

## Perancangan Desain dan Analisa *Chassis* Mobil Hemat Energi Tipe *Prototype* dengan Material Aluminium 6061

Eka Adji Setya Pangestu<sup>1</sup>, A'rasy Fahrudin<sup>1</sup>, Ali Akbar<sup>1</sup>, Rachmat Firdaus<sup>1</sup>, Iswanto<sup>1</sup>, Nia Nuraeni Suryaman<sup>2</sup>

Email corresponding author: [arasy.fahrudin@umsida.ac.id](mailto:arasy.fahrudin@umsida.ac.id)

<sup>1</sup> Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Mesin, Universitas Widyatama, Bandung, Indonesia

Article history: Received: 27 Mei 2024 | Revised: 13 Desember 2024 | Accepted: 15 Desember 2024

**Abstract.** *The chassis is an important component car which functions to support the load on the vehicle and has a strong construction. The chassis, as the main support for all vehicle components, has an important role in ensuring that the vehicle remains sturdy. Increased fuel use and rising global crude oil prices have encouraged research into energy saving cars with special designs that can reduce fuel consumption and pollutant emissions. The design process with variations in rollbar shape and variations in cross sectional shape with 6061 aluminum material using Autodesk Inventor 2024 software. After the design process is complete, stress analysis test stage is carried out to obtain analysis data, namely von mises stress, strain, displacement, safety factor. The results of the chassis design using concept B with a pipe cross-sectional shape and rollbar fillet model are more recommended, because it has better von Mises stress value and a better safety factor, besides that the concept B chassis design is easier in the assembly process with prototype type energy efficient car body.*

**Keywords -** *Chassis, Energy Efficient Car, Aluminum 6061*

**Abstrak.** *Chassis merupakan komponen penting pada mobil yang berfungsi untuk menahan beban pada kendaraan dan memiliki konstruksi kuat. Chassis sebagai penopang utama seluruh komponen kendaraan chassis memiliki peran penting agar kendaraan tetap kokoh. Peningkatan penggunaan bahan bakar dan kenaikan harga minyak mentah global mendorong untuk menciptakan penelitian mobil hemat energi dengan desain khusus dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi polutan. Proses desain dengan variasi bentuk rollbar dan variasi bentuk penampang dengan material aluminium 6061 menggunakan software Autodesk Inventor 2024. Setelah proses desain selesai dilakukan tahap test uji stress analisis untuk mendapatkan data analisis yaitu von mises stress, strain, displacement, safety factor. Hasil rancangan chassis menggunakan konsep B dengan bentuk penampang pipa dan model rollbar fillet lebih direkomendasikan, karena memiliki nilai von mises stress lebih baik dan factor keamanan lebih baik, selain itu desain chassis konsep B lebih mudah dalam proses assembly dengan body mobil hemat energi tipe prototype.*

**Kata Kunci -** *Chassis, Mobil Hemat Energi, Aluminium 6061*

### PENDAHULUAN

Kemajuan pesat dalam teknologi transportasi dan kenaikan harga minyak mentah global, mendorong setiap produsen otomotif untuk mengembangkan teknologi kendaraan yang efisien bahan bakar dan ramah lingkungan, sambil tetap mempertahankan performa mesin yang optimal tanpa mengubah dimensi kendaraan [1-3]. Seiring dengan peningkatan penggunaan bahan bakar, penelitian dilakukan untuk menciptakan mobil hemat energi dengan desain khusus yang dapat mengurangi konsumsi bahan bakar dan emisi polutan [4].

Mobil hemat energi sudah banyak di produksi dan juga di perlombakan. Ada dua jenis tipe kendaraan yaitu kendaraan *prototype* dan kendaraan *urban concept* [5]. Tipe *Prototype* menjadi kategori konsep kendaraan masa depan yang dirancang khusus untuk mengoptimalkan aspek *aerodinamis*, bobot kendaraan yang ringan, beban terbagi merata, gesekan mekanis minimal, *rolling resistance* roda minimal, bentuk *aerodinamis* dan memiliki mesin dengan efisiensi tinggi serta perbandingan transmisi yang optimal [6].

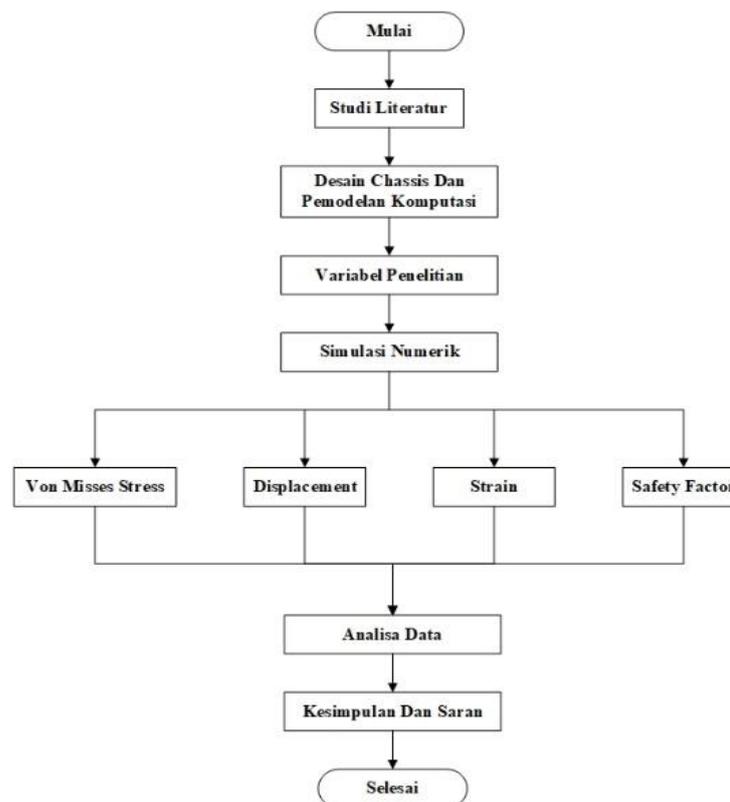
Dalam pengembangan kendaraan mobil hemat energi tipe *prototype*, *chassis* merupakan komponen penting pada mobil yang berfungsi untuk menahan beban yang ada pada kendaraan dan memiliki konstruksi yang kuat. *Chassis* sebagai penopang utama seluruh komponen kendaraan, *chassis* memiliki peran penting agar kendaraan tetap kokoh [7]. Konsep kendaraan hemat energi tentulah tidak hanya memikirkan bobot ringan pada *chassis*, melainkan faktor kekuatan perlu dipertimbangkan [8]. *Chassis* bagian terpenting pada mobil yang harus mempunyai konstruksi kuat untuk menahan beban kendaraan. Semua beban dalam kendaraan baik itu penumpang, mesin, sistem kemudi, dan segala peralatan kenyamanan semuanya diletakkan di atas *chassis* [9].

Pemilihan material yang dipilih untuk desain supaya mendapatkan hasil *chassis* yang ringan, kuat dan tahan karat [10]. Maka untuk bahan material *chassis* menggunakan aluminium 6061 karena aluminium tipe ini memiliki kekuatan yang tinggi, ketahanan terhadap korosi yang tinggi dan atermial yang digunakan sangat ringan dan tidak mengesampingkan *factor* kekuatan dan keamanan chassis [11]. Penggunaan material ini juga dapat membantu mengurangi beban total kendaraan [9].

Fokus utama penelitian ini adalah pengujian simulasi desain dengan metode pembebanan statis pada variasi model material, model rollbar, model chassis dengan simulasi *von mises stress*, *displacement*, *strain*, *safety factor* simulasi desain dilakukan dengan menggunakan *software solidwork* [12]. Dengan demikian, tujuan utama dari artikel ini adalah untuk mendapatkan karakteristik chassis mobil hemat energi dengan variasi model rollbar dan bentuk penampang *chassis* untuk mendapatkan chassis lebih kuat, ringan dan tahan terhadap korosi dengan tidak mengesampingkan faktor keselamatan terhadap *driver* [13, 14]. Diharapkan artikel ini bisa bermanfaat dan membantu dalam mengembangkan desain chassis mobil hemat energi yang lebih kuat, ringan, tahan korosi dan lebih efisiensi pada faktor keamanannya.

## METODE

Metode Penelitian dapat diawali dengan studi literatur tentang “Perancangan Desain Dan Analisa *Chassis* Mobil Hemat Energi Tipe *Prototype* Dengan Material Aluminium 6061”. Kemudian melakukan proses desain melakukan uji pembebanan statis menggunakan *software Autodesk Inventor 2024*. Setelah desain jadi, maka dilakukan tahap test simulasi stress analisa tersebut menggunakan *software Autodesk Inventor 2024* untuk mendapatkan data analisis yaitu *von mises stress*, *strain*, *displacement*, *safety factor*. Setelah tahap perancangan dan analisa selesai, maka dapat tampilkan dan diberikan hasil dari gambar detail dan hasil dari analisa yang menggunakan aplikasi tersebut. Secara lengkapnya. Selanjutnya proses analisa data yang akan dilakukan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel-variabel yang diteliti.



**Gambar 1.** Gambar diagram alir penelitian

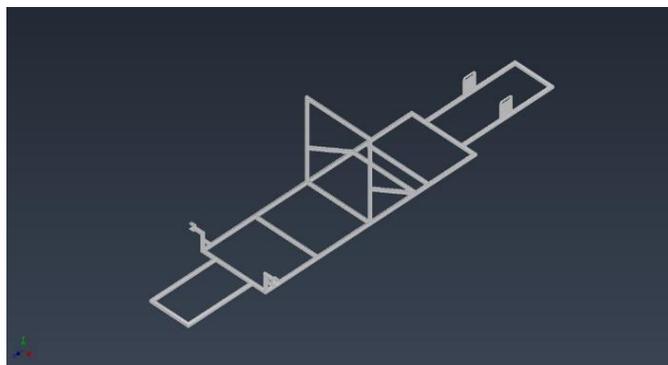
Dalam melihat dan mengetahui variasi jenis material dan variasi bentuk penampang, variasi *rollbar* digunakan model *chassis* acuan dengan ukuran utama pada Tabel 1, pemodelan *chassis* sesuai dengan ukuran utama dilakukan dengan menggunakan *Software Autodesk Inventor* sebagaimana yang di tampilkan pada gambar 2. ini sebagai bentuk dasar pada penelitian ini.

**Tabel 1.** Ukuran utama *chassis*

| Item    | Unit (mm)        | Regulasi kmhe 2023 (mm) |
|---------|------------------|-------------------------|
| Panjang | 2800             | Maks 3500               |
| Lebar   | 500              | Maks 1300               |
| Tinggi  | 500              | Maks 1000               |
| Profil  | 20x20x2 dan Ø 20 | Bebas                   |

**Tabel 2.** Spesifikasi material aluminium 6061

| Nama Material  | Young's Modulus | Yield Strength | Tensile Strength | Mass Density           |
|----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------------|
| Aluminium 6061 | 68,9 GPa        | 275 Mpa        | 310 MPa          | 2700 kg/m <sup>3</sup> |



**Gambar 2.** Desain *chassis* [7]

Proses desain menggunakan *software Autodesk Inventor 2024*, sebuah program CAD yang mendukung pembuatan model 2D dan 3D untuk membantu dalam rancangan *prototype* secara visual [9, 15]. (perspektif desain produk) *Autodesk Inventor* memiliki beberapa program simulasi *software* antara lain *von mises stress, displacement, strain, safety factor*.

Variabel bebas pada penelitian ini adalah model *rollbar* dan bentuk penampang. Variasi model *rollbar* yaitu perubahan *rollbar* dari model persegi menjadi setengah lingkaran atau *fillet* supaya lebih memudahkan proses *assembly* bodi dengan *chassis*. Sedangkan pada variasi bentuk penampang adalah dari penampang bentuk persegi atau *hollow* menjadi pipi.

**Tabel 3.** Variabel penelitian

| Variabel penelitian   | Jenis variasi        |                      |
|-----------------------|----------------------|----------------------|
|                       | Desain A             | Desain B             |
| Jenis material        | Aluminium 6061       |                      |
| Bentuk penampang      | Bentuk <i>hollow</i> | Bentuk pipa          |
| Bentuk <i>rollbar</i> | Bentuk sudut siku    | Bentuk <i>fillet</i> |

Variabel terikat pada penelitian ini adalah simulasi *von mises stress, displacement, strain, safety factor*. Adapun dari semua pengujian simulasi berasal dari pembebanan statis yang di berikan pada bentuk penampang *chassis*, bentuk model *rollbar*.

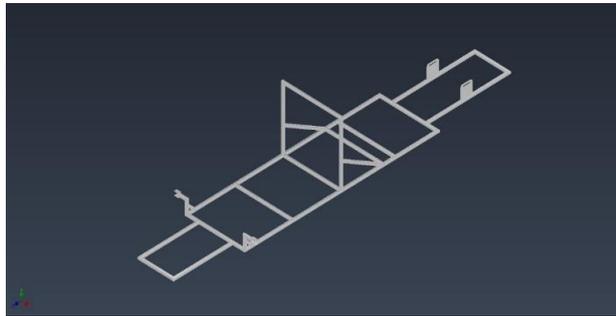
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Pembahasan Konsep Desain

Dari beberapa konsep desain terpilih pada penelitian perancangan desain dan analisa chassis mobil hemat energi tipe prototype dengan material aluminium 6061 dengan menghasilkan konsep desain sebagai berikut:

1. Konsep desain A

Dalam konsep desain A, akan menggunakan model penampang hollow seperti yang terlihat dalam gambar 3 dibawah ini:

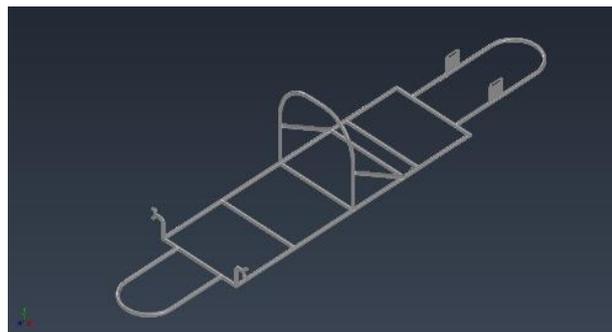


**Gambar 3.** Chassis pada konsep desain A

Konsep desain A menggunakan jenis material aluminium 6061, variasi jenis penampang hollow dan variasi jenis rollbar bentuk siku. tipe rollbar yang menyulitkan untuk proses assembly dengan body mobil hemat energi.

2. Konsep desain B

Dalam konsep desain B, akan menggunakan model penampang pipa seperti yang terlihat dalam gambar 4 dibawah ini:



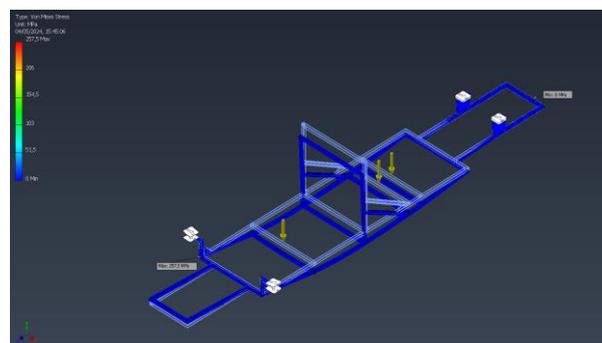
**Gambar 4.** Chassis pada konsep desain B

Konsep desain B menggunakan jenis material aluminium 6061, variasi jenis penampang pipa dan variasi jenis rollbar bentuk fillet. Kelebihan dari konsep desain B yaitu tipe rollbar memudahkan proses assembly dengan bodi mobil hemat energi.

**B. Analisa Statik Kekutan Material Chassis Konsep A**

1. Tegangan Von Misses (Von Misses Stress)

Berikut merupakan hasil von misses stress dari konsep desain A:

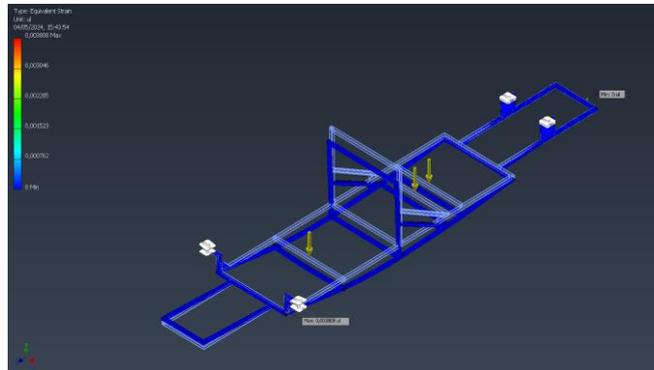


**Gambar 5.** Tegangan Von Misses pada desain chassis A

Dari hasil simulasi *software* tersebut dapat diketahui bahwa desain *chassis* konsep A mengalami tegangan maksimal sebesar 257,5 Mpa dan tegangan minimal sebesar 0 Mpa.

## 2. Regangan (*Strain*)

Berikut merupakan hasil regangan (*strain*) dari konsep desain A:



**Gambar 6.** Analisa regangan pada desain *chassis* A

Perhitungan untuk nilai regangan maksimal yang diizinkan:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{257,5}{68,9 \times 10^3}$$

$$\varepsilon = 0,0037$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan normal

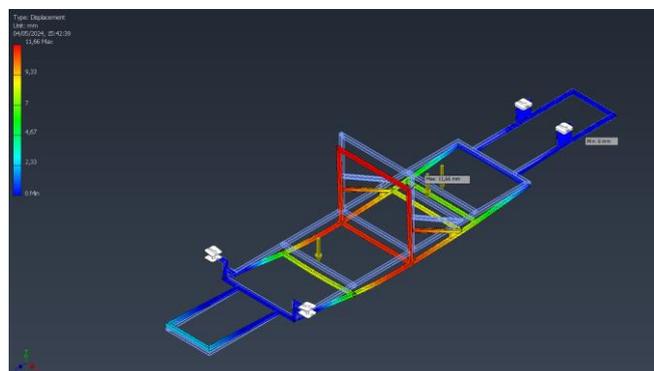
$\sigma$  = Tegangan normal (N/m<sup>2</sup>)

E = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

Dari hasil simulasi *software* didapat nilai regangan maksimal sebesar 0,003808, sedangkan nilai minimal sebesar 0. Dari hasil perhitungan nilai regangan maksimal yang diijinkan adalah 0,0037. Sehingga nilai maksimal dari hasil simulasi lebih besar dari pada regangan ijin yang diberikan berarti bahwa kurang aman.

## 3. Perpindahan (*Displacement*)

Berikut merupakan hasil perpindahan (*displacement*) dari konsep desain A :

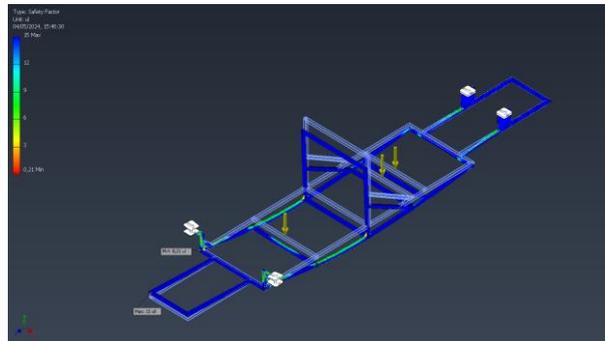


**Gambar 7.** Analisa *displacement* pada desain *chassis* A

Perpindahan atau defleksi maksimum yang terjadi sebesar 11,66 mm dan perpindahan minimum terjadi sebesar 0 mm.

#### 4. Faktor keamanan (*Safety Factor*)

Berikut merupakan hasil faktor keamanan (*safety faktor*) dari konsep desain A:



**Gambar 8.** Faktor keamanan (*safety faktor*) pada desain *chassis* A

Perhitungan nilai *safety faktor* yang di ijinakan:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e}$$

$$n = \frac{275}{257}$$

$$n = 1,07 > 1$$

Dimana :

$n$  = Faktor keamanan

$S_y$  = *Yield Strength*

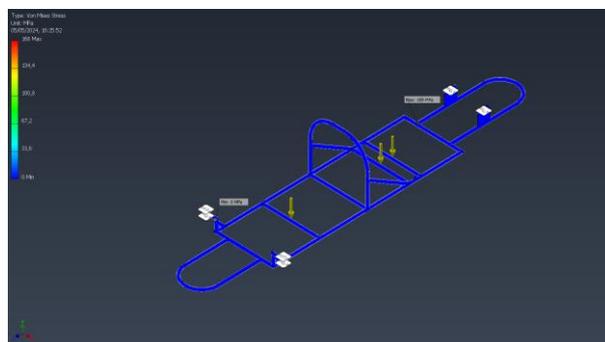
$\sigma_e$  = Tegangan *Von Misses* Maksimum Analisa

Faktor keamanan maksimum yang terjadi sekitar sebesar 15 terdapat pada bagian yang berwarna biru yang ditunjukkan pada tulisan *max* pada gambar. Sedangkan faktor keamanan min terdapat pada bagian yang berwarna merah yang ditunjukkan pada tulisan *min* sebesar 0,21. Hal yang terjadi karena pada daerah yang berwarna biru pada gambar terdapat tegangan paling besar sehingga faktor keamanannya kecil, sedangkan pada bagian yang berwarna merah yang terdapat tulisan *min* tegangan yang terjadi lebih kecil sehingga memiliki faktor keamanan yang besar. Faktor keamanan desain dikatakan aman apabila lebih dari 1, jadi desain *chassis* konsep A di atas dikatakan aman.

### C. Analisa Statik Kekutan Material Chassis Konsep B

#### 1. Tegangan *von misses* (*von misses stress*)

Berikut merupakan hasil *von misses* stress dari konsep desain B

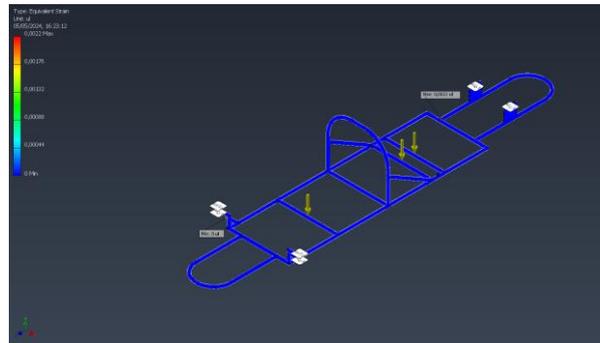


**Gambar 9.** Analisa regangan pada desain *chassis* B

Dari hasil simulasi *software* tersebut dapat diketahui bahwa desain *chassis* konsep B mengalami tegangan maksimal sebesar 168 Mpa dan tegangan minimal sebesar 0 Mpa.

## 2. Regangan (*Strain*)

Berikut merupakan hasil regangan (*strain*) dari konsep desain B:



**Gambar 10.** Analisa regangan pada desain *chassis* B

Perhitungan untuk nilai regangan maksimal yang di izinkan:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

$$\varepsilon = \frac{168}{68,9 \times 10^3}$$

$$\varepsilon = 0,0024$$

Keterangan:

$\varepsilon$  = Regangan

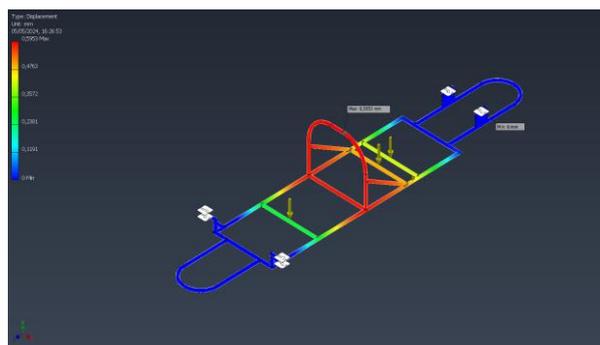
$\sigma$  = Tegangan normal (N/m<sup>2</sup>)

E = Modulus elastisitas (N/m<sup>2</sup>)

Dari hasil simulasi software didapat nilai regangan maksimal sebesar 0,0022, sedangkan nilai minimal sebesar 0. Dari hasil perhitungan nilai regangan maksimal yang diijinkan adalah 0,0024. Sehingga nilai maksimal dari hasil analisa/simulasi lebih kecil daripada regangan ijin yang diberikan berarti bahwa komponen aman.

## 3. Perpindahan (*Displacement*)

Berikut merupakan hasil perpindahan (*displacement*) dari konsep desain B:

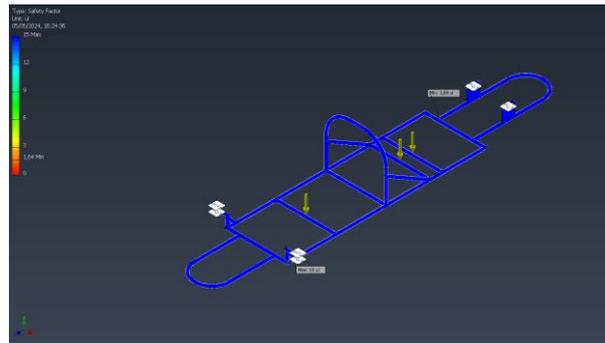


**Gambar 11.** Analisa *displacement* pada desain *chassis* B

Perpindahan atau defleksi maksimum yang terjadi sebesar 0,5953 mm dan perpindahan minimum terjadi sebesar 0,01 mm. untuk lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.

## 4. Factor keamanan (*safety factor*)

Berikut merupakan hasil faktor keamanan (*safety factor*) dari konsep desain B:



**Gambar 12.** Faktor keamanan (*safety factor*) pada desain *chassis* B

Perhitungan nilai *safety factor* yang di ijinakan:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_e}$$

$$n = \frac{275}{168}$$

$$n = 1,63 > 1$$

Dimana:

$n$  = Faktor keamanan

$S_y$  = *Yield Strength*

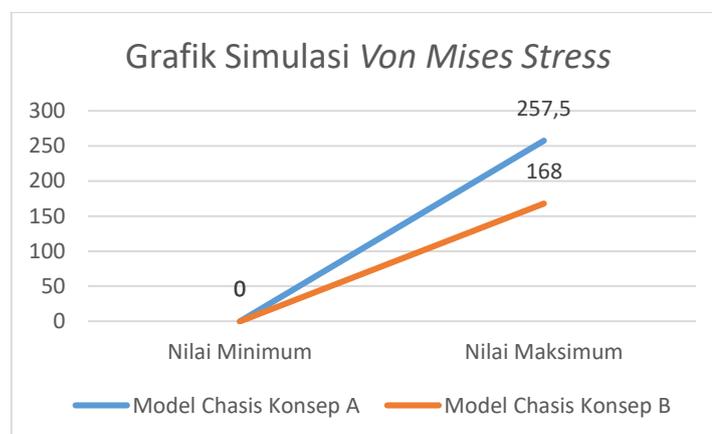
$\sigma_e$  = Tegangan *Von Mises* Maksimum Analisa

Faktor keamanan maksimum yang terjadi sekitar sebesar 15 terdapat pada bagian yang berwarna biru yang ditunjukkan pada tulisan *max* pada gambar. Sedangkan faktor keamanan min terdapat pada bagian yang berwarna merah yang ditunjukkan pada tulisan *min* sebesar 1,63. Hal yang terjadi karena pada daerah yang berwarna biru pada gambar terdapat tegangan paling besar sehingga faktor keamanannya kecil, sedangkan pada bagian yang berwarna merah yang terdapat tulisan *min* tegangan yang terjadi lebih kecil sehingga memiliki faktor keamanan yang besar. Faktor keamanan desain dikatakan aman apabila lebih dari 1, jadi desain *chassis* konsep B di atas dikatakan aman.

#### D. Grafik Hasil Simulasi Pada Chassis

Untuk memudahkan pemahaman dan proses analisis, data dari hasil simulasi pada *chassis* sebelumnya akan di presentasikan dalam bentuk grafik. Ini akan memungkinkan visualisasi yang lebih baik dan mempermudah hasil analisis.

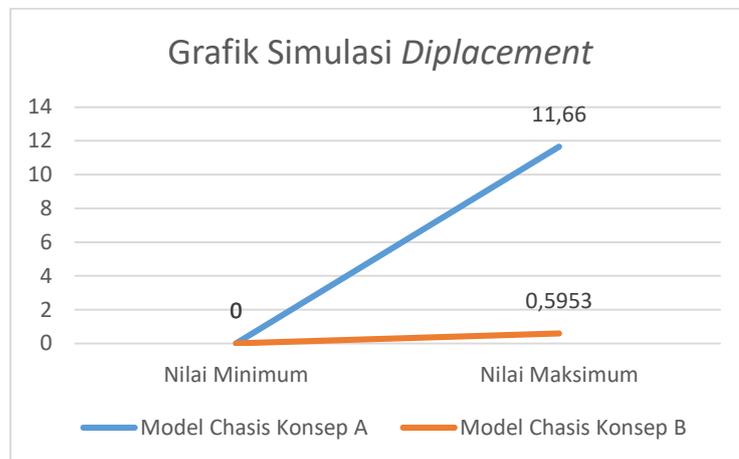
##### 1. Grafik simulasi tegangan *von mises*



**Gambar 13.** Grafik simulasi *von mises stress*

Pada grafik diatas nilai tegangan *von mises* maksimum dari model *chassis* konsep A sebesar 257,5 MPa dan model *chassis* konsep B sebesar 168 MPa. Kemudian nilai tegangan *von mises* minimum dari model *chassis* konsep A dan *chassis* konsep B sebesar 0 Mpa. Dari data menunjukkan bahwa tegangan *von mises* maksimum terbesar terjadi pada model *chassis* konsep A dengan nilai 257,5 Mpa.

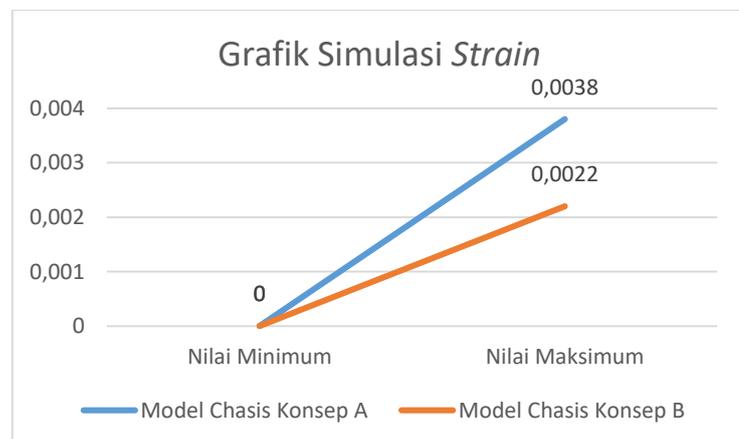
2. Grafik simulasi perpindahan (*displacement*)



**Gambar 14.** Grafik simulasi displacement

Pada grafik tersebut, nilai perpindahan maksimum dari model *chassis* konsep A adalah 11,66 mm, sedangkan untuk model *chassis* konsep B adalah 0,5953 mm. Sementara itu, nilai perpindahan minimum untuk kedua model adalah 0 mm. Analisis data menunjukkan bahwa perpindahan maksimum tertinggi terjadi pada model *chassis* konsep A dengan nilai 11,66 mm. Hal ini disebabkan oleh tingkat tegangan yang lebih tinggi pada model konsep A dibandingkan dengan model konsep B.

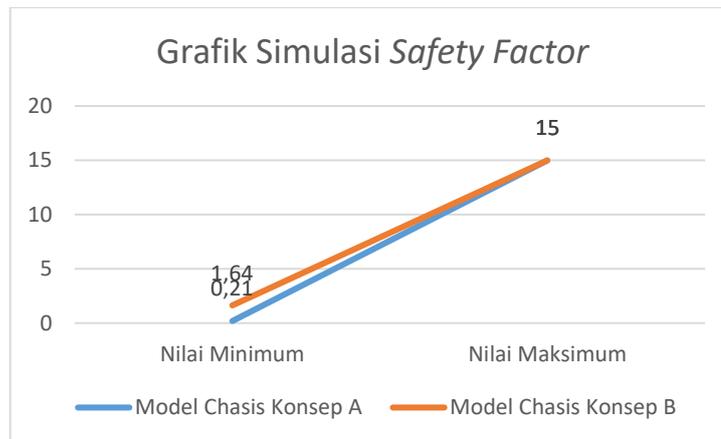
3. Grafik simulasi regangan (*strain*)



**Gambar 15.** Grafik simulasi regangan (*strain*)

Dalam grafik tersebut, terdapat regangan maksimum dari model *chassis* konsep A sebesar 0,0038 sementara untuk model *chassis* konsep B adalah 0,0022. Sedangkan nilai regangan minimum untuk model konsep *chassis* A dan B Dari data tersebut adalah 0. Dapat disimpulkan bahwa regangan maksimum terbesar terjadi pada model *chassis* konsep A dengan nilai 0,0038, karena pada model tersebut terdapat tingkat tegangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan model *chassis* konsep B. Meskipun demikian, dilihat dari grafik, hasil simulasi menunjukkan bahwa regangan pada kedua model tubuh memiliki nilai yang lebih rendah dari regangan izin yang dihitung sebelumnya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa kedua model tubuh aman dari segi regangan.

#### 4. Grafik simulasi faktor keamanan (*safety faktor*)



**Gambar 16.** Grafik simulasi faktor keamanan (*safety faktor*)

Dalam grafik tersebut, terdapat factor keamanan maksimum dari model *chassis* konsep A sebesar 15, sementara untuk model *body* konsep B adalah 15. Sedangkan nilai factor keamanan minimum untuk model *chassis* konsep A adalah 0,21 dan untuk model *chassis* konsep B adalah 1,64. Dari data tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor keamanan terkecil terjadi pada model *chassis* konsep A dengan nilai 0,21, karena pada model tersebut terdapat tingkat keamanan dengan desain konsep yang lebih rendah dibandingkan dengan model *chassis* konsep B.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Perancangan Desain dan Analisa *Chassis* Mobil Hemat Energi Tipe *Prototype* dengan Material Aluminium 6061” dengan menggunakan *software Autodesk Inventor professional 2024* maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada hasil desain *chassis* mobil hemat energi menggunakan *software Autodesk Inventor professional 2024*, menghasilkan 2 konsep desain yaitu konsep desain A dan konsep desain B. Tetapi, konsep *chassis* B memiliki kelebihan yaitu *chassis* dengan tipe *rollbar filliet* yang dapat mempermudah proses *assembly* pada bodi mobil hemat energi.
2. Input data yang diperlukan untuk menghasilkan tegangan *von misses*, regangan, perpindahan dan factor keamanan adalah desain *chassis* mobil hemat energi dengan format yang digunakan pada *software Autodesk Inventor professional 2024* dan beban yang akan di tampung oleh desain tersebut.
3. Dari hasil simulasi stress analisis tegangan *von misses* maksimum terdapat pada model *chassis* konsep A dengan nilai 257,5 Mpa dan *chassis* B dengan nilai 168 Mpa, dan *displacement* tertinggi terdapat pada hasil simulasi model *body* konsep A yaitu senilai 11,66. Nilai maksimum regangan (*strain*) dari simulasi model *chassis* konsep A dan *chassis* konsep B masing-masing yaitu 0,0038 dan 0,0022. Nilai maksimum dari model A *body* lebih besar dari nilai regangan yang diizinkan sedangkan nilai maksimum dari model B *body* lebih kecil dari nilai regangan yang diizinkan. Nilai *safety faktor* (faktor keamanan) dari masing-masing model *body* konsep A dan *body* konsep B yaitu sebesar 0,21 dan 1,64 dan keduanya memiliki faktor keamanan yang baik.
4. Hasil kesimpulan dari rancangan *chassis* mobil hemat energi menggunakan konsep A dan konsep B adalah hasil rancangan *chassis* menggunakan konsep B lebih di rekomendasikan, karena memiliki nilai *von mises stress* yang lebih baik, nilai regangan yang aman dan factor keamanan yang lebih baik, selain itu desain *chassis* konsep B lebih mudah dalam proses *assembly* dengan *body* mobil hemat energi tipe *prototype*.

### REFERENSI

- [1] F. R. Ramadhana, P. Studi, T. Mesin, J. Teknik, M. Fakultas, and U. Malikussaleh, *ANALISIS PEMBEBANAN PADA DESAIN CHASSIS PROTOTYPE MOBIL LISTRIK HEMAT ENERGI MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR 2019*. 2024.
- [2] Iswanto, I. (2020). The Effect of Additive on Peralite to Increase Motorcycle Fuel Efficiency. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(8), 4052-4055.
- [3] Iswanto, I., Ridho, M. S., Akbar, A., & Tjahjanti, P. H. (2024, July). The effect of addition of camphor to peralite

- on the efficiency of four stroke motorcycles. In AIP Conference Proceedings (Vol. 2952, No. 1). AIP Publishing. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0212301>.
- [4] M. I. Fakhri and T. Sukarnoto, "Analisis Chassis Mobil Hemat Energi Untuk Kontes Kmhe Tipe Prototype Team Hmm Usakti," *J. Penelit. Dan Karya Ilm. Lemb. Penelit. Univ. Trisakti*, vol. 8, no. 2, pp. 330–336, 2023, doi: 10.25105/pdk.v8i2.15812.
- [5] M. Setiawan Budi, Riyan, Hartono, Priyagung, Basjir, "Perancangan Design Chassis Kendaraan Mobil Hemat Energi ' ' HAIZUM''," vol. 15, no. 2, 2020.
- [6] J. Teknik and M. Vol, "ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan , Jurusan Teknik Mesin , Politeknik Negeri Bengkalis Email : arishtoteles99@gmail.com 30," vol. 7, no. 1, pp. 30–37, 2021.
- [7] M. Y. Wibowo, I. Maulana, A. A. Ghyferi, B. A. Kurniawan, and M. Nuril, "Perancangan Chassis Prototype Mobil Warak dan Simulasi Statik dengan Metode Finite Element Analysis," *J. Mek. Terap.*, vol. 3, no. 3, pp. 86–92, 2022, doi: 10.32722/jmt.v3i3.5138.
- [8] M. Fredyansah, Y. Gunawan, and R. R. Sisworo, "Optimalisasi Perancangan Chassis Mobil Listrik Tipe Prototype Menggunakan Autodeks Inventor," vol. 7, no. 2, pp. 57–65, 2022.
- [9] A. Wahab, M. Rohman, A. Saepuddin, and M. Sulaiman, "Desain Dan Simulasi Uji Kekuatan Chassis Mobil Sem Jenis Prototype Menggunakan Material Aluminium Alloy 7075," *J. Tek. Mesin Indones.*, vol. 17, no. 1, pp. 78–85, 2022, doi: 10.36289/jtmi.v17i1.297.
- [10] N. Izza, Y. Yetri, and P. Negeri Padang, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Perhitungan Ulang Chassis Mobil Marapi Evo 1 Untuk Kontes Mobil Hemat Energi 2021," vol. 15, no. 01, pp. 1–7, 2023.
- [11] D. Wibawa, Y. S. Pramesti, and A. Akbar, "Analisis Rangka Jayabaya Prototype 2.0 Menggunakan Aluminium Tipe AA356," pp. 188–193, 2021.
- [12] M. S. D. Ellianto and Y. E. Nurcahyo, "Rancang bangun dan simulasi pembebanan statik pada sasis mobil hemat energi kategori prototype," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 4, no. 2, pp. 53–58, 2020.
- [13] A. Hesthi, P. Ningtyas, and P. N. Rofiyanto, "Analisis desain frame sepeda listrik roda tiga sebagai alat bantu transportasi bagi penyandang disabilitas menggunakan software Autodesk Inventor," vol. 16, no. 2, pp. 7–11, 2021.
- [14] H. Isworo, A. Ghofur, and G. Rudi, "Analisis displacement pada chassis mobil listrik wasaka 1)," vol. 6, no. 2, pp. 94–104, 2019.
- [15] Jakaria, R. B., Iswanto, I., Widodo, E., & Kusumawardani, P. A. (2024). Perseptif Desain Produk: Merancang Atribut Produk. Umsida Press, 1-64.

Halaman ini sengaja dikosongkan  
(This page is intentionally left blank)