

Analisis kegagalan dengan metode elemen hingga pada *chassis* mobil listrik Geni Biru KMHE 2020

Bayu Saputro*, Hadi Pranoto

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Indonesia

Article Info

Article history

Received Feb 27, 2021
Revised Apr 13, 2021
Accepted Mey 22, 2021
Available online

Keywords

KMHE;
Prototype;
Electric Vehicles;
Chassis;
Finite Element Analysis (FEA)

ABSTRACT

When designing programs, whether in maintenance for design products, especially new ones, it is very important to understand their failure behavior accurately. The strength of an electric car chassis with a variety of loads to the maximum load it can withstand. This study uses the Finite Element Analysis simulation method. The purpose of this analysis is to determine the risk of failure (Risk Failure) to find Von mises, Displacement, Safety Factor on the Geni Blue Electric Car component, namely on the chassis using the Finite Element Analysis. In the analysis, it must comply with the KMHE standard regulations. From the analysis using the Finite Element Analysis method on the chassis, the deflection display is obtained with a maximum value of 2.099 mm.

This is an open access article under the [CC BY-SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author

Bayu Saputro,
Jurusan Teknik Mesin,
Universitas Mercu Buana,
Jl. Meruya Selatan No. 1, Kembangan, Jakarta Barat 11650, Indonesia
Email: bayusaputro064@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Dengan adanya perkembangan dunia teknologi otomotif yang berkembang dengan sangat cepat, membuat dalam dunia otomotif saat ini berfokus pada penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) sebagai sumber energi alat transportasi untuk ke depan, dalam hal ini penghematan energi diperlukan untuk mengurangi penggunaan daya konsumsi bahan bakar fosil [1].

Kompetisi Mobil Hemat Energi merupakan usaha dalam merancang dan menciptakan energi terbarukan (*renewable energy*) agar dapat memberikan solusi penghematan konsumsi energi serta kesempatan bagi mahasiswa ikut andil dalam merancang dan menciptakan mobil listrik hemat energi dengan sumber energi listrik sebagai konsumsi energinya [2].

Prototype adalah kendaraan masa depan dengan desain khusus yang memaksimalkan aspek efisiensi baik di sistem transmisi, desain dan penggerak, sedangkan *urban concept* merupakan kendaraan roda empat yang tampilannya mirip mobil pada umumnya dan sesuai untuk berkendara di jalanan.[3] Pada perancangan mobil listrik, selain merancang bentuk *body* yang *streamline* dan ringan, ada hal yang sangat penting yaitu perancangan *chassis*. *Chassis* memiliki bentuk dan ukuran yang kompleks, sehingga apabila dilakukan perancangan secara manual akan memiliki banyak kendala dan hasilnya tidak akurat. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka perancangan *chassis* mobil listrik Geni Biru menggunakan *software ANSYS19*.

Desain struktur *chassis*, yang berfungsi sebagai wadah penyangga seluruh komponen kendaraan dan pengemudi. Proses perancangan *chassis* dimulai dari pemilihan jenis rangka, pemilihan material, perancangan [4]. Model dilanjutkan dengan analisis statis harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan. *Chassis* yang ada saat ini biasanya terbuat dari *steel* namun karena dirasanya massanya terlalu berat maka mulai banyak berkembang *chassis* dengan massa jenis yang lebih ringan dibandingkan *steel* [5].

Dengan menggunakan fitur *stress analysis* yang dilengkapi dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA), maka dapat diketahui fenomena yang terjadi pada struktur rangka mobil listrik yang telah dirancang, yaitu dengan hasil keluaran *von mises stress*, *displacement* dan *safety factor* [6].

Dengan metode *failure analysis*, pembuatan desain rangka mobil listrik digunakan untuk memperhatikan aspek penting seperti pemilihan jenis rangka, pemilihan profil, pemilihan material, *safety factor*, serta proses pengerjaan dan *assembly*. Melakukan analisa pada rangka mobil listrik untuk menjaga agar mobil tetap *rigid*, kaku dan mengalami *bending* atau deformasi waktu digunakan, berfungsi juga untuk penguat atau pemegang *body* mobil, dudukan kaca, dan dudukan pintu mobil [7].

Selain itu juga harus memperhatikan aspek keamanan dan kenyamanan bagi pengemudi maupun penumpang, dalam hal ini bentuk dan desain struktur kerangka dari pemilihan material sampai *safety factor* pada mobil perlu diperhatikan [8].

Analysis pada Mobil Listrik Geni Biru digunakan untuk melakukan analisis stres *critical* maksimum kerangka *chassis* dari pembebanan yang terjadi sehingga pada pembuatan desain dari mulai konstruksi, komponen, dengan desain komponen dapat menghasilkan yang andal dan daya tahan.

ANALISIS STRUKTUR

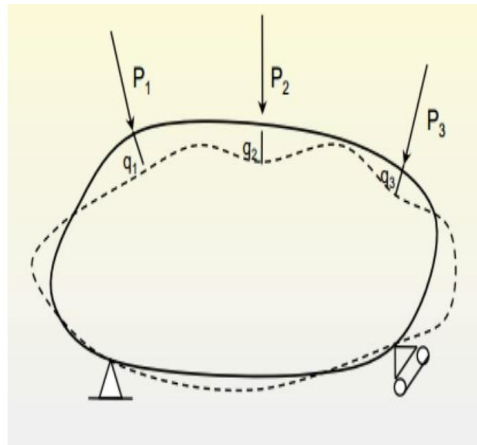
a) *Stress Analysis*

Stress analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada kerangka *chassis* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Metode FEA dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi [9]. Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat.

b) *Frame Analysis*

Dalam konsep pada pengujian ini adalah dengan menerapkan ilmu mekanika teknik yaitu berkaitan dengan struktur *truss*, *beam*, dan *frame*. Pemasukan data pada pengujian ini berupa beban (terpusat dan merata) dan tumpuan (jepit, *roll* dan engsel), sedangkan *output* dapat berupa diagram tegangan, regangan dan *displacement*.

c) Prinsip Superposisi



Gambar 1: *Displacement* dengan prinsip superposisi

Sebuah obyek / struktur dikenai, katakanlah, tiga buah gaya P_1 , P_2 , dan P_3 . Pada lokasi dan arah yang sama dengan tiga gaya tersebut, terjadilah *displacement* pada komponen sebesar q_1 , q_2 , dan q_3 .

Secara ringkas dapat ditulis sebagai:

$$\{ q \} = [f] \cdot \{ P \}$$

Di mana:

$$q = 1,12 \quad \text{N.mm}^2$$

$$f = 0,74 \quad \text{N.mm}^2$$

$$P = 60 \text{ kg} = 588 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}\{ 1,12 \} &= [0,74] \cdot \{ 588 \} \\ \{ 1,12 \} &= 435,12 \\ &= \frac{435,12}{1,12} \\ &= 388,5 \text{ N}\end{aligned}$$

Hasil yang didapat pada perhitungan *displacement* untuk nilai (q) hampir mendekati dan hasil yang sama pada nilai beban 588 N dengan beban 60 kg dimana menggunakan simulasi *software ANSYS16*.

2. METODE DAN BAHAN

2.1. Diagram Alir

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan-tahapan untuk pemecahan masalah, berikut langkah-langkah yang dilakukan:

1. Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan cara mencari dan mempelajari referensi teks, jurnal, *paper*, serta literatur lain yang terkait dengan penelitian.

2. Pengumpulan Data

Metode yang dilakukan dalam pengumpulan data adalah mengadopsi regulasi pada standarisasi mobil listrik tipe *prototype* yang telah ditetapkan oleh KMHE (Kompetisi Mobil Hemat Energi). Dengan mengacu pada standar yang ada maka dapat dilakukan penelitian terhadap objek tersebut yaitu mengenai studi kelayakan dari objek tersebut, sehingga dapat diketahui perkembangan dari penelitian dari mobil listrik tipe *prototype* tersebut.

3. Simulasi dan Analisis Model Desain *Chassis*

Simulasi dan analisis desain mobil listrik menggunakan *stress analysis* pada *Software Ansys19* dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA). Penerapan metode jenis ini adalah kemampuan untuk menyelesaikan masalah statis dan dinamika. Dengan membagi elemen kontinu menjadi elemen berhingga dan analisa dilakukan pada setiap elemen yang telah dibagi menjadi beberapa bagian tersebut dengan perhitungan secara komputasi numerik [10].

4. Analisis Teknik Hasil Simulasi

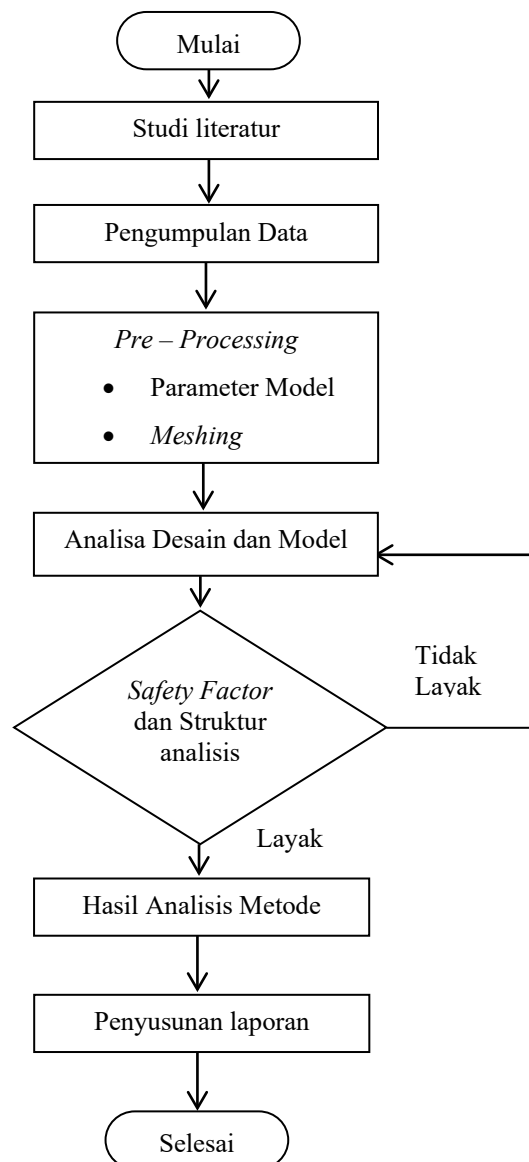
Keluaran dari simulasi berupa distribusi tegangan, tegangan kritis, *displacement* dan *safety factor* di setiap balok. Kondisi luaran ini menjadi acuan analisis kekuatan dan keamanan dari *chassis* mobil listrik.

5. Analisis Dengan Metode FEA

Hasil dari simulasi dan analisis statis yang sudah dilakukan maka dilakukan kelayakan *chassis* dan untuk meningkatkan efisiensi pemodelan rangka, dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) [11].

6. Kesimpulan

Setelah analisa dilakukan, menghasilkan kesimpulan dan saran.



Gambar 2: Flowchart metodologi

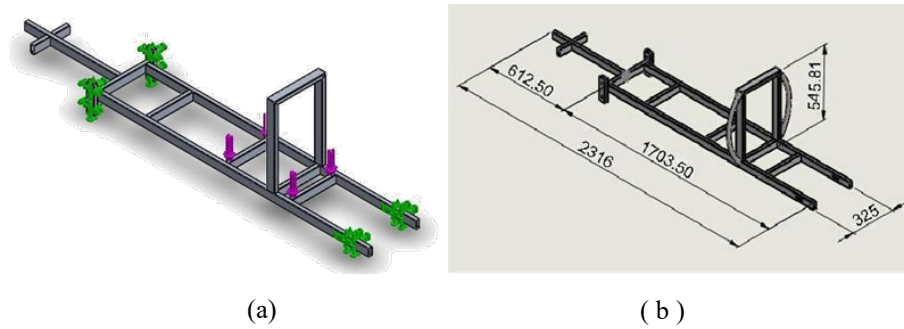
2.2. Pre-Processing

a) Pembuatan Struktur rangka

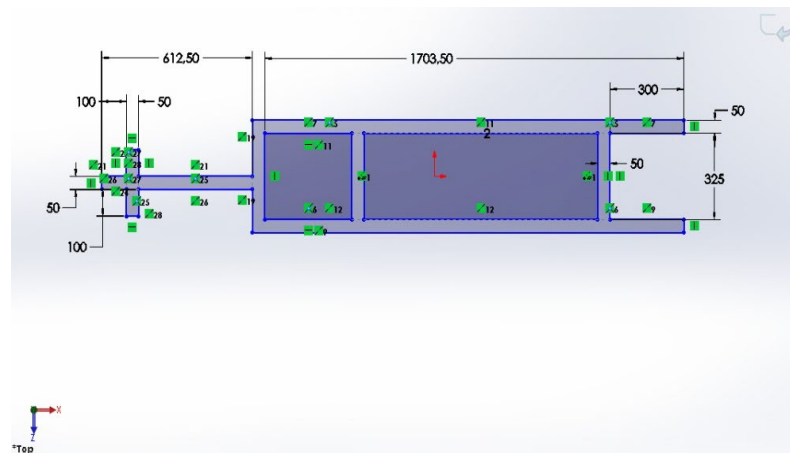
Pembuatan struktur rangka mobil listrik Geni Biru KMHE 2020 ini menggunakan *software Autodesk Alias Speedform*. Adapun dimensi dan geometri dapat dilihat pada tabel 2.1 berikut:

Tabel 1: Parameter dimensi geometri kerangka *chassis*

Material	Parameter	Dimensi
<i>chassis aluminium 2712, hollow</i>	Panjang Penampang	2316 mm
	Lebar Rangka	325 mm
	Tebal Rangka	3 mm



Gambar 3: (a) Desain konsep kerangka *chassis* siguran, (b) Dimensi kerangka *chassis* siguran



Gambar 4: Desain dan ukuran *chassis* “Geni Biru”

b) *Meshing View*

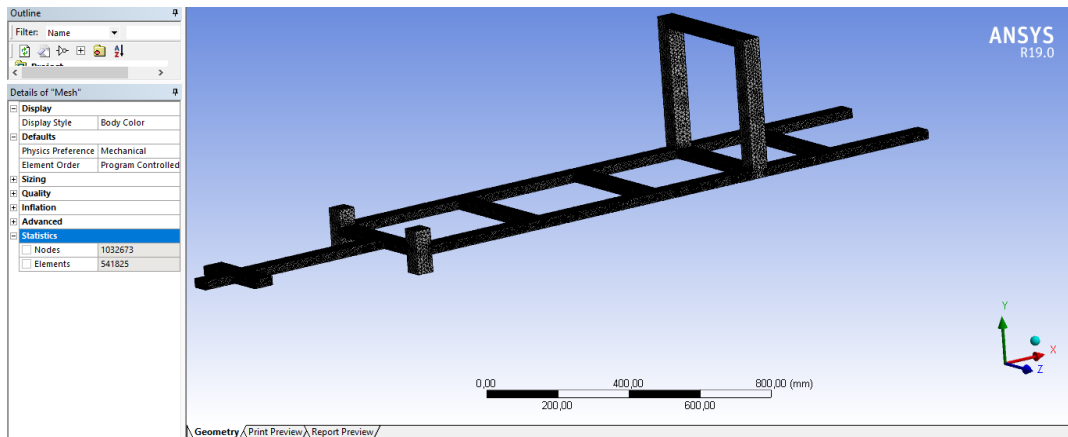
Dalam penelitian ini, struktur pada rangka *prototype* mobil (*meshing*) memiliki jumlah *node* mencapai 5157 dan memiliki elemen hingga mencapai 4433. Untuk ukuran elemen rata-rata pada pengaturan *meshing* yang digunakan adalah level 1000.

c) *Running Simulation Proses*

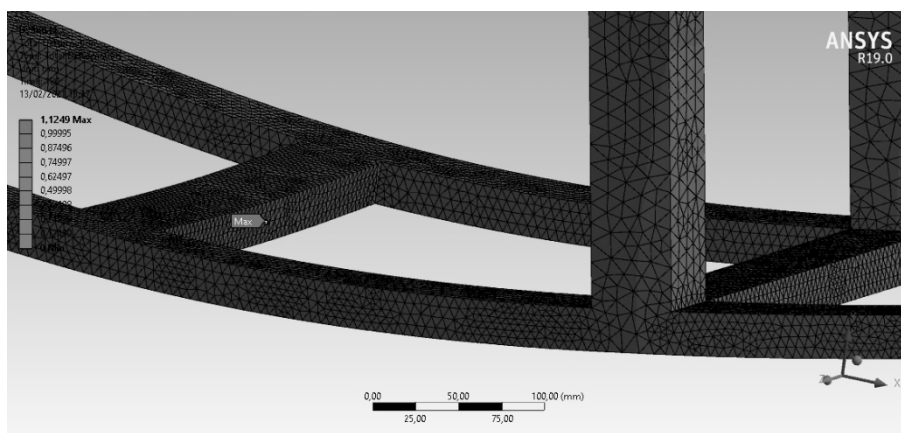
Running dilakukan setelah seluruh prosedur pra-proses analisa dan *default meshing* dilakukan pada model rangka mobil *prototype* tersebut. Proses *running* berjalan dengan pembacaan proses perhitungan dengan metode *Finite Element Analysis* (FEA) [12].

d) *Refinement Meshing (Local Mesh Control)*

Proses *refinement* merupakan proses penghalusan jumlah *mesh* pada struktur yang akan diuji menggunakan fitur *local mesh control*. Setelah proses simulasi pertama dilakukan, tegangan maksimum dari rangka tersebut dapat diketahui. Posisi dari bagian yang mengalami tegangan maksimum tersebut adalah antara *frame* bagian bawah dengan *frame* belakang bawah. Pada bagian tersebut proses *refinement* dilakukan, sehingga hasil yang didapat akan lebih mendekati akurat. Berikut adalah tampilan dari tegangan kritis yang terjadi pada struktur rangka tersebut.



Gambar 5: Pembesaran pandangan lokasi tegangan kritis

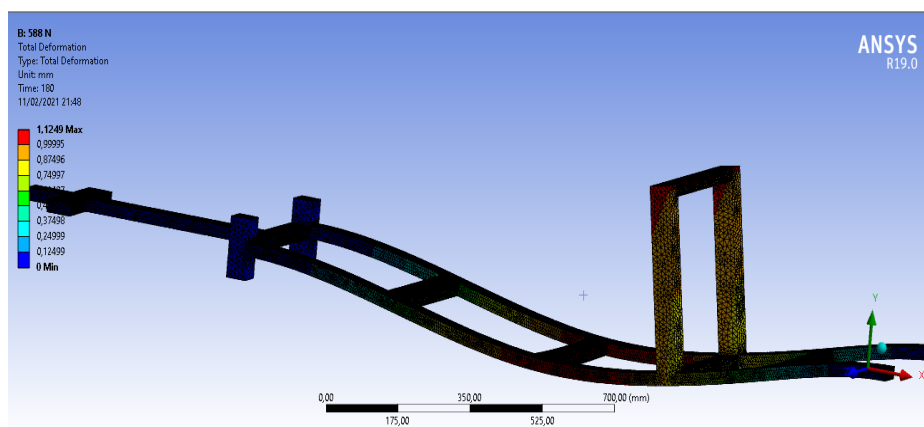


Gambar 6: Tegangan kritis *refinement*

3. HASIL DAN DISKUSI

3.1. Displacement

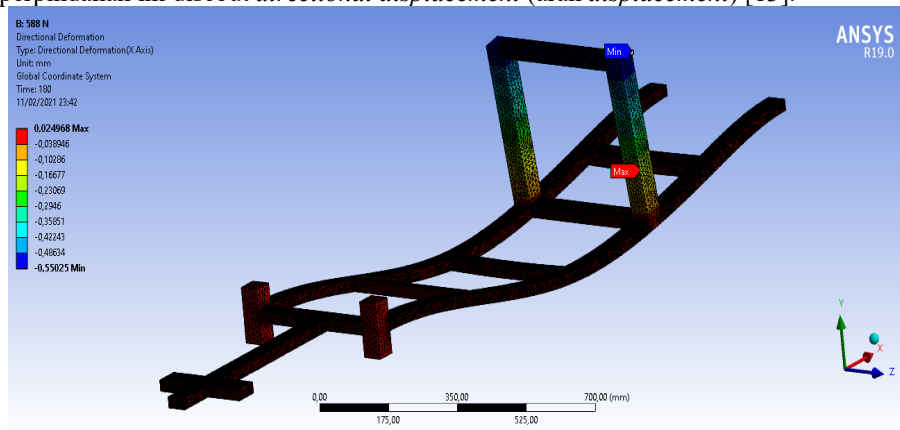
Hasil Simulasi yang sudah dilakukan menunjukkan bahwa total *displacement* maksimum berada pada bagian *roll bar* dari rangka mobil listrik *prototype* ini, yaitu sebesar 1,1249 mm, dan total *displacement* terkecil ada pada bagian rangka depan sebesar 0 mm.



Gambar 7: *Displacement* pada rangka

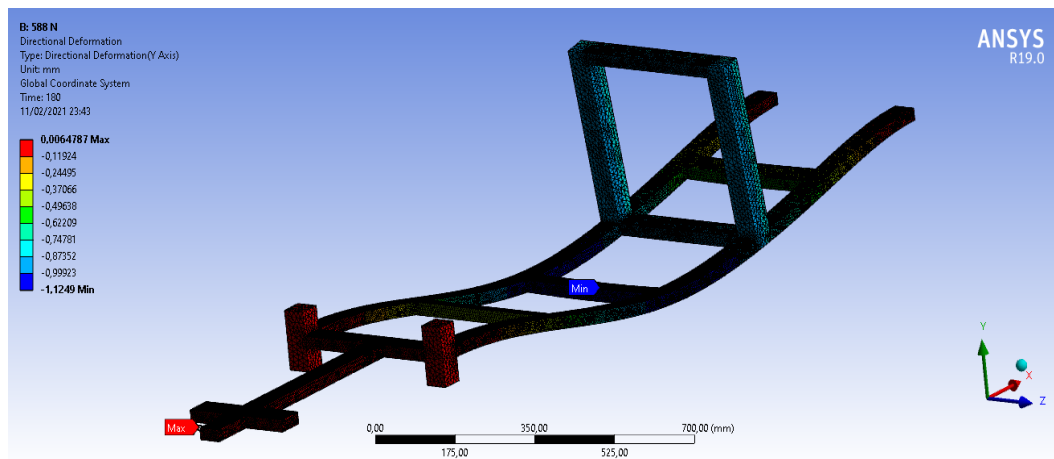
3.2 Directional Displacement

Aplikasi analisis total *displacement* sehingga dapat di kalkulasikan bahwa sumbu x, y dan z. Komponen perpindahan ini disebut *directional displacement* (arah *displacement*) [13].



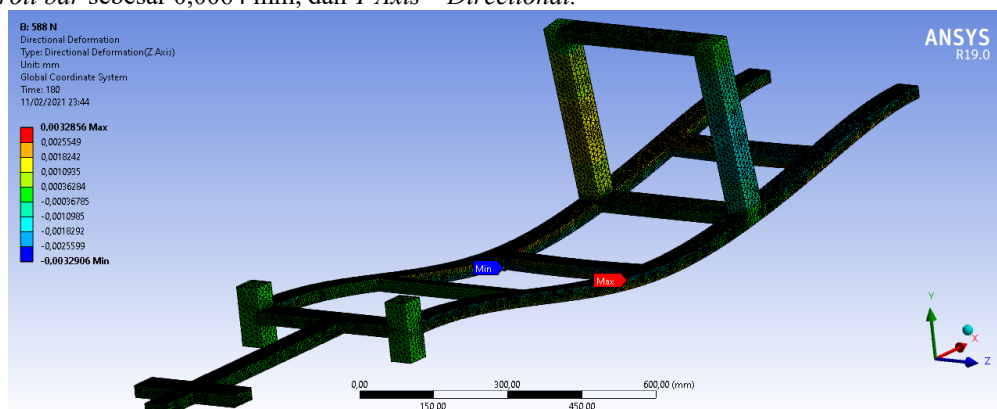
Gambar 8: Directional Displacement pada X-Axis

Hasil simulasi menunjukkan bahwa X Axis – Directional Displacement terbesar ada pada sebelah kanan *roll bar* sebesar 0,0249 dan X Axis – Directional Displacement terkecil ada pada sebelah kiri *roll bar* sebesar -0,5502. Selain itu juga ada komponen arah sumbu y dan sumbu z. Berikut ini ilustrasi hasil analisis Y Axis – Directional Deformation pada model



Gambar 9: Directional Displacement pada Y – Axis

Hasil simulasi menunjukkan bahwa Y Axis – Directional Displacement terbesar ada pada bagian bawah *roll bar* sebesar 0,0064 mm, dan Y Axis – Directional.

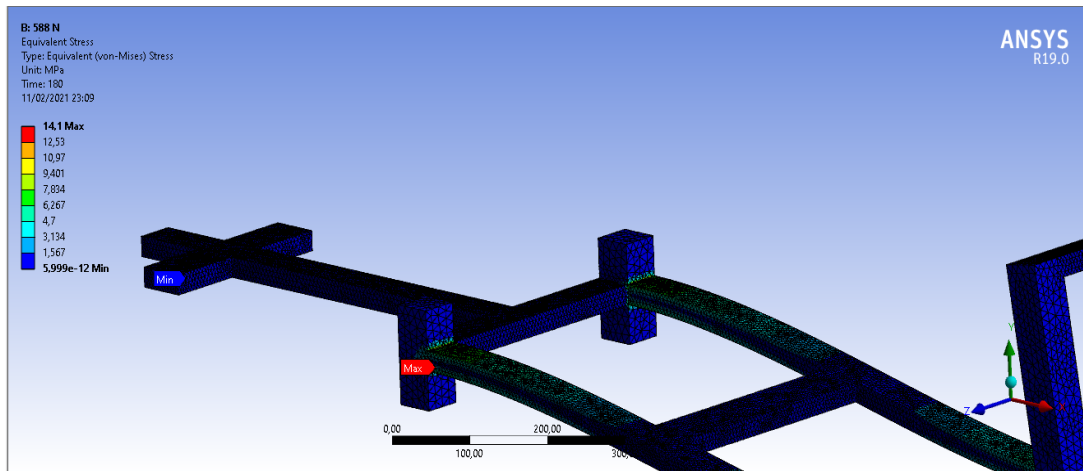


Gambar 10: Directional Displacement pada Z – Axis

Displacement terkecil ada pada bagian ujung belakang model sebesar -1,1249 mm. Sedangkan *Z Axis – Directional Displacement* terbesar ada pada bagian atas model sebesar 0,00328 mm, dan *Z Axis – Directional Displacement* terkecil ada pada bagian bawah rangka utama sebesar -0,0032906 mm.

3.3. Von Mises Stress

Tegangan salah satu *post-processor* adalah hasil perhitungan hubungan tegangan – regangan pada model benda, regangan diperoleh dari deformasi yang dialami model [14].

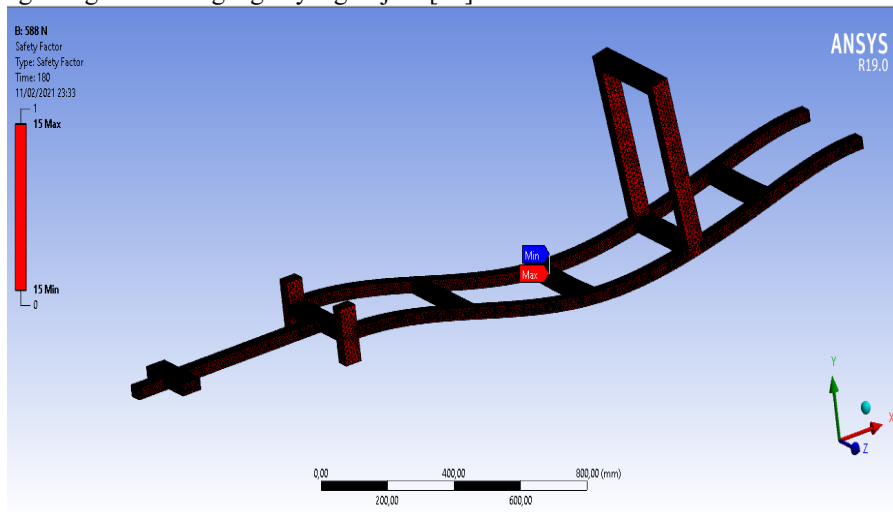


Gambar 11: Von Mises Stress pada Model

Tegangan maksimum yang terjadi berada penyambung bagian belakang rangka seperti terlihat pada gambar di atas. Besar tegangan maksimum yang terjadi sebesar 14,101 MPa dan tegangan minimum yang terjadi berada pada posisi bagian ujung belakang rangka dengan nilai tegangan sebesar 5,999e-12 MPa.

3.4. Safety Factor

Dalam menentukan nilai *safety factor* merupakan standar keselamatan pada kendaraan apakah dalam desain kendaraan benar-benar akan menghasilkan peningkatan keselamatan bagi penumpang. Faktor keamanan atau *safety factor* diperhitungkan dengan acuan dengan hasil bagi dari besar tegangan ijin (*yield strength*) dibagi dengan besar tegangan yang terjadi [15].



Gambar 12: Safety Factor dari Rangka Mobil Listrik

Terlihat pada gambar di atas bahwa angka keamanan terendah yang diperoleh dari analisa tersebut adalah sebesar 15 maka dari itu dapat dinyatakan bahwa rangka mobil listrik tersebut berada di atas batas aman material.

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi pengujian dapat disimpulkan bahwa konstruksi *chassis* mobil “Geni Biru” dengan penggunaan bahan material dan ukuran tersebut yang dipakai, serta melakukan evaluasi dan pemilihan material untuk *chassis* mobil listrik “Geni Biru” dapat di simpulkan *Aluminum Hollow 2712* cocok untuk rangka yang paling ringan namun kuat dengan jenis rangka *hollow* 50 x 25 tebal 3 mm karena memiliki *safety factor* 15 dan berat 6,6 kg yang dinyatakan aman, karena angka keamanan terkecil sebesar 15 terjadi berada pelat penyambung bagian belakang rangka dan terbesar 15 berada sekitar di rangka sandaran pengemudi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. J. Wahda, T. Listyorini, and R. Meimaharani, “3D Hologram Pengenalan Alat Transportasi,” *Simetris*, vol. 8, no. 1, pp. 291-298, 2017.
- [2] A. W. Kencono, *Pemodelan dan Prakiraan Penyediaan dan Pemanfaatan Migas, Batu Bara, EBT & Listrik*. Jakarta: Pusat Data Dan Teknologi Informasi Energi Dan Sumber Daya Mineral, Kementerian Energi Dan Sumber Daya Mineral, 2015.
- [3] M. A. Muhlasin, “Pengembangan Sistem Instrumentasi Kendaraan Listrik Skala Prototype Berpenggerak Motor BLDC,” Surakarta, 2018.
- [4] T. Hidayat, Nazaruddin, and Syafri, “Perancangan dan Analisis Statik Chassis Kendaraan Shell Eco,” *Jom FTEKNIK*, vol. 4, pp. 1–6, 2017.
- [5] A. Yudistira Dwinanto and F. Burhanuddin Muhammad, “Analisa Perbandingan Karakteristik Bodi dan Chassis pada Prototype Kendaraan Listrik,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 101–105, Aug. 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.2.
- [6] B. Setyono and S. Gunawan, “Perancangan Dan Analisis Chassis Mobil Listrik " Semut Abang " Menggunakan Software Autodesk Inventor Pro 2013,” *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III*, pp. 69–78, 2015.
- [7] S. Nakayama, H. Morita, and Q. Yu, “Reliability Evaluation of Car Power Module Using Electrical-Thermal-Structural Coupled Analysis Based on Field Driving Data,” *Key Engineering Materials*, vol. 741, pp. 144–149, Jun. 2017, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.741.144.
- [8] Y. E. Nurcahyo and P. L. Wahyudi, “Rancang Bangun Body Fibercarbon dan Simulasi Aerodinamis dengan Ansys untuk Mobil Hemat Energi Kategori Prototype,” *Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, dan Material*, vol. 5, no. 2, p. 90, Oct. 2021, doi: 10.30588/jeemm.v5i2.883.
- [9] Fahd Riyal Pris, Budhi M Suyitno, and Amin Suhadi, “ANALISIS KEKUATAN VELG ALUMINIUM ALLOY 17 INC DARI BERBAGAI DESAIN MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA).,” *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin*, vol. 9, no. 2, pp. 33–39, Jul. 2019, doi: 10.35814/teknobiz.v9i2.558.
- [10] N. A. Sutisna and M. F. A. A. Akbar, “FEM Simulation of Electric Car Chassis Design with Torsional Bar Technology,” *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, vol. 3, no. 2, p. 97, Jan. 2019, doi: 10.33021/jmem.v3i2.542.
- [11] X. Lu, C.-W. Kim, and K.-C. Chang, “Finite Element Analysis Framework for Dynamic Vehicle-Bridge Interaction System Based on ABAQUS,” *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, vol. 20, no. 03, p. 2050034, Mar. 2020, doi: 10.1142/S0219455420500340.
- [12] S. Ambadas Naik, “Failure Analysis of Crankshaft by Finite Element Method-A Review,” *International Journal of Engineering Trends and Technology*, vol. 19, no. 5, pp. 233–239, Jan. 2015, doi: 10.14445/22315381/IJETT-V19P241.
- [13] S. v. Sreenivasan and K. J. Waldron, “Displacement Analysis of an Actively Articulated Wheeled Vehicle Configuration With Extensions to Motion Planning on Uneven Terrain,” *Journal of Mechanical Design*, vol. 118, no. 2, pp. 312–317, Jun. 1996, doi: 10.1115/1.2826886.
- [14] N. K. A. Utomo and L. Anggraini, “FINITE ELEMENT ANALYSIS WITH STATIC AND DYNAMIC CONDITIONS OF SPARE WHEEL CARRIER FOR OH 1526 FABRICATED BY SAPH 440 HOT ROLLED STEEL,” *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics*, vol. 4, no. 1, p. 34, Apr. 2019, doi: 10.33021/jmem.v4i1.663.
- [15] L. C. Lundstrom, “The Safety Factor in Automotive Design,” Feb. 1966. doi: 10.4271/660539.

BIODATA PENULIS



Nama : Bayu Saputro
Tempat, tanggal lahir : Kebumen, 29 Juni 1996
Alamat : Perum permata A14 No.01 RT 003 RW 006 Desa Pisangan Jaya Kecamatan Sepatan Kabupaten Tangerang
Email : bayusaputro064@gmail.com
Jurusan Teknik Mesin,
Universitas Mercu Buana