

Analisis Statis Design Prototype Chassis Tubular Space Frame Kendaraan Listrik Berjenis Buggy

Ari Rianto^{1,*}, Erwin², Winda Apriani³, Ellys Mei Sundari⁴

^{1, 2, 4} Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas

³ Program Studi Teknik Mesin Pertanian, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sambas
Jalan Raya Sejangkung, Desa Sebayan, Sambas, Kalimantan Barat

*Korespondensi: aripoltesa1124@gmail.com

Abstrak

Akses jalan yang sempit serta kondisi jalan yang becek hingga berlumpur menjadi kendala proses pengangkutan dan mobilisasi masyarakat. Diperlukan kendaraan angkut yang ringan, kecil, dan kuat sehingga dipilih konsep kendaraan listrik berjenis *buggy*. Chasis yang dipilih adalah *chassis* jenis *tubular space frame*. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain rangka, melakukan simulasi statis pada rangka serta membandingkan hasil pengujian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah proses komputasi dengan metode elemen hingga menggunakan *software solidworks*. Dimensi tinggi kendaraan 1400 mm, panjang 3069 mm dan lebar 1386 mm. Material yang digunakan AISI 304, AISI 1020 dan ASTM A36. Beban yang diberikan berupa beban statis yang terdiri atas beban muatan, beban baterai, beban pengendara, beban gardan dan motor utama serta beban pompa. Didapat hasil pengujian pada material AISI 304 *stress* maksimal 68,7 MPa, *displacement* 1,96 mm dan *safety factor* 3,013. Material AISI 1020 *stress* maksimal 69,5 MPa, *displacement* 1,87 mm dan *safety factor* 5,064. Material ASTM A36 *stress* maksimal 69 MPa, *displacement* 1,86 mm dan *safety factor* 3,623. Jenis material yang paling cocok digunakan ialah AISI 1020. Material yang dipilih mempunyai nilai *safety factor* yang lebih baik sehingga kuat dan mampu menahan beban yang diberikan.

Kata kunci: AISI, *chassis tubular*, simulasi statis

Abstract

Narrow access roads and muddy to muddy road conditions are obstacles to the transportation process and community mobilization. A transport vehicle that is light, small, and strong is needed, so the buggy type electric vehicle concept was chosen. The type of chassis selected is tubular space frame chassis. This study aims to design the frame, perform static simulations on the frame and compare the test results. The method used in this study is a computational process with the finite element method using solidworks software. The vehicle dimensions are 1400 mm high, 3069 mm long and 1386 mm wide. The materials used are AISI 304, AISI 1020 and ASTM A36. The load given is in the form of a static load consisting of payload load, battery load, rider load, axle and main motor load and pump load. The test results were obtained on AISI 304 material with a maximum stress of 68.7 MPa, a displacement of 1.96 mm and a safety factor of 3.013. The AISI 1020 material has a maximum stress of 69.5 MPa, a displacement of 1.87 mm and a safety factor of 5.064. The ASTM A36 material has a maximum stress of 69 MPa, a displacement of 1.86 mm and a safety factor of 3.623. The most suitable type of material used is AISI 1020. The selected material has a better safety factor value so that it is strong and able to withstand the given load.

Keywords: AISI, *chassis*, static simulation, *tubular space frame*

1. PENDAHULUAN

Kendaraan listrik merupakan salah satu alternatif untuk mengatasi permasalahan krisis energi dan polusi lingkungan. Selain itu juga menipisnya persediaan bahan bakar fosil di Indonesia, membuat menteri ESDM Arifin Tasrif memperingatkan bahwa jika tidak ada upaya untuk penambahan sumur minyak baru, cadangan energi di Indonesia bisa habis dalam 15 tahun kedepan jika konsumsinya sebesar saat ini [1].

Kendaraan memiliki peran penting untuk mendukung aktivitas manusia [2]. Akses jalan sempit sekitar 1,5–2 meter dan kondisi kontur jalan yang bervariasi yaitu berpasir, berbatu, becek hingga berlumpur serta jalan yang berkelok-kelok, merupakan kendala proses pengangkutan dan mobilisasi masyarakat. Menyebabkan kendaraan angkut beroda 4 sulit untuk melakukan pengangkutan. Sehingga diperlukannya sebuah kendaraan angkut yang kecil, ringan dan kuat.

Rancangan komponen yang ada pada kendaraan listrik yang perlu perkembangan lebih lanjut seperti *chassis*, suspensi, sistem kontrol, *power steering*, *drive train* dan lain sebagainya. Salah satu komponen yang sangat penting dalam sebuah kendaraan baik itu kendaraan listrik maupun kendaraan konvensional adalah *chassis*. Fungsi utama *chassis* yaitu membawa semua beban di atasnya dan menahan semua gaya [3]. *Chassis* juga berfungsi menjaga agar mobil tetap *rigid* atau kaku dan tidak mengalami *bending* [4].

Terkait dengan kegunaan akan performanya, *chassis* mempunyai peran yang cukup vital. Sehingga *chassis* perlu mendapatkan perhatian. Ketika terjadi kegagalan pada *chassis*, maka dapat mengakibatkan kesalahan dalam menumpu dan menahan beban. Sehingga terjadi kerusakan pada komponen kendaraan yang

lainnya yang dapat membahayakan keselamatan pengendara.

Maka dari itu, perlu dirancang dan dianalisa secara statis *chassis* kendaraan listrik dengan penggunaan bahan material yang sesuai. Sehingga didapatkan desain prototipe *chassis* yang ringan namun tetap kuat dan aman dalam menumpu beban yang bekerja pada kendaraan listrik. Dalam perancangan pembuatan desain *chassis* banyak aspek yang harus diperhatikan. Seperti pemilihan jenis *chassis*, pemilihan material serta proses pengerjaan dan perakitan nantinya. Karena *chassis* merupakan bagian yang paling kritis pada kendaraan dibandingkan dengan komponen kendaraan lain. Jadi pada kali ini akan dilakukan perancangan *chassis* berjenis *tubular space frame* bertipe mobil *buggy*.

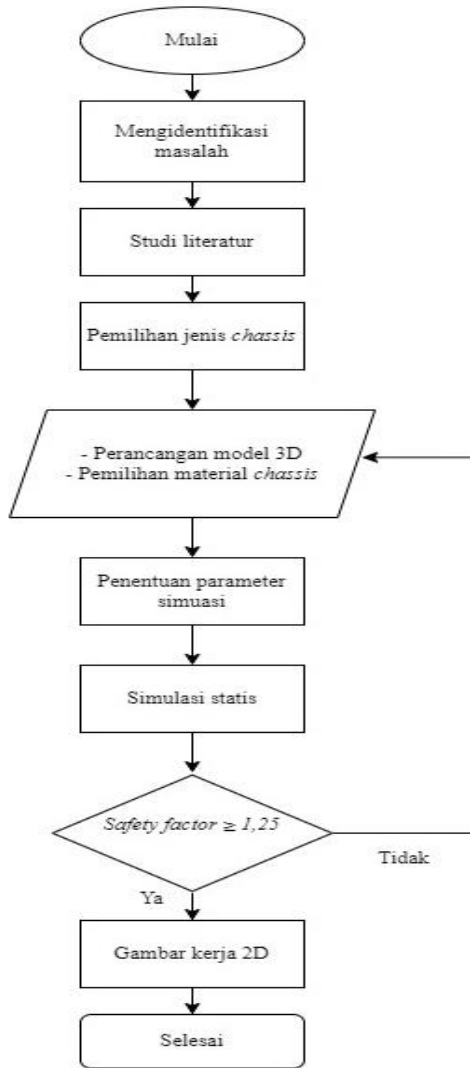
Mobil *buggy* merupakan kendaraan dengan ukuran mini yang ditumpangi oleh satu sampai empat orang penumpang [5]. Tipe yang dipilih *buggy* jenis *off road*. Memiliki bobot yang ringan namun tetap kokoh dengan ukuran yang kecil sehingga dapat menjawab kebutuhan transportasi jarak dekat yang dapat digunakan untuk proses pengangkutan pada jalan diperdesaan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kekuatan dari *chassis tubular space frame* dan perbandingan material. Hasil uji yaitu *stress*, *displacement*, dan *safety factor*.

2. METODOLOGI

Perancangan ini dimulai dengan mengidentifikasi masalah pada petani. Melakukan survey secara langsung dan pengambilan data dilapangan. Langkah selanjutnya menentukan jenis *chassis* yang akan digunakan yaitu *tubular space frame*. Membuat konsep dan model *chassis*, pada tahap ini mempertimbangkan tata letak beberapa komponen kendaraan yang akan

ditopang oleh *chassis*. Langkah selanjutnya melakukan simulasi statis pada *chassis*, harus memenuhi kriteria dimana *safety factor*. Pembebanan Statis 1,25-2, Pembebanan Dinamis : 2-3, dan Pembebanan Kejut : 3-7 [6]. Proses selanjutnya membuat gambar kerja 2D.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konsep Perancangan

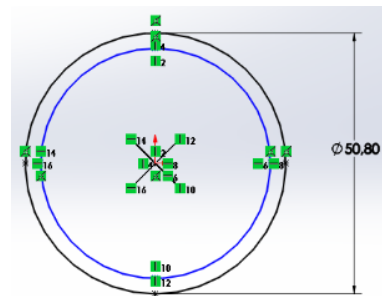
Spesifikasi perancangan ini mengikuti hasil data dari lapangan meliputi ekses dan lebar jalan yang akan dicapai dalam proses perancangan. Spesifikasi perancangan dapat dilihat pada Tabel 1.

Perancangan konsep meliputi membuat *library* ukuran penampang material yang akan digunakan yaitu besi pipa diameter 2 inch dan

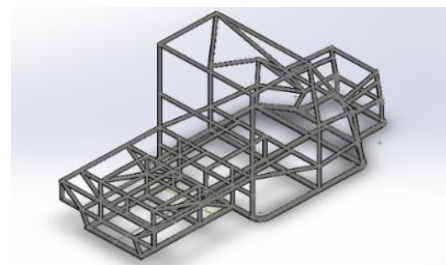
3 inci. Kemudian membuat sketsa *chassis* dari dimensi yang ditentukan sebelumnya. Pada tahap ini banyak menyesuaikan dimensi *chassis* dengan penempatan komponen kendaraan nantinya. Konsep bentuk *chassis tubular space frame* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Spesifikasi perancangan

Dimensi	Satuan
Panjang	300 cm
Lebar	150 cm
Tinggi	250 cm
Kapasitas Muatan	300 kg
Motor	20 kg
Gardan	25 kg
Add on (Pompa)	5 kg
Driver	120 kg



Gambar 2. Bentuk dan ukuran penampang



Gambar 3. Konsep *chassis tubular space frame*

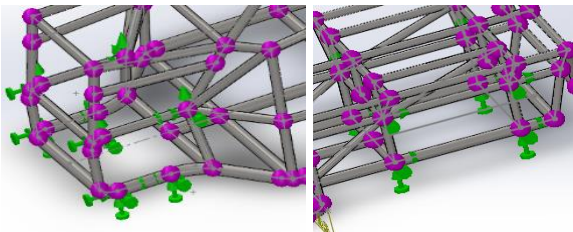
3.2. Pemilihan Jenis Material

Material yang akan digunakan baja berkarbon rendah. Yaitu AISI 1020, AISI 304 dan ASTM A36. Baja karbon yang mempunyai kandungan kurang dari 0,3% [7]. Karena banyak kandungan karbon yang rendah maka sifat besi ini sangat lunak, tetapi mempunyai keuletan yang tinggi. Baja karbon ini dapat

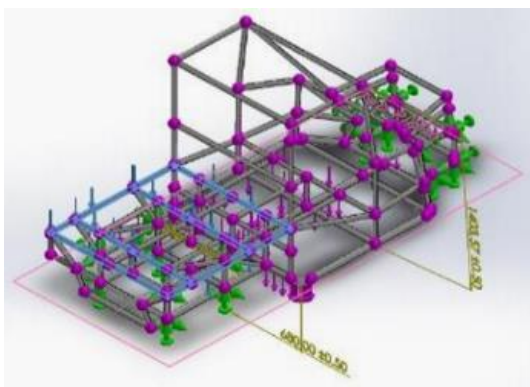
dituang, dikeraskan permukaannya (*case hardening*), mudah di las dan di tempa [8].

3.3. Simulasi Statis

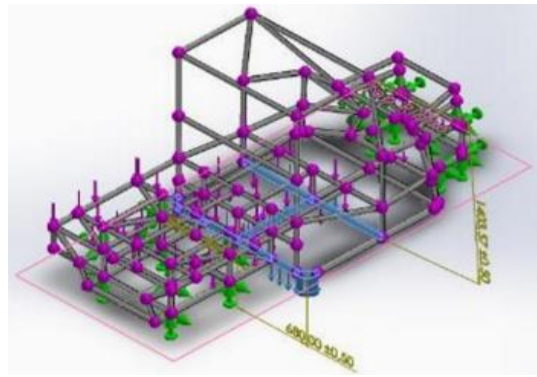
Simulasi statis yang dijalankan untuk mengetahui hasil dari *stress*, *displacement* dan *safety factor* dari ketiga material yang dipilih. Selain itu untuk mengetahui kekuatan *chassis* dari pembebanan statis yang diberikan. Pada proses simulasi ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu memilih jenis material yang akan digunakan, menentukan *fix point* atau titik tumpuan *chassis* dimana diberikan 16 titik tumpuan. Delapan titik tumpuan bagian depan dan 8 titik tumpuan bagian belakang seperti terlihat pada Gambar 4. Selanjutnya menentukan beban yang diasumsikan pada beberapa bagian *chassis*. Beban muatan diasumsikan 300 kg pada gambar 2.8. Beban baterai diasumsikan dengan beban 300 kg. Beban *driver* diasumsikan dengan beban 120 kg. Beban gardan diasumsikan dengan beban 20 kg. Beban motor utama diasumsikan dengan beban 20 kg. Beban *Add on* diasumsikan dengan beban 5 kg.



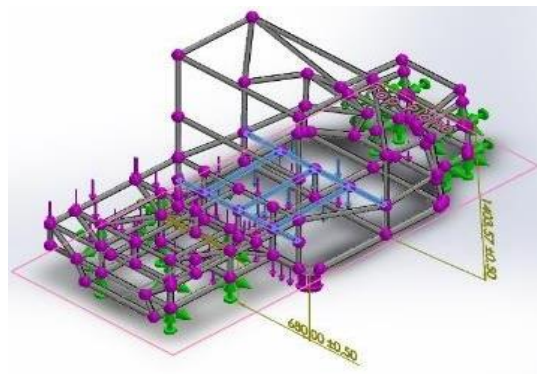
Gambar 4. Fixed geometri



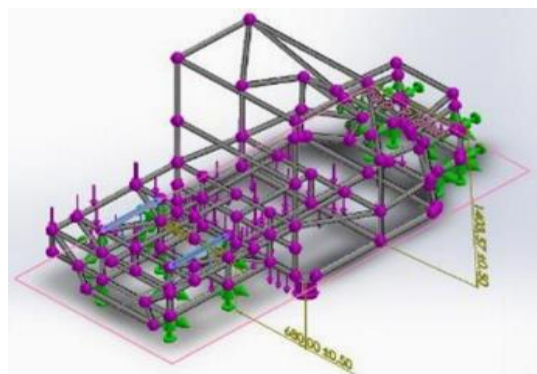
Gambar 6. Beban muatan



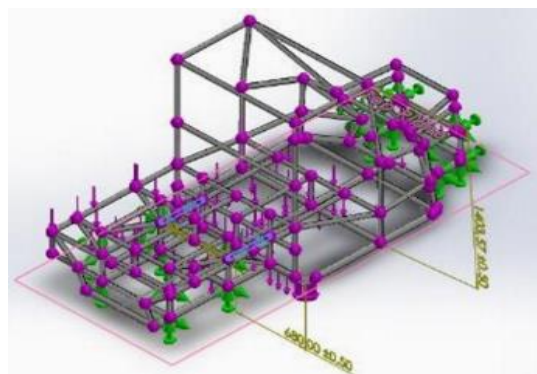
Gambar 7. Beban baterai



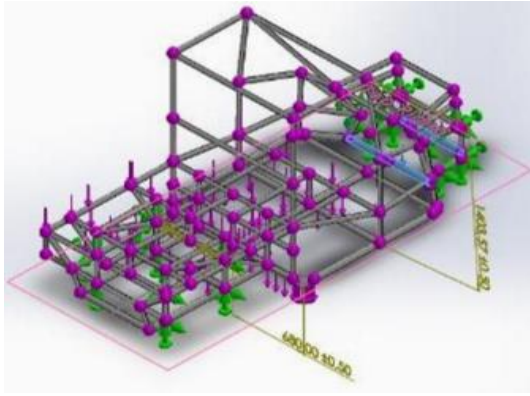
Gambar 8. Beban driver



Gambar 9. Beban gardan



Gambar 10. Beban Motor Utama



Gambar 11. Beban add on

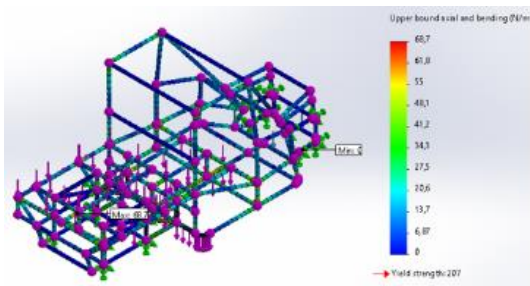
3.4. Meshing

Setelah semua parameter simulasi statis diberikan. Langkah selanjutnya adalah melakukan *meshing* pada *chassis* sebelum dilakukan simulasi. *Meshing* yang digunakan *meshing* standar pada *software*.

3.5. Hasil Simulasi Statis

a. AISI 304

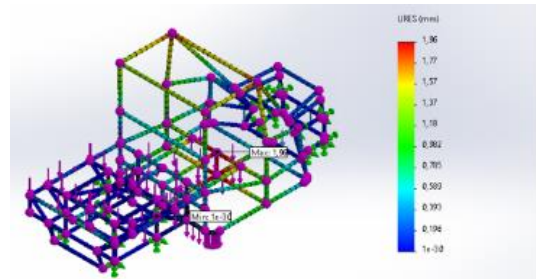
Hasil simulasi statis yang didapat dengan material AISI 304 pada Gambar 12 menunjukkan tegangan maksimum pada *chassis* adalah 68,7 N/mm² (MPa). Terletak pada posisi belakang *chassis* tempat meletakkan bak kendaraan. Sedangkan tegangan minimum adalah 0 N/mm² (MPa) terletak pada posisi bagian depan *chassis* yaitu pada *mounting* suspensi (tumpuan).



Gambar 12. Stress (AISI304)

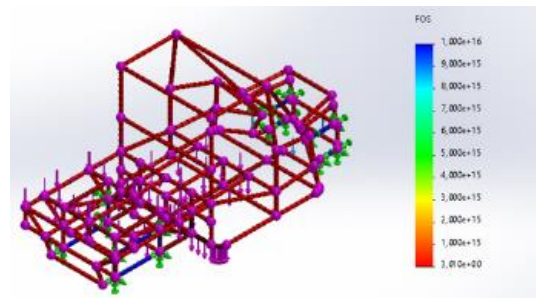
Gambar 13 menunjukkan *displacement* maksimum pada *chassis* adalah 1,96 mm, terletak pada posisi sambungan antara tiang penyangga dengan dudukan *driver* dan bentangan dari baterai diletakkan. Sedangkan

displacement minimum adalah 0 mm, terletak pada posisi bagian belakang *chassis* yaitu pada tiang penyangga samping bagian suspensi.



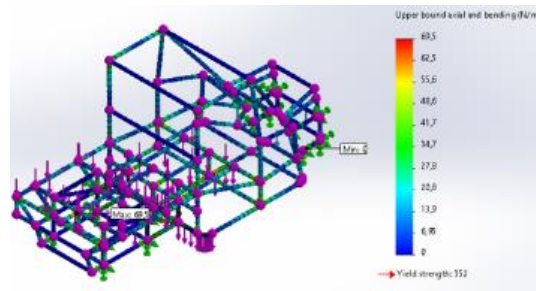
Gambar 13. Displacement (AISI304)

Gambar 14 menunjukkan *safety factor* maksimum pada *chassis* adalah 3,010. Sedangkan *safety factor* minimum adalah 0 mm, material yang digunakan baik karena hasil *safety factor* maksimum yang didapat masih dibawah *yield strength* material.



Gambar 14. Safety Factor (AISI304)

b. AISI 1020

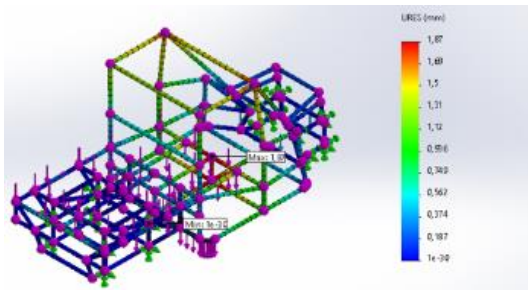


Gambar 15. Stress (AISI 1020)

Hasil simulasi statis yang didapat dengan material AISI 304 pada Gambar 15 menunjukkan tegangan maksimum pada *chassis* adalah 69,5 N/mm² (MPa). Terletak pada posisi belakang *chassis* tempat meletakkan bak kendaraan. Sedangkan

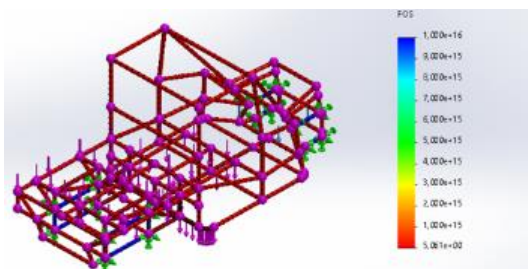
tegangan minimum adalah 0 N/mm² (MPa) terletak pada posisi bagian depan *chassis* yaitu pada *mounting* suspensi (tumpuan).

Gambar 16 menunjukkan *displacement* maksimum pada *chassis* adalah 1,87 mm, terletak pada posisi sambungan antara tiang penyangga dengan dudukan *driver* dan bentangan dari baterai diletakkan. Sedangkan *displacement* minimum adalah 0 mm, terletak pada posisi bagian belakang *chassis* yaitu pada tiang penyangga samping bagian suspensi.



Gambar 16. *Displacement* (AISI 1020)

Gambar 17 menunjukkan *safety factor* maksimum pada *chassis* adalah 5,061. Sedangkan *safety factor* minimum adalah 0 mm, material yang digunakan baik karena hasil *safety factor* maksimum yang didapat masih dibawah *yield strength* material.

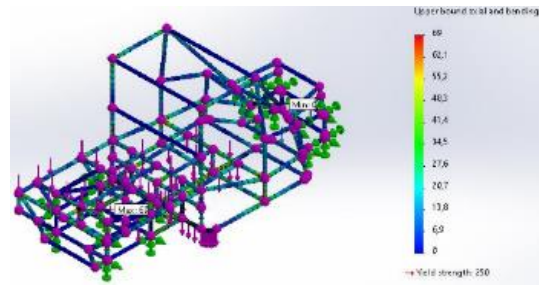


Gambar 17. *Safety Factor* (AISI 1020)

c. ASTM A36

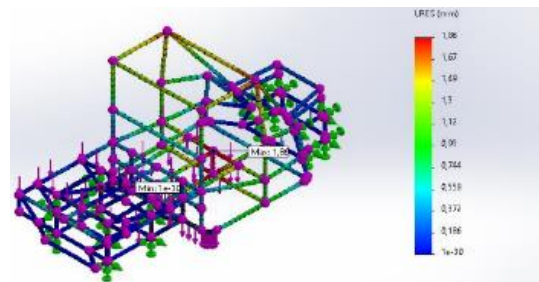
Hasil simulasi statis dengan material AISI 304 pada Gambar 18 menunjukkan tegangan maksimum pada *chassis* adalah 69 N/mm² (MPa). Terletak pada posisi belakang *chassis* tempat meletakkan bak kendaraan. Sedangkan tegangan minimum adalah 0 N/mm² (MPa)

terletak pada posisi bagian depan *chassis* yaitu pada *mounting* suspensi (tumpuan).



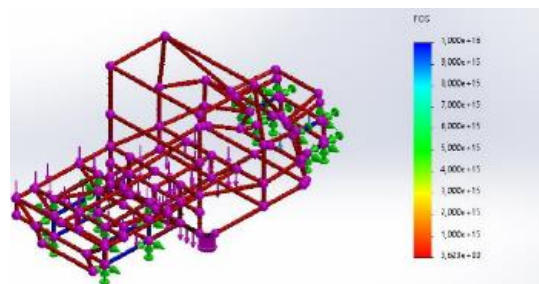
Gambar 18. *Stress* (ASTM A36)

Gambar 18 menunjukkan *displacement* maksimum pada *chassis* adalah 1,86 mm, terletak pada posisi sambungan antara tiang penyangga dengan dudukan *driver* dan bentangan baterai. *Displacement* minimum adalah 0 mm, terletak pada bagian belakang *chassis* yaitu pada tiang penyangga samping bagian suspensi.



Gambar 18. *Displacement* (ASTM A36)

Gambar 19 menunjukkan *safety factor* maksimum pada *chassis* adalah 3,623. Sedangkan *safety factor* minimum adalah 0 mm, material yang digunakan baik karena hasil *safety factor* maksimum yang didapat masih dibawah *yield strength* material.



Gambar 19. *Safety Factor* (ASTM A36)

3.6. Pembahasan

Perbandingan hasil simulasi berupa stress, displacement dan safety factor serta letak nodesnya, tersaji pada Tabel 2, 3 dan 4.

Tabel 2. Perbandingan *stress* materail

No	Jenis Material	Stress Von Misses (MPa)		Jlh Nodes dan Elements
		Min	Maks	
1	AISI 304	0	68,7	Nodes = 1526 Elements = 1392
2	AISI 1020	0	69,5	
3	ASTM A36	0	69	

Hasil perbandingan tegangan maksimum pada setiap material tidak jauh berbeda antara AISI 304 dan AISI 1020, memiliki selisih nilai 0,8 MPa. Antara AISI 304 dan ASTM A36 memiliki selisih nilai 0,3 MPa. Semakin kecil nilai tegangan yang didapat maka kekuatan *chassis* juga semakin baik.

Tabel 3. Perbandingan *displacement* materail

No	Jenis Material	Displacement (mm)		Jumlah Nodes dan Elements
		Min	Maks	
1	AISI 304	0	1,96	Nodes = 1526 Elements = 1392
2	AISI 1020	0	1,87	
3	ASTM A36	0	1,86	

Hasil perbandingan *displacement* maksimum pada setiap material juga tidak jauh berbeda antara ASTM A36 dan AISI 1020, memiliki selisih nilai pada 0,01 mm. Antara ASTM A36 dan AISI 304 memiliki selisih nilai 0,1 mm. Semakin kecil nilai *displacement* yang didapat maka *chassis* juga semakin baik.

Tabel 3. Perbandingan *safety factor* materail

No	Jenis Material	Safety Factor		Jumlah Nodes dan Elements
		Nilai		
1	AISI 304	3,013		Nodes = 1526 Elements = 1392
2	AISI 1020	5,064		
3	ASTM A36	3,623		

Hasil perbandingan *safety factor* pada setiap material memiliki perbedaan yang cukup signifikan antara AISI 1020 dan AISI 304, memiliki selisih nilai pada 2,051. Antara

AISI 1020 dan ASTM A36 memiliki selisih nilai 1,441. Semakin besar nilai *safety factor* yang didapat maka *chassis* akan semakin baik.

4. KESIMPULAN

Desain *chassis* memiliki dimensi panjang 3062 mm, lebar 1386 mm dan tinggi 1400 mm dengan bahan material yang dipakai untuk simulasi yaitu AISI 1020, AISI 304 dan ASTM A36.

Hasil simulasi statis yang dijalankan dengan pembebanan baterai 300 kg, muatan 300 kg, *driver* 120 kg, motor penggerak 20 kg, gardan 20 kg dan add on 5 kg. Didapatkan hasil *stress*, *displacement* dan *safety factor* yang berbeda dari ketiga jenis material yang diuji.

Hasil perbandingan dari nilai simulasi statis pada AISI 1020 memiliki tegangan maksimal 69,5 MPa, *displacement* maksimal 1,87 mm, *safety factor* 5,064 dan berat 221 kg. Pada AISI 304 memiliki tegangan maksimal 68,7 MPa, *displacement* 1,96 mm, *safety factor* 3,013 dan berat 224 kg. Untuk ASTM A36 memiliki tegangan maksimal 69 MPa, *displacement* maksimal 1,86 mm, *safety factor* 3,623 dan berat 219 kg. Karena nilai tegangan utama maksimal pada setiap material masih dibawah nilai *yield strength*, maka *chassis tubular space frame* kuat untuk menahan beban yang diberikan. Nilai *displacement* maksimal yang didapat tidak melebihi dari nilai defleksi yang diijinkan yaitu sebesar 8,827 sehingga *chassis* memiliki kekakuan yang baik. Nilai *safety factor* untuk setiap material yang dihasilkan tidak kurang dari 1,25 sehingga *chassis* tergolong aman untuk pembebanan statis yang diberikan.

Evaluasi keamanan struktur serta untuk menghindari kegagalan struktur dilakukan dengan pemilihan material dengan faktor keamanan paling tinggi yaitu AISI 1020 sebesar 5,064.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] CNN Indonesia, "cnnindonesia.com," Cadangan dari Bahan Bakar Fosil RI bisa Habis dalam 15 Tahun, 19 10 2022. [Online]. Available: <https://www.cnnindonesia.com/ekonomi/>. [Accessed 15 2 2023].
- [2] L. D. Anjiu, S. Suhendra and I. Fahrizal, "Rancang Bangun dan Uji Performansi Alat Pembuka Katup Menggunakan Mekanisme Tuas," *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 5, no. 2, pp. 45-52, 2021.
- [3] Febrian, Chasis Kendaraan Ringan, Yogyakarta: Deepublish, 2020.
- [4] F. Ary, "Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.5," Skripsi, Universitas Sumatera Utara, Medan, 2012.
- [5] L. Samuel, D. Jhonni Rentas and S. Airways P, "Analisis Sistem Pemindah Tenaga dan Sistem Penggerak Pada Mobil Buggy," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan BALANGA*, vol. 7, no. 1, pp. 49-52, 2018.
- [6] V. Dobrovolsky, Machine Elements, Moscow: Foreign Languages Publishing House, 1988.
- [7] A. International, ASM Handbook: Properties And Selection: Irons, Steels, And High-Performance Alloys, United States of America: ASM International, 1990.
- [8] N. Muslih and N. Rini Halila, "Analisa Kekerasan Dan Struktur Mikro Baja Aisi 1020 Terhadap Perlakuan Carburizing Dengan Arang Batok Kelapa," *Buletin Utama Teknik*, vol. 15, no. 2, pp. 165-173, 2020.