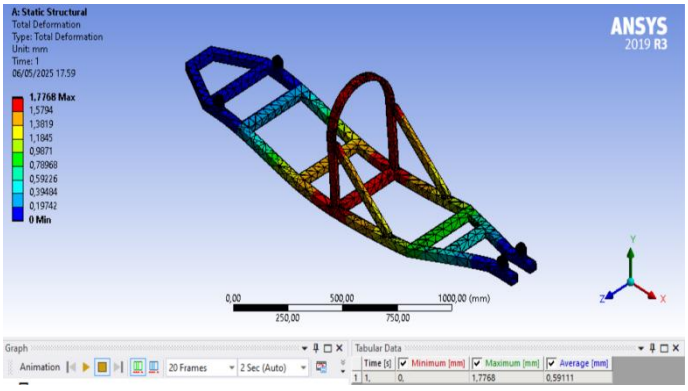
Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 2,7963 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.5 Hasil Simulasi Chassis Beban Pengereman

Setelah melaksanakan simulasi beban Pengereman pada chassis dengan menggunakan empat bobot pengemudi dalam analisis stres, diperoleh nilai Total deformation, Equivalent Elastic Strain, Von-Mises dan Safety Factor dari chassis kendaraan listrik energi dalam kategori prototype.

4.5.1 Chassis Dengan Beban Pengemudi 60 kg

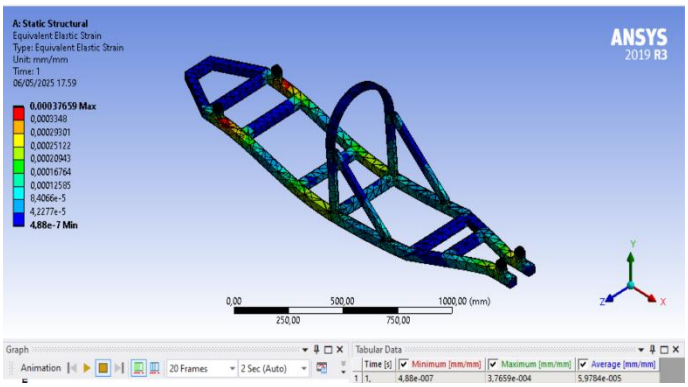
Hasil dari Total *Deformation* yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total *Deformation* tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 1.7768 mm, sedangkan total Deformation terendah adalah 0 mm. Total Deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Tota deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.26.

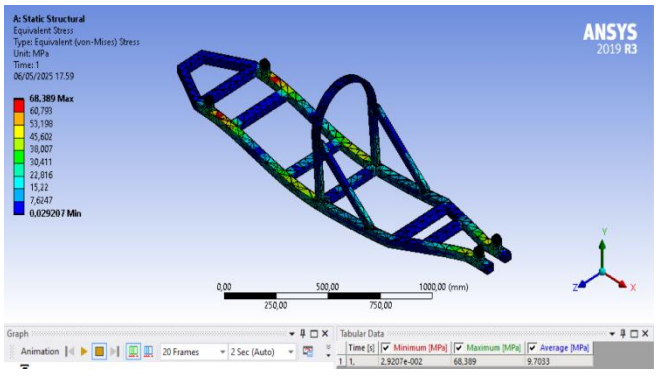
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.27.



Gambar 4.27 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 60kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 60 kg mencapai 0,00037659 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 4,88e-7 mm.Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara *Equivalent Elastic Strain* terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.27 .

Hasil dari *Von-Mises* yang melibatkan beban pengemudi seberat 60 kg dapat dilihat pada Gambar 4.28.

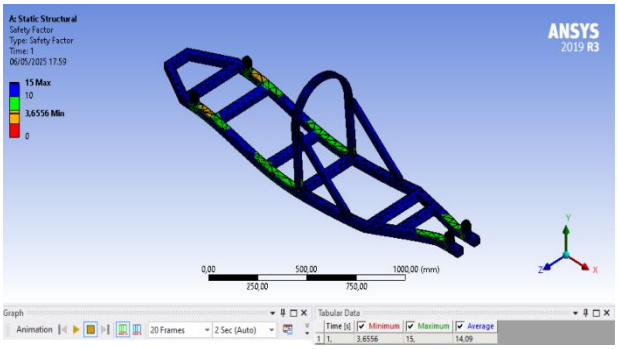


Gambar 4.28 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 60 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 68,389 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,029207 MPa.

Adapun nilai *Safety Factor* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.29.

.

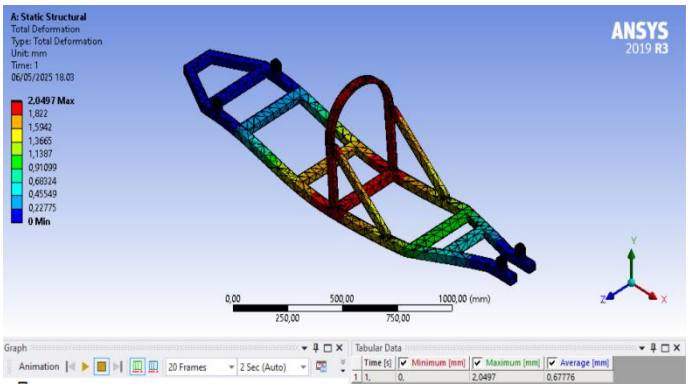


Gambar 4.29 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 60 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,6556 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.5.2 Chassis Dengan Beban Pengemudi 70 kg

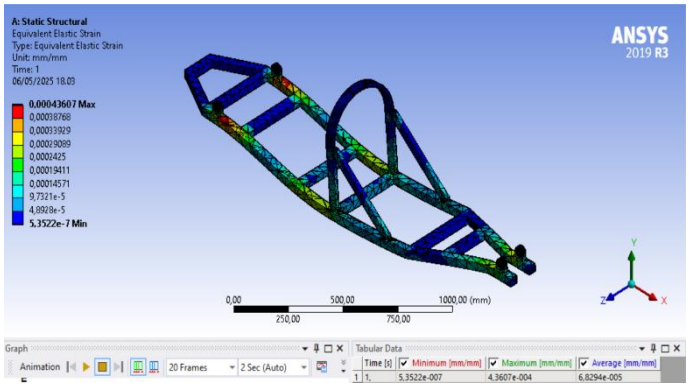
Hasil dari Total Deformation yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 2,0497 mm, sedangkan total Deformation terendah adalah 0 mm. Total Deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Tota deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.30.

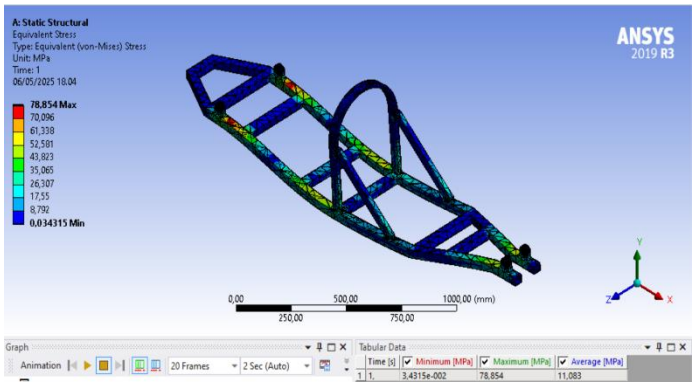
Adapun nilai *Equivalent Elastic Strain* yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.31.



Gambar 4.31 *Equivalent Elastic Strain* Chassis Beban Pengemudi 70 kg

Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 70 kg mencapai 0,00043607 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,3522e-7 mm. Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.31 .

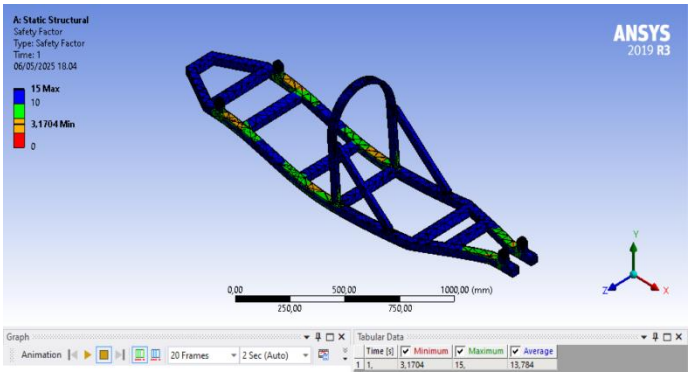
Hasil dari Von-Mises yang melibatkan beban pengemudi seberat 70 kg dapat dilihat pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 70 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 78,854 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,034315 MPa.

Adapun nilai Safety Factor yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.33.



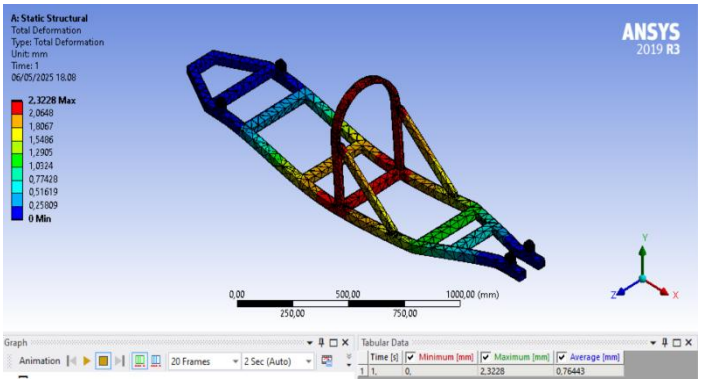
Gambar 4.33 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 70 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 3,1704 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4.5.3 Chassis Dengan Beban Pengemudi 80 kg

Hasil dari Total Deformation yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.34.

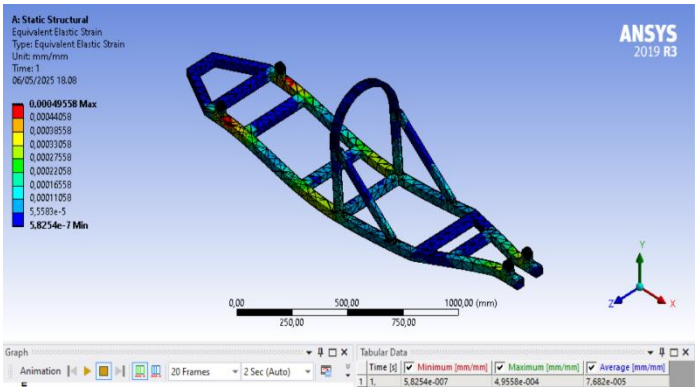
.



Gambar 4.34 Total *Deformation Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai Total Deformation tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 2,3228 mm, sedangkan total Deformation terendah adalah 0 mm. Total Deformation tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Tota deformation terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.34.

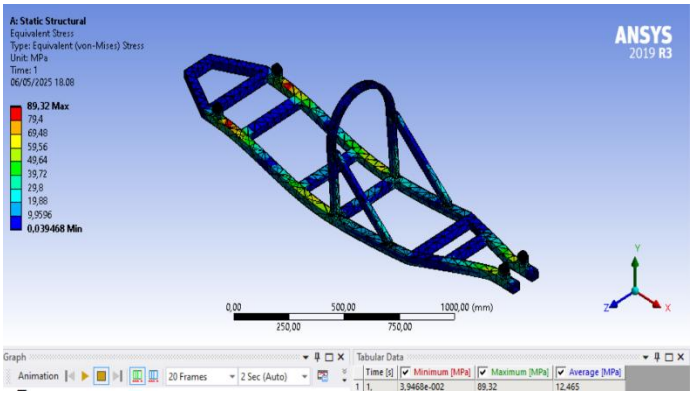
Adapun nilai Equivalent Elastic Strain yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.35.



Gambar 4.35 *Equivalent Elastic Strain Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

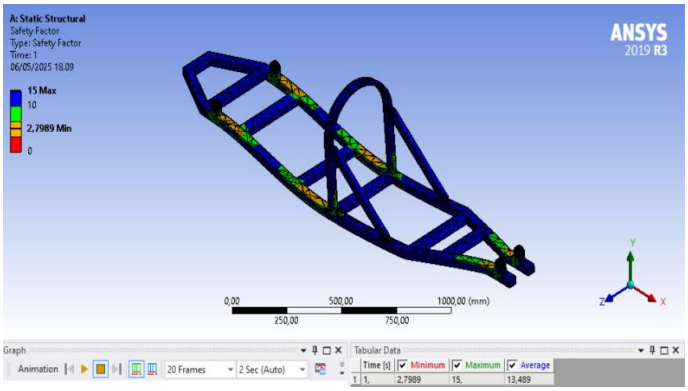
Dari gambar diatas, dapat dilihat bahwa nilai Equivalent Elastic Strain tertinggi dari chassis dengan beban pengemudi 80 kg mencapai 0,00049558 mm, sedangkan Equivalent Elastic Strain terendah adalah 5,825e-7 mm. Equivalent Elastic Strain tertinggi terlihat pada area yang diwarnai merah, sementara Equivalent Elastic Strain terendah terlihat pada area yang berwarna biru dalam gambar 4.35.

Hasil dari Von-Mises yang melibatkan beban pengemudi seberat 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.36.



Gambar 4.36 *Von-Mises Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Dari hasil pengecekan yang dilakukan dengan bobot pengemudi sebesar 80 kg, ditemukan tegangan maksimum mencapai 89,32 MPa, yang terletak pada area yang ditunjukkan oleh gambar di atas, sedangkan tegangan minimum tercatat sebesar 0,039468 MPa. Adapun nilai Safety Factor yang didapatkan dari hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 4.37.

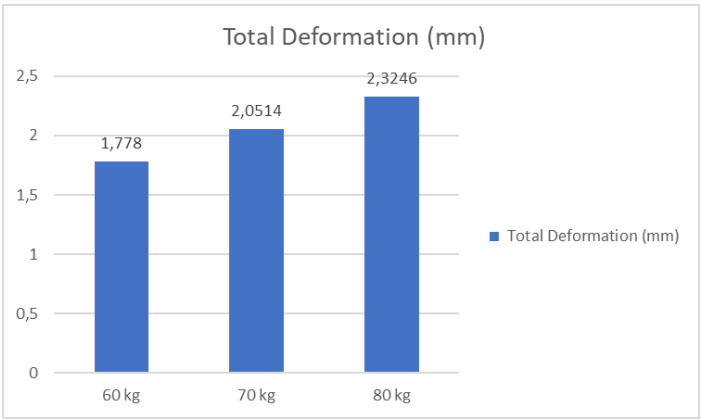


Gambar 4.37 *Safety Factor Chassis* Beban Pengemudi 80 kg

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 2,7989 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

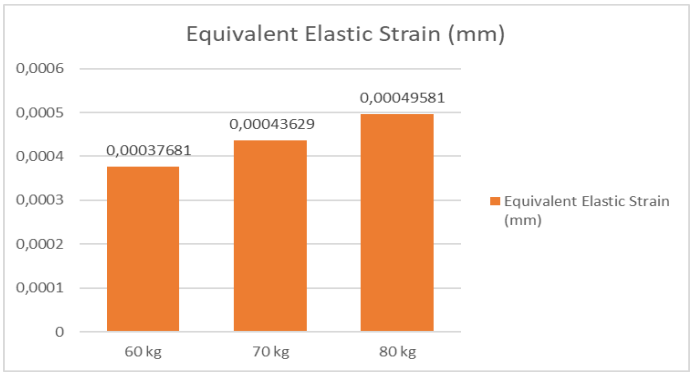
4.6 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Statis

Perbandingan Total Deformation yang dihasilkan oleh pengemudi dengan berat antara 60 kg hingga 80 kg yang telah dihitung menggunakan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4.38.



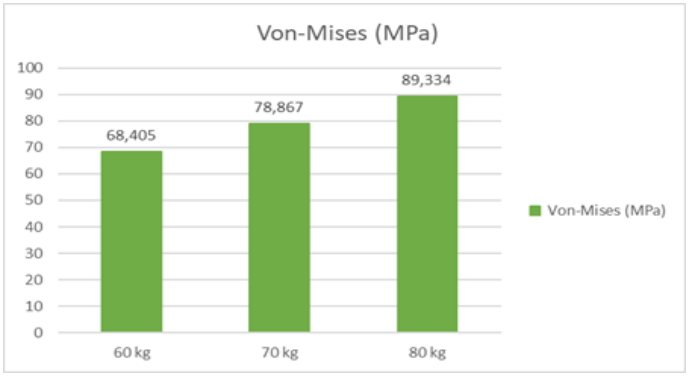
Gambar 4.38 Grafik Perbandingan Total Deformation

Perbandingan Equivalent Elastic Strain dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.39.



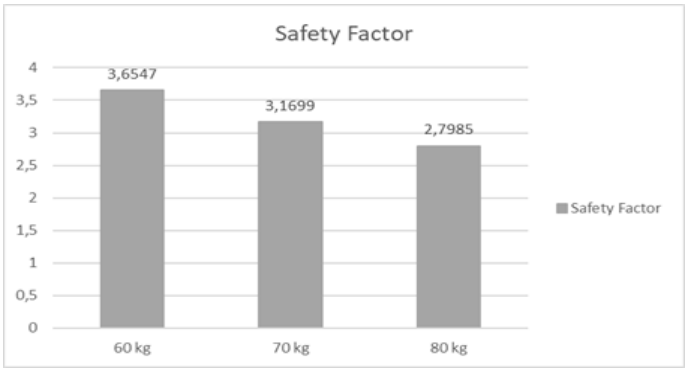
Gambar 4.39 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain

Perbandingan Von- mises dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Grafik Perbandingan *Von-Mises*

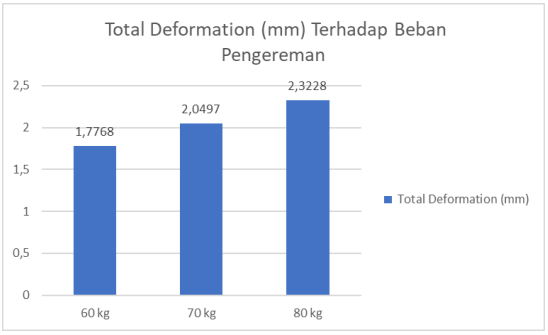
Safety factor merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Pada chassis mobil listrik hemat energi kategori prototype perbandingan safety factor chassis dari beban pengemudi 60 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.41.



Gambar 4.41 Grafik Perbandingan *Safety Factor*

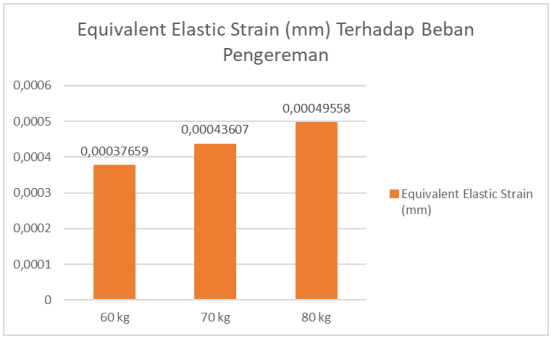
4.7 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Pengereman

Perbandingan Total Deformation yang dihasilkan oleh pengemudi dengan berat antara 60 kg hingga 80 kg yang telah dihitung menggunakan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4.42.



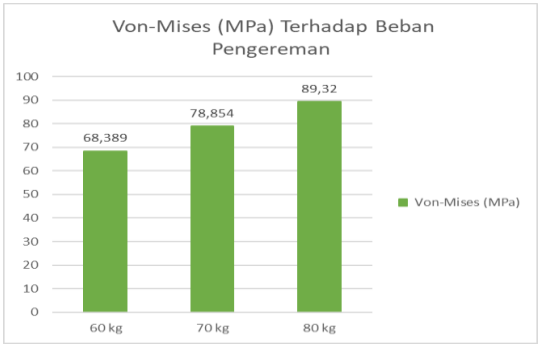
Gambar 4.42 Grafik Perbandingan Total Deformation

Perbandingan Equivalent Elastic Strain dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.43.



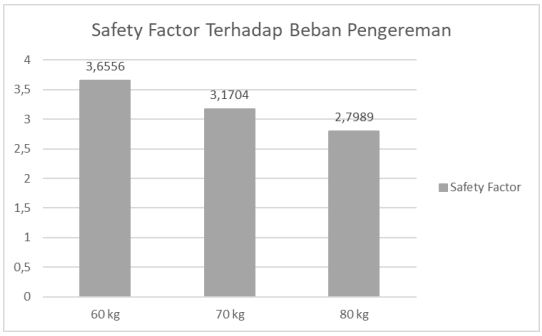
Gambar 4.43 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain

Perbandingan Von- mises dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.44.



Gambar 4.44 Grafik Perbandingan *Von-Mises*

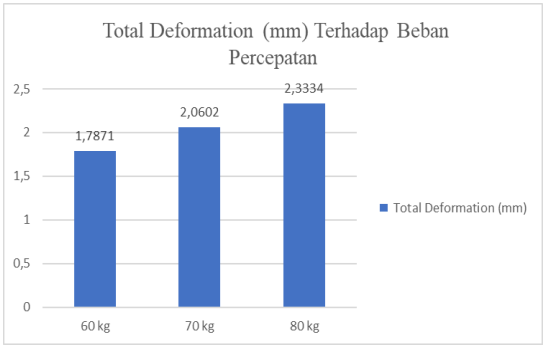
Safety factor merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Pada chassis mobil listrik hemat energi kategori prototype perbandingan safety factor chassis dari beban pengemudi 60 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.45.



Gambar 4.45 Grafik Perbandingan *Safety Factor*

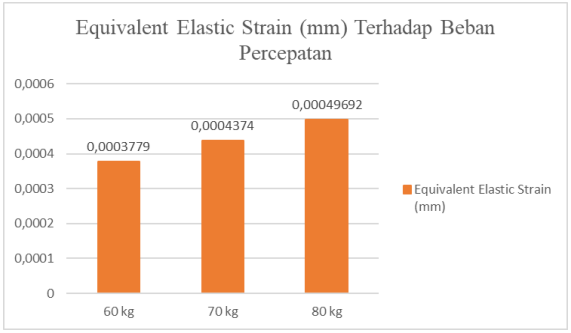
4.8 Grafik Perbandingan Hasil Simulasi Pembebanan Percepatan

Perbandingan Total Deformation yang dihasilkan oleh pengemudi dengan berat antara 60 kg hingga 80 kg yang telah dihitung menggunakan perangkat lunak dapat dilihat pada Gambar 4.46.



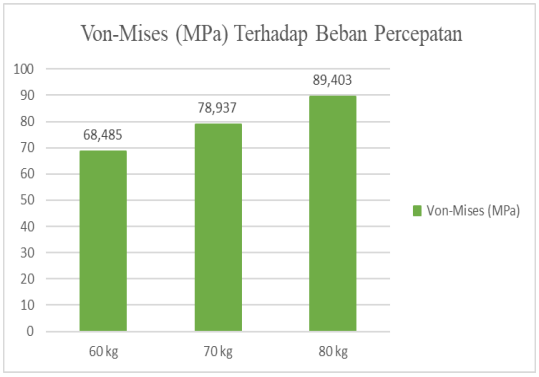
Gambar 4.46 Grafik Perbandingan Total Deformation

Perbandingan Equivalent Elastic Strain dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.47.



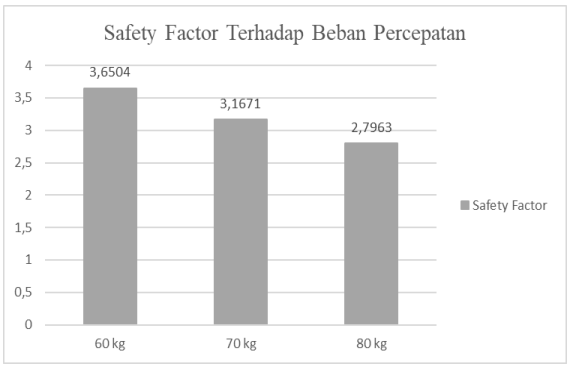
Gambar 4.47 Grafik Perbandingan Equivalent Elastic Strain

Perbandingan Von-mises dari beban pengemudi 60 kg s/d 80 kg yang sudah di kalkulasikan pada softaware dapat dilihat pada Gambar 4.48.



Gambar 4.48 Grafik Perbandingan *Von-Mises*

Safety factor merupakan kriteria penentu dari suatu elemen mesin yang akan digunakan. Pada chassis mobil listrik hemat energi kategori prototype perbandingan safety factor chassis dari beban pengemudi 60 s/d 80 kg dapat dilihat pada Gambar 4.49.



Gambar 4.49 Grafik Perbandingan *Safety Factor*

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dengan memanfaatkan perangkat lunak Ansys yang berlandaskan pada metode elemen hingga, kita bisa lebih mudah memahami kekuatan dari rangka. Dari penelitian dan analisis yang telah dilaksanakan. Ditemukan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Setelah menjalani tahap perencanaan dan desain yang diteliti, kerangka kedaraan hemat energi ini akhirnya berhasil direalisasikan dan divisualisasikan dengan baik melalui aplikasi SolidWorks. Rangka ini dibuat menggunakan bahan low carbon steel dengan profil hollow berukuran 40 x 40, yang dikenal karena kemampuannya yang mudah dibentuk, kekuatannya, serta efisiensi dalam hal biaya.
2. Berdasarkan analisis simulasi statis menggunakan ANSYS, frame mobil hemat energi yang dibuat dari material baja karbon rendah menunjukkan kemampuan yang baik dalam menerima beban statis. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada struktur masih berada di bawah batas luluh (yield strength) material, sehingga tidak terjadi deformasi permanen pada frame.Distribusi tegangan yang divisualisasikan dalam ANSYS membantu mengidentifikasi area rawan tegangan tinggi, dan menunjukkan bahwa beban statis seperti berat pengemudi, baterai, dan komponen utama kendaraan tersebar merata tanpa menyebabkan kegagalan struktural. Selain itu, nilai deformasi yang dihasilkan masih dalam batas aman, membuktikan bahwa frame memiliki kekakuan dan kestabilan struktural yang memadai.Beban yang direkomendasikan adalah 70 kg yang dimana beban stasis 70kg adalah, deformation 2,0514mm, equivalent elastic strain 0,00043629 mm, von-mises 78,967 mpa, safety factor 3,1699. Beban percepatan adalah, deformation 2,0602mm, equivalent elastic strain 0,0004374mm, von-mises 78,937 mpa, safety factor 3,1671. Beban pengereman adalah, deformation 2,0497 mm, equivalent elastic strain 0,00043607 mm, von-mises 78,854 mpa, safety factor 3,1704. Kenapa tidak menggunakan beban 60-80 kg,

beban seberat 80 kg dapat ditangani dengan aman, namun tingkat marginnya lebih rendah (2,7989), sehingga mungkin tidak ideal untuk beban yang lebih berat atau tambahan beban yang bersifat dinamis. Beban seberat 60 kg menciptakan faktor keselamatn yang sangat besar yaitu 3,6556, tetapi hal ini dapat menunjukkan bahwa struktur mungkin terlalu dirancang dengan berlebihan dan berat rata-rata pengemudi dewasa (mahasiswa atau masyarakat umum) di Indonesia berada dalam kisaran 65 hingga 75kg.

3. Metode Analisis Elemen Hingga terbukti sangat efektif dalam mengevaluasi kekuatan rangka frame mobil hemat energi. Melalui simulasi numerik, FEA mampu memodelkan respon struktur terhadap beban statis secara detail, termasuk distribusi tegangan, deformasi, dan konsentrasi tegangan di area kritis. Ini memungkinkan perancang untuk mengidentifikasi potensi kegagalan struktur jauh sebelum proses manufaktur dilakukan.Dengan memanfaatkan perangkat lunak seperti ANSYS, proses evaluasi menjadi lebih cepat, efisien, dan akurat dibandingkan metode uji fisik konvensional. FEA juga memungkinkan optimasi desain rangka agar tetap ringan namun kuat, yang sangat penting dalam pengembangan mobil hemat energi.Secara keseluruhan, metode analisis elemen hingga memberikan data teknis yang komprehensif, mengurangi biaya prototipe, dan meningkatkan keandalan desain rangka mobil hemat energi, sehingga layak dijadikan alat utama dalam proses rekayasa dan pengembangan struktur kendaraan.Adapun beberapa beban batas low carbon steel terhadap hasil pengujian dari Von-Mises, hasil von-mises dari beban statis 60kg adalah 68,405 mpa, 70kg 78,867 mpa, 80kg 89,334 mpa dari hasil tersebut masih dibatas aman pada bahan material low carbon steel. Hasil von-mises dari beban pengereman 60kg adalah 68,485 mpa, 70kg 78,937 mpa, 80kg 89,403 mpa dari hasil tersebut masih dibatas aman pada bahan material low carbon steel. Hasil von-mises dari beban statis 60kg adalah 68,389 mpa, 70kg 78,854 mpa, 80kg 89,32 mpa dari hasil tersebut masih dibatas aman pada bahan material low carbon steel.Dara hasil tersebut bahwasannya didesain tersebut aman dan kuat untuk dipakai.

5.2 Saran

1. Dalam rangka mengembangkan studi ini sebegai usaha untuk memperoleh material dan desain rangka yang lebih ringan serta lebih tahan lama.
2. Gambar desain chassis yang akan diujikan diperangkat lunak Ansys perlu diperiksa terlebih dahulu untuk menghindari potensi kesalahan, sehingga hasil dari simulasi dapat menjadi tepat.
3. Pemberian beban saat melakukan simulasi diperangkat lunak ansys perlu diperhatikan dengan seksama agar bisa mencapai hasil yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

Adiwiyata, I. (2017). *Analisa Finite Element Method (FEM) Untuk Friction Stir Welding*. 101.

Anggry A. (2021). *Kekuatan Bahan : Tegangan Dan Regangan Pada Batang*.

Darianto, D., Siregar, A., Umroh, B., & Kurniadi, D. (2019). Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, *3*(1), 39. https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2443

Dewa, Y. (2021). Rancang Bangun Chassis Tubular Prototype Car Ethanol Berbahan Alumunium 6061. *Universitas Muhammadiyah Ponorogo.*, *4*(80), 4.

Kemendikbudristek. (2024). *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) Perguruan Tinggi 2024*.

Kristanto, A. (2023). Modul Praktikum Gambar Teknik Gasal 2022/2023. .

Mauliddiyah, N. L. (2021). *KARAKTERISTIK BAJA KARBON RENDAH HASIL PROSES QUENCHING*. 6.

Mulyadi, S., Kustanto, M. N., Prasetyo, C. A., Jatisukamto, G., Qoryah, R. D. H., Hermawan, Y., & Darsin, M. (2022). Analisis Tegangan Prinsipal Pada Chassis Mobil Listrik Tipe Prototype. *Elemen : Jurnal Teknik Mesin*, *9*(1), 24–30. https://doi.org/10.34128/je.v9i1.189

Mulyati. (2014). Mekanikan Bahan, Tegangan dan Regangan. *Mechanical Engineering*, 1–20.

Ramadhana, R. F. (2024). Analisis Pembebanan Pada Desain Chassis Prototype Mobil Listrik Hemat Energi Menggunakan Software Autodesk Inventor 2019. In *Universitas Malikussaleh*.

Rika Widianita, D. (2023). SIMULASI STRUKTUR RANGKA MESIN PENCACAH SABUT KELAPA MENGGUNAKAN SOFTWARE ANSYS WORKBENCH. *AT-TAWASSUTH: Jurnal Ekonomi Islam*, *VIII*(I), 1–19.

Saputro, B., & Pranoto, H. (2022). Analisis kegagalan dengan metode elemen hingga pada chassis mobil listrik Geni Biru KMHE 2020. *Journal of New Energies and Manufacturing (JONEM)*, *1*(1), 32–40.

Siregar, A. R. A. (2018). *Konstruksi Dan Manufaktur Rancang Bangun Chassis Pada Mobil Hemat Energi (MHE*. http://repository.umsu.ac.id/handle/123456789/11017%0Ahttp://repository.umsu.ac.id/bitstream/handle/123456789/11017/RANCANG BANGUN CHASSIS PADA MOBIL HEMAT ENERGI %28MHE%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Tanjung, I., & Rudi Nasution, A. (2022). Analisis Numerik Kekuatan Tarik Plat Baja Karbon Rendah Yang Disambung Dengan Pengelasan Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* |, *7*(1), 2528–3723. http://doi.org/10.21070/rem.v7i1.1630

Teguh, I., Syafri, S., & Nazaruddin, N. (2018). Perancangan Dan Analisis Statik Sistem Rangka Asykar Proto Mobil Hemat Energi. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*, *5*(1), 1–7.

Wibowo, M. Y., Maulana, I., Ghyferi, A. A., Kurniawan, B. A., & Nuril, M. (2022). Perancangan Chassis Prototype Mobil Warak dan Simulasi Statik dengan Metode Finite Element Analysis. *Jurnal Mekanik Terapan*, *3*(3), 86–92. https://doi.org/10.32722/jmt.v3i3.5138

Widianto, N. (2016). Kendaraan Jenis Urban Concept Sesuai Regulasi Kontes Mobil Hemat Energi 2015. *Repository UNJ*.http://repository.unj.ac.id/31668/#:~:text=NUR WIDIANTO%2C. %282016%29 DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN PADA,HEMAT ENERGI 2015. Sarjana thesis%2C UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA.

Lampiran 1.SK Pembimbing

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS TEKNIK

UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAN-PT/Ak.Ppj/PT/III/2024
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003
https://fatek.umsu.ac.id fatek@umsu.ac.id umsumedan umsumedan umsumedan umsumedan

PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING

Nomor : 2112/II.3AU/UMSU-07/F/2024

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 13 November 2024 dengan ini Menetapkan :

Nama	: RISTO RAMADHAN SARAGIH
Npm	: 2107230048
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Semester	: 7 (Tujuh)
Judul Tugas Akhir	: ANALISIS DISTRIBUSI TEGANGAN FRAME MOBIL HEMAT ENERGI UMSU BERBAHAN LOW CARBON STEEL PROFIL HOLLOW MENGGUNAKAN SOFTWARE METODE ELEMEN HINGGA .
Pembimbing	: IQBAL TANJUNG ST.MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik MESIN
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya

Medan, 11 Jumadil Awal 1446 H
15 November 2024 M

Dekan

Munawar Alfansury Siregar, ST.,MT
NIDN: 0101017202

LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

Judul	:	Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi UMSU Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan Software Metode Elemen Hingga
Nama	:	Risto Ramadhan Saragih
NPM	:	2107230048
Dosen Pembimbing	:	Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Kamis / 07-08-2025	perbaiki Daftar pustaka	
2.	Jumat / 08-08-2025	perbaiki kesimpulan dan saran	
3.	sabtu / 09-08-2025	Rapikan penulisan	
4.	sabtu / 09-08-2025	buat grafik	
5.	senin / 11-08-2025	perbaiki grafik	
6.	selasa / 12-08-2025	Rapikan penyusunan skripsi	
7.	selasa / 12-08-2025	Tambahkan daftar isi	

Dosen Pembimbing

Iqbal Tanjung, S.T., M.T.

DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025

Peserta seminar
Nama : Risto Ramadhan Saragih
NPM : 2107230048
Judul Tugas Akhir : Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi Umsu Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan Software Metode Elemen Hingga .

DAFTAR HADIR			**TANDA TANGAN**
Pembimbing – I		**Iqbal Tanjung ST.MT**	:.....
Pembanding – I		**: Assoc Prof Ir Amiruddin M.Si**	:.....
Pembanding – II		**: Dr Sudirman Lubis ST.MT**	: .....

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1907230151	Dwi Putra Afmojo	
2	1907230169	ARMANSYAH MST	
3	2007230147	Raja Azira Utama	
4	2307230196P	Dico Martdiansyah	
5	2107230142	ADAM PERDANA	
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Risto Ramadhan Saragih
NPM : 2107230048
Judul Tugas Akhir : Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi Umsu Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan SoftWare Metode Elemen Hingga.

Dosen Pembanding – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si
Dosen Pembanding – II : Dr Sudirman Lubis ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
   - Software, Metode Elemen Hingga
   - Simulasi
   - Kesimpulan / Saran
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :

Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding I

Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si

DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

Nama : Risto Ramadhan Saragih
NPM : 2107230048
Judul Tugas Akhir : Analisis Distribusi Tegangan Frame Mobil Hemat Energi Umsu Berbahan Low Carbon Steel Profil Hollow Menggunakan SoftWare Metode Elemen Hingga .

Dosen Pembanding – I : Assoc Prof Ir Arfis Amiruddin M.Si
Dosen Pembanding – II : Dr Sudirman Lubis ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Iqbal Tanjung ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
   - Perbaiki daftar pustaka (tambah)
   - Perbaiki gambar
   .....
   .....
3. Harus mengikuti seminar kembali
   Perbaikan :
   .....
   .....
   .....
   .....

Medan 09 Safar 1447 H
06 Agustus 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Chandra A Siregar ST.MT

Dosen Pembanding II

Dr Sudirman Lubis ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama	: Risto Ramadhan Saragih
Jenis Kelamin	: Laki-Laki
Tempat, Tanggal Lahir	: Medan, 07 November 2003
Alamat	: Jl.Balai Desa Gg.Wakaf No.50
Agama	: Islam
E-mail	: ristoramadhan2010@gmail.com
No. Handphone	: 082174815606

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. SD MIN Medan Sunggal	Tahun 2009-2015
2. SMP Muhammadiyah 03	Tahun 2015-2018
3. SMK Panca Budi 1 Medan	Tahun 2018-2021
4. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	Tahun 2021-2025