



Analisa Desain Chassis Mobil Listrik Satu Penumpang Dengan *Finite Element Methode*

Rizki Dwi Ardika¹⁾, Fachrul Awalludin¹⁾, Kuntang Winangun^{1*)}, Rizal Arifin¹⁾, Fadelan¹⁾, Munaji¹⁾, Yoyok Winardi¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Ponorogo, Jl. Budi Utomo No. 10, Ronowijayan, Kecamatan Ponorogo, Kabupaten Ponorogo, Jawa Timur Kode Pos 63471

e-mail: kuntang@umpo.ac.id

ABSTRAK

Dalam menganalisa desain chassis pada mobil listrik satu penumpang menggunakan *Finite Element Method* (FEM) melalui perangkat lunak Autodesk Inventor Professional 2021 lisensi *Student Version*. Chassis adalah bagian dari kendaraan yang fungsi utamanya adalah sebagai penguat rangka agar mampu menahan beban yang lebih besar. Analisa desain dibuat menggunakan Autodesk Inventor dan dianalisis dengan FEM untuk melihat distribusi tegangan, deformasi, dan safety factor. Analisis bertujuan memastikan kekuatan, kekakuan, dan efisiensi berat yang optimal. Hasilnya menunjukkan pengurangan berat chassis yang semula 15,726 kg menjadi 12,517 kg dengan menggunakan material yang sama yaitu stainless steel type 201 tanpa mengorbankan kekuatan struktural secara signifikan. Namun secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa desain chassis telah dioptimalkan dengan baik dari segi kekuatan dan efisiensi berat dan meskipun terdapat beberapa area yang menunjukkan pergeseran lebih jauh, chassis masih dalam kondisi aman untuk digunakan.

Kata Kunci: Chassis, Finite Element Methode, Autodesk Inventor, Stainless Steel 201, Analisa Desain

ABSTRACT

This Research In analyzing the design of a single-passenger electric vehicle chassis using the Finite Element Method (FEM) with Autodesk Inventor Professional 2021 (Student Version), the chassis plays a critical role in reinforcing the vehicle's frame to withstand greater loads. The design was modeled in Autodesk Inventor and analyzed using FEM to assess stress distribution, deformation, and the safety factor. The objective of the analysis was to ensure optimal strength, stiffness, and weight efficiency. The results showed a reduction in chassis weight from 15.726 kg to 12.517 kg using the same material, stainless steel type 201, without significantly compromising structural strength. Overall, the study demonstrates that the chassis design has been well-optimized in terms of strength and weight efficiency. Despite some areas exhibiting more pronounced deformation, the chassis remains safe for use.

Keywords: Chassis, Finite Element Methode, Autodesk Inventor, Stainless Steel 201, Design Analysis

1. Pendahuluan

Chassis adalah rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin serta penumpang. Chassis yang baik harus mampu menjaga agar mobil tetap rigid, kaku dan tidak mengalami bending, biasanya chassis terbuat dari kerangka baja yang memegang bodi dan engine dari sebuah kendaraan [1]. Chassis yang digunakan merupakan chassis yang termasuk dalam jenis *Ladder Frame*. *Chassis ladder frame* adalah salah satu jenis rangka kendaraan yang terdiri dari dua balok utama yang disambungkan oleh beberapa balok melintang [2]. *Chassis ladder frame* biasanya digunakan untuk kendaraan pedesaan, truk, dan bus yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan tinggi [3]. *Chassis ladder frame* memiliki beberapa keuntungan, seperti mudah dirancang,

diproduksi, dan diperbaiki, serta dapat menahan beban berat. Kekuatan dan ketahanan tinggi serta berat yang ringan dari ladder frame menjadi faktor utama yang dipertimbangkan oleh produsen kendaraan. Desain ladder frame ini dirancang dengan mempertimbangkan aspek keselamatan serta penggunaan bahan yang ringan namun kuat untuk menopang beban statis dan dinamis pada kendaraan [4]. *Chassis ladder frame* lebih mudah dan murah untuk diproduksi. Selain itu, konstruksi ladder frame juga memberikan *ground clearance* yang lebih tinggi serta lebih fleksibel dan kuat untuk menahan beban. Namun, di balik keunggulannya, *chassis ladder frame* juga memiliki beberapa kekurangan. Pertama, karena konstruksi chassis dan bodi yang terpisah, bobot keseluruhan menjadi lebih berat. Selain itu, dengan *ground clearance* yang

tinggi, kendaraan menjadi lebih rentan mengalami limbung atau *body roll*. Dari segi keamanan, *ladder frame* umumnya tidak dilengkapi dengan konstruksi *crumple zone* (zona benturan).

Desain *ladder frame* ini mempertimbangkan aspek keselamatan, kenyamanan, serta pemilihan bahan yang ringan dan kuat untuk mendukung beban statis dan dinamis pada kendaraan tersebut. Diharapkan desain *chassis* ini bisa terwujud agar dapat digunakan untuk mengikuti lomba di tahun mendatang dan dapat menjadi acuan untuk mobil konvensional.

2. Metode

Alat yang digunakan berupa perangkat keras atau *hardware* dan perangkat lunak atau *software*. Adapun perangkat keras yang digunakan dalam melakukan simulasi analisis *chassis* sebagai berikut :

A. Perangkat Keras

- Processor: Intel(R) Xeon(R) E-218G CPU @ 3.80GHz 3.79GHz
- RAM: 16 GB
- VGA: NVIDIA Quadro P1000
- Storage: 1 TB HDD, 1 TB SSD

B. Perangkat Lunak

- *Software Autodesk Inventor Professional* Tahun 2021
- Lisensi *Student Version*

Dalam penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan, adapun tahapan-tahapan yang dilakukan yaitu :

- Studi literatur dengan mencari jurnal, buku, dan artikel terkait FEM dan mencari tutorial FEM di internet.
- Menentukan jenis material yang digunakan. Material yang digunakan adalah *stainless steel 201*. Data komposisi unsur dan sifat mekanik *stainless steel 201* dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Unsur *Stainless Steel 201*

Komposisi Unsur (%)	
Fe	71,20
Ni	4,61
Cr	17,0
Mn	6,71
Si	0,288
Cu	0,341
V	0,103
P	0,025
Mo	0,0050
Nb	0,003
Ti	0,0265
C	0,030
S	0,020

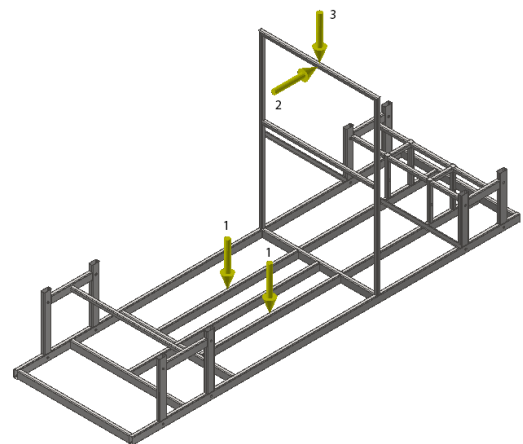
Tabel 2. Sifat Mekanik *Stainless Steel 201* [5].

Sifat Mekanik <i>Stainless Steel type 201</i>	
Kekuatan Tarik	540 MPa
Yield Strength	275 MPa
Elongation	50 %
Kekerasan	87 HR_B

- Menentukan berat beban serta titik pembebanan yang akan dimasukkan ke dalam simulasi FEM. Beban yang digunakan 700 N dengan titik pembebanan berada pada titik driver, titik tengah roll bar arah vertikal dan horizontal. Pengujian tersebut berdasarkan pada ketentuan yang ada pada pedoman KMHE 2024.
- Tahapan pemodelan melalui *software Autodesk Inventor* digunakan untuk memodelkan steering knuckle berdasarkan beban yang paling berat diterima. Untuk memastikan bahwa outputnya sesuai dengan harapan.
- Tahapan analisis dan pembahasan berdasarkan hasil simulasi FEM chassis. Hasil dari simulasi terdiri dari beberapa aspek yakni *displacement*, *von misses stress* dan *safety factor*.

3. Hasil dan Pembahasan

Titik pembebanan merupakan elemen krusial dalam desain dan analisis struktural, karena lokasi dan distribusi beban dapat mempengaruhi performa serta umur sebuah komponen secara signifikan. Penentuan titik pembebanan yang tepat memungkinkan untuk memprediksi respon struktural, termasuk *deformasi* dan tegangan yang terjadi pada material saat beban diaplikasikan.



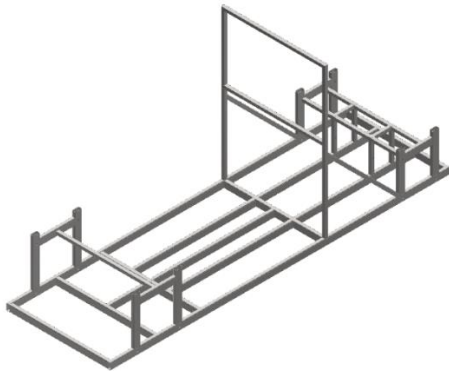
Gambar 1. Lokasi Titik Pembebanan

Keterangan Gambar 1:

- Panah 1: Titik pembebanan driver
- Panah 2: Titik pembebanan roll bar horizontal
- Panah 3: Titik pembebanan roll bar vertikal

3.1 Hasil FEM Chassis Awal

Simulasi yang akan diterapkan pada chassis adalah dengan menguji ketahanan chassis terhadap beban statik sebesar 700 N (~70 kg) pada titik driver dan roll bar arah vertikal dan horizontal. Proses optimasi desain chassis dimulai dengan identifikasi persyaratan desain yang mencakup kekuatan struktural serta berat komponen yang harus dioptimalkan. Setelah itu, dilakukan pemodelan menggunakan perangkat lunak CAD, yang kemudian dianalisis menggunakan metode elemen hingga (FEM) untuk mengevaluasi kinerja struktural dan distribusi tegangan.



Gambar 2. Desain Chassis Awal

Pada desain chassis awal, massa dan spesifikasi komponen dengan menggunakan material stainless steel 201 dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Physical Chassis Awal

Physical	
Mass	15,7263 kg
Area	39488,215 mm ²
Volume	1965,787 mm ³

Tabel 4. Material Chassis Awal

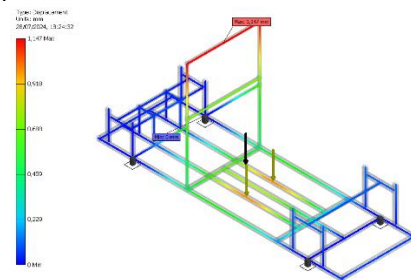
Material's		
Name	Stainless Steel type 201	
General	Mass Density	8 g/cm ³
	Yield Strength	250 MPa
	Tensile Strength	540 MPa
	Young's Modulus	193 GPa
Stress	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	74,2308 GPa

Chassis model awal perlu dilakukan analisis FEM untuk mengetahui distribusi tegangan, deformasi, serta melihat titik bahaya yang memungkinkan chassis mengalami patah pada bagian tertentu atau hal yang membahayakan lainnya [6]. Keakuratan hasil analisis tergantung dari 3 parameter yang sangat penting yaitu; Material, Constrain (bagian yang diam), dan loads (beban) yang akan diberikan. Untuk mendapatkan

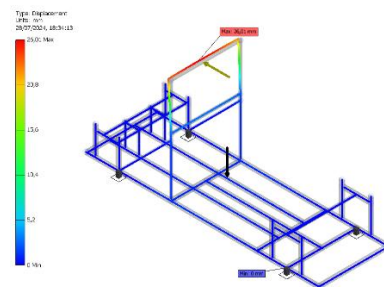
hasil yang valid peneliti harus memastikan bahwa properti dari material benar-benar mewakili material yang akan di gunakan. Demikian juga constrain dan loads, kedua hal tersebut harus mewakili kondisi kerja dari benda dilapangan. Pada data beban yang dapat ditahan oleh chassis adalah 700 N terhadap beban statis berdasarkan data pada saat Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2024.

A. Displacement

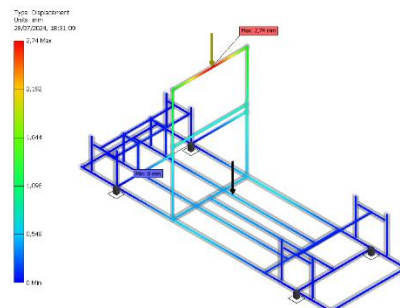
Fitur displacement dalam frame analysis pada Autodesk Inventor adalah alat yang digunakan untuk mengukur seberapa jauh sambungan kerangka bergerak atau berubah bentuk ketika diberi beban [7]. Dalam analisis ini, Autodesk Inventor akan menunjukkan pergeseran atau deformasi yang terjadi pada komponen dalam bentuk grafik berwarna, sehingga kita bisa melihat area yang mengalami perubahan paling signifikan [8]. Dengan fitur ini, pengguna dapat mengevaluasi apakah komponen tersebut masih dalam batas aman penggunaan atau perlu diperbaiki untuk menghindari kerusakan atau kegagalan fungsi. Fitur ini sangat membantu dalam memastikan desain produk kuat dan andal sebelum diproduksi



Gambar 3. Displacement Chassis Awal Titik Beban Driver



Gambar 4. Displacement Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Horizontal

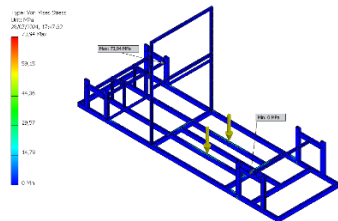


Gambar 5. Displacement Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Vertikal

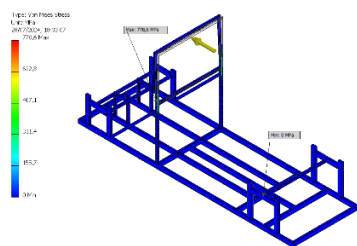
Hasil analisis *displacement* menunjukkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk pada titik pembebanan di driver pada Gambar 3 dengan nilai maksimum 1,147 mm. Pada titik pembebanan di *roll bar* horizontal pada Gambar 4 nilai maksimum 26,06 mm. Dan pada titik pembebanan *roll bar* vertikal pada Gambar 5 nilai maksimum 2,74 mm. Nilai maksimum deformasi ini mengindikasikan bahwa pada titik tertentu, komponen mengalami perubahan bentuk sebesar 1,147 mm jika beban berada pada titik driver, 26,006 mm pada titik *roll bar* horizontal dan 2,740 mm pada titik *roll bar* vertikal. Nilai minimum menunjukkan bahwa ada bagian dari komponen yang tidak mengalami perubahan bentuk sama sekali, yang mengindikasikan distribusi beban yang tidak merata atau titik-titik tertentu yang mendukung beban dengan baik.

B. Von Misses

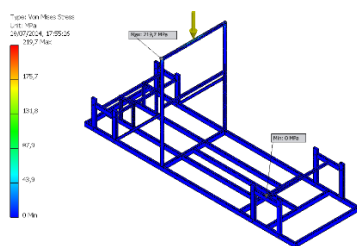
Von Mises Stress adalah ukuran tegangan yang digunakan untuk menentukan apakah material akan mengalami deformasi plastis permanen di bawah beban tertentu [9]. Ini menggabungkan berbagai jenis tegangan yang dialami material seperti tegangan tarik dan tekan menjadi satu nilai tunggal. Jika nilai *Von Mises Stress* melebihi kekuatan material, maka material akan mulai mengalami deformasi atau bahkan patah. *Von Mises Stress* membantu memahami apakah desain cukup kuat dan aman untuk digunakan dalam kondisi nyata.



Gambar 6. Von Misses Chassis Awal Titik Beban Driver



Gambar 7. Von Misses Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Horizontal

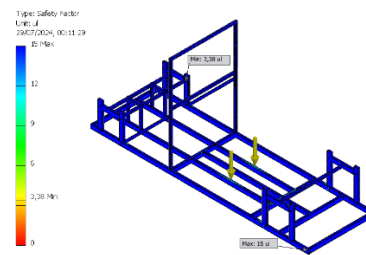


Gambar 8. Von Misses Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Vertikal

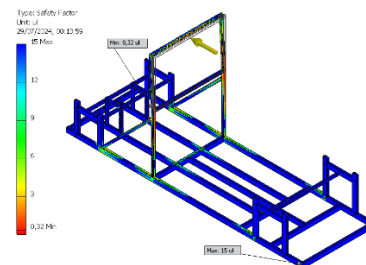
Terlihat pada Gambar 6 bahwa *chassis* model awal mengalami tegangan luluh dengan nilai maksimum 73,94 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa pembebanan pada titik driver. Pada Gambar 7 nilai maksimum 778,6 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa pembebanan pada titik *roll bar* horizontal. Pada Gambar 8 nilai maksimum 219,7 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa pembebanan pada titik *roll bar* vertikal.

C. Safety Factor

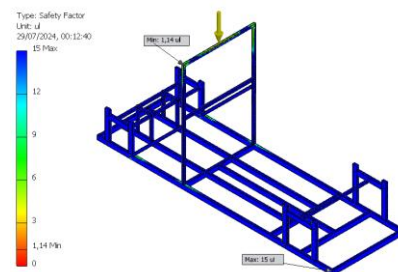
Fitur *safety factor* dalam *stress analysis* pada Autodesk Inventor adalah alat yang digunakan untuk menilai seberapa aman suatu desain komponen ketika diberi beban tertentu [10]. *Safety factor* menunjukkan perbandingan antara kekuatan material dan tegangan yang diterima, sehingga kita dapat mengetahui apakah komponen tersebut cukup kuat untuk menahan beban tanpa mengalami kerusakan.



Gambar 9. Safety Factor Chassis Awal Titik Beban Driver



Gambar 10. Safety Factor Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Horizontal

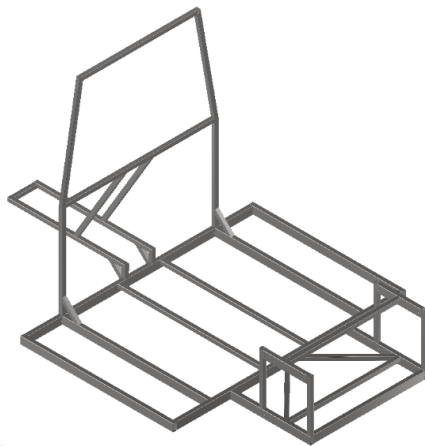


Gambar 11. Safety Factor Chassis Awal Titik Beban Roll Bar Vertikal

Nilai *safety factor* pada Gambar 9 menunjukkan nilai minimal sebesar 3,38 ul dan nilai maksimal sebesar 15 ul pada titik beban driver, pada Gambar 10 menunjukkan nilai minimal sebesar 0,32 ul dan nilai maksimal sebesar 15 ul pada titik beban *roll bar* horizontal, pada Gambar 11 menunjukkan nilai minimal sebesar 1,14 ul dan nilai maksimal sebesar 15 ul pada titik beban *roll bar* vertikal.

3.2 Hasil FEM Chassis Baru

Fungsi optimasi desain adalah untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja suatu produk atau komponen dengan meminimalkan berat dan biaya sambil tetap memenuhi atau melampaui persyaratan kinerja dan keselamatan. Proses ini melibatkan analisis dan penyesuaian berbagai parameter desain untuk menemukan konfigurasi yang paling optimal, sehingga produk menjadi lebih ringan, kuat, dan ekonomis tanpa mengorbankan kualitas atau daya tahan. Dalam konteks teknik, optimasi desain memastikan bahwa setiap aspek dari produk bekerja pada tingkat optimalnya, menghasilkan solusi yang lebih inovatif dan kompetitif. Peneliti telah melakukan optimasi yaitu mengurangi dan menambahkan desain, sehingga kinerja chassis bisa lebih maksimal dan efisien.



Gambar 12. Desain Chassis Baru

Desain chassis baru, massa dan dan spesifikasi komponen dengan menggunakan material *stainless steel 201* dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6

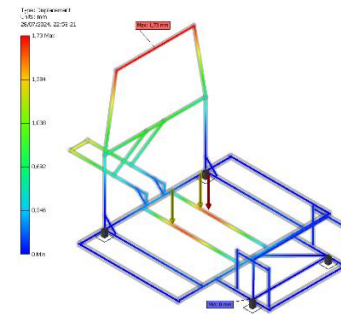
Tabel 5. Physical Chassis Baru

Physical	
Mass	12,517 kg
Area	32571,580 mm ²
Volume	1564,599 mm ³
Center of Gravity	x = 396,523 mm
	y = 398,418 mm
	z = 587,227 mm

Tabel 6. Material Chassis Baru

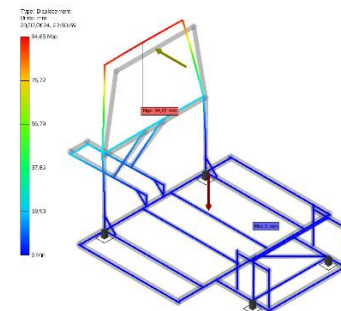
Material's		
Name	Stainless Steel type 201	
General	Mass Density	8 g/cm ³
	Yield Strength	250 MPa
	Tensile Strength	540 MPa
	Young's Modulus	193 GPa
Stress	Poisson's Ratio	0,3 ul
	Shear Modulus	74,2308 GPa

A. Displacement



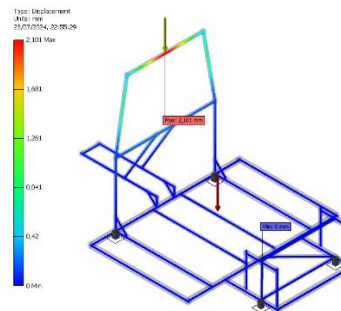
Gambar 13. Displacement Chassis Baru Titik Beban Driver

Hasil analisis displacement menunjukkan terjadinya deformasi atau perubahan bentuk. Panah warna merah menunjukkan arah gravitasi dan panah warna kuning menunjukkan titik pembebanan berada. Pada titik pembebanan di driver pada gambar 13 dengan menempatkan beban sebesar 700 N, nilai maksimum yang didapat adalah 1,73 mm. Bagian yang berwarna merah menunjukkan area tersebut mendapatkan nilai maksimum sebesar 1,73 mm.



Gambar 14. Displacement Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Horizontal

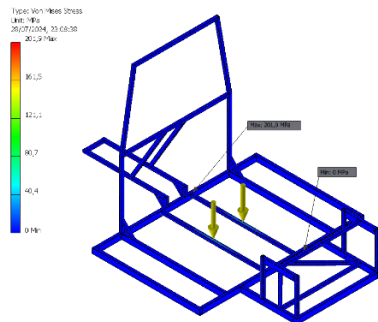
Pada titik pembebanan di *roll bar* horizontal terlihat di Gambar 14, beban yang digunakan adalah sebesar 700 N, sehingga nilai maksimum yang didapat adalah 94,65 mm. Warna merah tersebut menunjukkan bahwa nilai maksimum yang didapat berada pada area *roll bar* dan tidak menyebar ke bagian yang lain.



Gambar 15. Displacement Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Vertikal

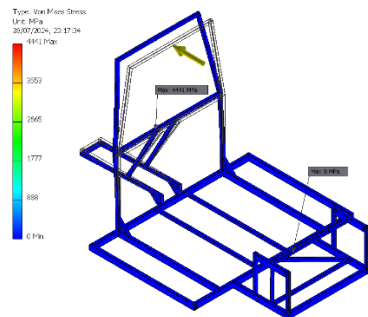
Dan pada titik pembebanan *roll bar* vertikal dengan beban 700 N pada Gambar 15, nilai maksimumnya adalah 2,101 mm. Tentunya pergeseran ini tergolong cukup wajar dan masih aman untuk menahan beban yang diberikan.

B. Von Misses



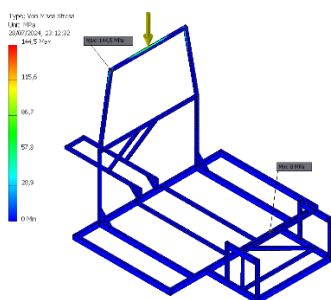
Gambar 16. Von Misses Chassis Baru Titik Beban Driver

Pada Gambar 16 menunjukkan bahwa chassis mengalami tegangan luluh dengan nilai maksimum 201,9 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa pembebanan pada titik driver. Beban yang digunakan adalah 700 N yang berada pada panah kuning. Panah berwarna kuning menunjukkan titik pembebanan berada.



Gambar 17. Von Misses Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Horizontal

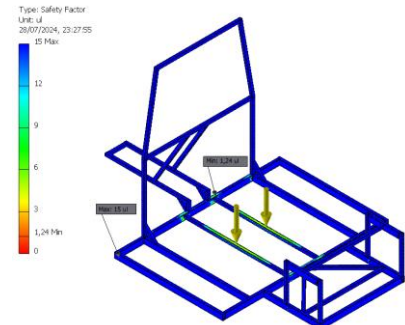
Pada Gambar 17 menunjukkan visualisasi dari hasil pembebanan 700 N pada panah kuning. Panah kuning juga menunjukkan arah pembebanan yang digunakan pada *roll bar* pada saat pengujian. Sehingga nilai maksimum yang didapat 4441 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa.



Gambar 18. Von Misses Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Vertikal

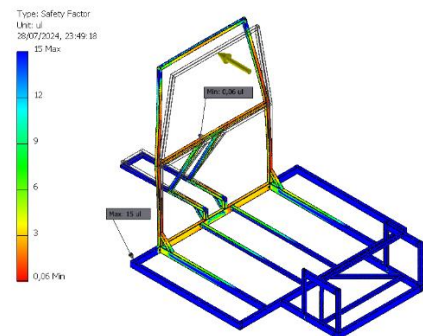
Pada Gambar 18, pembebanan menggunakan arah vertikal dengan menggunakan beban sebesar 700 N. Panah kuning menunjukkan titik pembebanan dan arah beban. Dengan hal tersebut maka menunjukkan nilai maksimum 144,5 Mpa dan nilai minimum 0 Mpa pembebanan pada titik *roll bar* vertikal.

C. Safety Factor



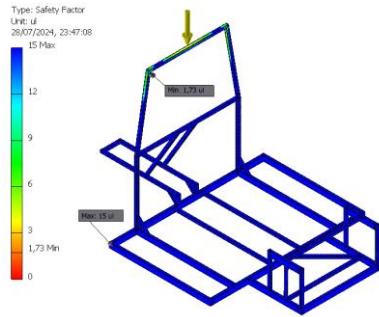
Gambar 19. Safety Factor Chassis Baru Titik Beban Driver

Gambar 19 menunjukkan hasil *safety factor* dengan nilai minimal sebesar 1,24 ul dan nilai maksimal sebesar 15 ul. Panah kuning menunjukkan titik beban driver dan arah yang digunakan. Dengan menggunakan beban sebesar 700 N, nilai minimum berada pada area sekitar titik beban.



Gambar 20. Safety Factor Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Horizontal

Pada Gambar 20 pembebanan sebesar 700 N berada pada tengah *roll bar* dengan arah horizontal, ditunjukkan oleh panah kuning. Nilai minimal yang didapat sebesar 0,006 ul dan nilai maksimal 15 ul. Area yang berwarna merah merupakan area yang terdapat nilai minimum tersebut, sedangkan nilai maksimum berada di area yang berwarna biru.



Gambar 21. Safety Factor Chassis Baru Titik Beban Roll Bar Vertikal

Nilai minimum sebesar 1,73 ul dan nilai maksimal 15 ul terlihat pada Gambar 21. Beban yang digunakan sebesar 700 N dengan arah vertikal seperti yang ditunjukkan oleh panah kuning. Nilai minimum tersebut berada pada bagian roll bar atas. Hal ini menunjukkan bahwa bagian utama desain chassis tersebut mampu memberikan performa optimal dan keandalan kendaraan dalam berbagai kondisi operasional.

3.3 Perbandingan Hasil

Tabel 7. Perbandingan Physical Chassis

PERBANDINGAN		
	Chassis Awal	Chassis Baru
Mass	15,726 kg	12,517 kg
Area	39488,215 mm ²	32571,580 mm ²
Volume	1965,787 mm ³	1564,599 mm ³

Tabel 7 menunjukkan perbandingan nilai fisik dari chassis yang dibuat dengan material yang sama, tetapi memiliki desain yang berbeda. Dari tabel tersebut, terlihat bahwa nilai fisik chassis yang dioptimasi lebih kecil dibandingkan dengan chassis model awal. Perbedaan ini disebabkan oleh desain chassis yang lebih ringan dan konstruksi yang lebih sederhana pada chassis yang dioptimasi. Dengan kata lain, optimasi desain telah berhasil mengurangi berat chassis. Pengurangan berat ini merupakan salah satu tujuan utama dari penelitian ini, dan hasil dari Tabel 7 menunjukkan bahwa tujuan tersebut telah tercapai.

Tabel 18 menyajikan hasil dari beberapa simulasi yang telah dilakukan. Dari hasil tersebut, terlihat bahwa nilai-nilai displacement, tegangan von Mises, dan faktor keamanan mengalami perubahan yang cukup signifikan pada kondisi pembebanan horizontal. Namun, perubahan tersebut masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima. Meskipun demikian, perubahan ini perlu mendapatkan perhatian khusus dalam proses pembuatan chassis di tahap selanjutnya, agar langkah-langkah penanggulangan yang tepat dapat dipertimbangkan dan diterapkan. Dengan demikian, optimasi yang telah dilakukan berhasil mencapai tujuannya, yaitu pengurangan berat, sambil tetap memastikan bahwa

chassis tetap memenuhi standar kekuatan dan keamanan yang diperlukan.

Tabel 8. Perbandingan Hasil FEM Chassis

Result Summary			
		Chassis Awal	Chassis Baru
Displacement	Min.	0 mm	0 mm
	Max.	1,147 mm	1,730 mm
Von Misses		26,006 mm	94,651 mm
		2,740 mm	2,101 mm
	Min.	0 MPa	0 MPa
	Max.	73,9358 MPa	201,863 MPa
		(1)	(1)
Safety Factor		778,557 MPa	4441 MPa (2)
		(2)	144,508 MPa
		219,673 MPa	(3)
	Min.	3,38131 ul (1)	1,23846 ul (1)
		0,321107 ul	0,056363 ul
	(2)	(2)	
	1,13806 ul (3)	1,73001 ul (3)	
	Max.	15 ul	15 ul

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari hasil simulasi ini menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antara performa chassis awal dan chassis baru meskipun keduanya menggunakan material yang sama. Chassis baru telah dioptimasi dengan tujuan utama untuk mengurangi bobot, dari yang semula 15,726 kg menjadi 12,517 kg. Pengurangan berat ini berdampak pada perubahan nilai displacement, tegangan von Mises, dan faktor keamanan (safety factor). Meskipun terjadi perubahan pada parameter-parameter tersebut, semuanya tetap berada dalam batas toleransi yang dapat diterima, sehingga menunjukkan bahwa optimasi yang dilakukan pada chassis baru berhasil mencapai tujuan tanpa mengorbankan aspek keselamatan dan kinerja.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih kepada bapak dosen pembimbing, dosen penguji dan dosen prodi teknik mesin serta seluruh dosen Universitas Muhammadiyah Ponorogo telah membimbing dalam penyusunan Artikel ini.

Daftar Pustaka

[1] B. Heiβing and M. Ersoy, *Chassis handbook: fundamentals, driving dynamics, components, mechatronics, perspectives*. Springer Science & Business Media, 2010.

[2] I. A. Majid, F. B. Laksono, H. Suryanto, and A. R. Prabowo, "Structural assessment of ladder frame chassis using FE analysis: a designed construction referring to ford AC cobra," *Procedia Struct. Integr.*, vol. 33, pp. 35–42, 2021.

[3] S. Adhikari, V. Tathavadkar, and B. Basu, "Aluminium

- as a structural material,” in *Future Landscape of Structural Materials in India*, Springer, 2022, pp. 25–43.
- [4] G. Kopp, E. Beeh, R. Schöll, A. Kobilke, P. Stra, and M. Krieschera, “New lightweight structures for advanced automotive vehicles—safe and modular,” *Procedia-Social Behav. Sci.*, vol. 48, pp. 350–362, 2012.
- [5] W. Chuaiphan and L. Srijaroenpramong, “Effect of welding speed on microstructures, mechanical properties and corrosion behavior of GTA-welded AISI 201 stainless steel sheets,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 214, no. 2, pp. 402–408, 2014.
- [6] E. C. Tsirogiannis, G. E. Stavroulakis, and S. S. Makridis, “Electric car chassis for shell eco marathon competition: design, modelling and finite element analysis,” *World Electr. Veh. J.*, vol. 10, no. 1, p. 8, 2019.
- [7] F. Popescu, R. M. Chivu, K. Uzuneanu, and I. Ion, “Design and finite element analysis of a circular steel profile frame using Autodesk Inventor,” in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2022, p. 12069.
- [8] K. A. Rahangmetan, F. Sariman, S. B. Bahar, and M. T. Sapsal, “Stress analysis on the frame of peanut skin peeler using autodesk inventor software,” in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2019, p. 12164.
- [9] F. Hamdi, N.A. Mufarida, and Kosjoko, “Desain & Analisis Variasi Ketebalan Pegas Daun Parabolic Pada Mini Bus” *J. T. Mesin*, “AutoMech,” vol. 01, pp. 4–6, 2022.
- [10] H. Octa, N. A. Mufarida, Kosjoko, “Analisis Perbandingan Single Piston Dan Double Piston Terhadap Jarak Dan Waktu Pengereman Menggunakan Variasi Discbrake Pada Motor 125 Cc” *J. T. Mesin*, P. Menggunakan, V. Discbrake, and P. Motor, “AutoMech,” vol. 02, pp. 47–50, 2024.