



## Metalik: Jurnal Manufaktur, Energi, Material Teknik

### Jurnal Artikel

# Analisis Konstruksi Chassis Mobil Listrik Prototype Tipe Hollow Alumunium 6061 Profil Pipa Menggunakan Simulasi CFD

An Naas Rahman<sup>1</sup>, Rryan Ariyansah<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>1, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Informatika

Email : anaasrahmaan23@gmail.com

Artkel Info - : Received : 29 Juni 2025 ;      Revised : 14 Juli 2025;      Accepted: 15 Juli 2025

### Abstrak

**Background:** Chassis merupakan bagian terpenting pada structural kendaraan. Masa kini sudah banyak kendaraan yang menggunakan tenaga listrik, karena bahan bakar fosil akan habis. Adanya bahan bakar listrik menjadikan kendaraan dimasa kini ramah lingkungan dan tidak mengeluarkan polusi. Pembuatan mobil listrik prototipe salah satunya menyiapkan desain dan disimulasikan menggunakan software. Penelitian ini bertujuan untuk menemukan model chassis dengan bahan alumunium hollow 6061 yang terbaik dengan perbandingan tiga model chassis. Perbandingan dilakukan melalui analisis static menggunakan software Autodesk Inventor 2019 dengan model chassis pola H, X, dan Y yang akan diberikan beban sebesar 900 N meliputi beban pengemudi sebesar 600 N. Nilai yang didapat dari analisis statik, yaitu Von Mises Stress, Displacement, dan Safety Factor. Chassis pada pengujian ini memiliki dimensi ukuran 2,160 mm x 750 mm x 500 mm dengan ketebalan 2 mm. Kesimpulan dari hasil pengujian statik pada chassis menjelaskan chassis dengan model H menjadi model chassis yang terbaik pada penelitian ini dengan nilai Von Mises Stress 36,03 MPa, Displacement 4,28 mm, dan Safety Factor 7,63. Berdasarkan hasil tersebut chassis model H aman.

**Kata kunci:** prototype, inventor, von mises stress, displacement, safety factor

### Abstract

**Background:** The chassis is the most important structural part of the vehicle. Nowadays, many vehicles use electric power, because fossil fuels will run out. The existence of electric fuel makes today's vehicles environmentally friendly and does not emit pollution. One way to make a prototype electric car is to prepare a design and simulate it using Autodesk Inventor Software. This research aims to find the best chassis model made from 6061 hollow aluminum by comparing three chassis models. The comparison was carried out through static analysis using Autodesk Inventor 2019 software. With chassis models, namely chassis pattern H, X, and Y which will be subjected to a static load test of 900 N including the driver's load of 600 N. The values obtained are von mises stress, displacement, and safety factor. The chassis in this test has dimensions of 2,160 mm x 750 mm x 500 mm with a thickness of 2 mm. The conclusions from the static test results on the chassis explains that the H model chassis is the best chassis model in this study with a von mises stress value of 36,03 MPa, displacement of 4,28 mm, and safety factor of 7,63. Based on these result, the H model chassis is safe.

**Keywords:** prototype, inventor, von mises stress, displacement, safety factor



© 2020 by authors. Lisensi Jurnal Metal : Manufaktur, Energi, Material Teknik, Uhamka, Jakarta. Artikel ini bersifat open access yang didistribusikan di bawah syarat dan ketentuan Creative Commons Attribution ([CC-BY](#)) license.

## 1. Pendahuluan

Chassis merupakan bagian struktural terpenting pada sebuah kendaraan. Saat ini banyak kendaraan yang menggunakan tenaga listrik. Sebab bahan bakar

fosil akan habis. Hadirnya bahan bakar listrik menjadikan kendaraan masa kini ramah lingkungan dan tidak menimbulkan polusi. Perkembangan zaman membuat dunia otomotif kini juga ikut berkembang, yang dulunya sasis terbuat dari baja, kemudian

berkembang menggunakan pelat baja bahkan aluminium yang memiliki bobot ringan sehingga mendapatkan material tersebut. (Thawafani et al., n.d.)

Teknologi mobil listrik kini juga menjadi solusi sebagai penghemat energi yang kini mulai menipis di dunia. Ada pula transportasi yang dapat menggunakan 2 versi energi, yakni menggunakan listrik dan bensin yang bekerja secara bergantian saat kendaraan berada pada kendaraan tertentu, sehingga penggunaan bahan bakar lebih hemat. *Chassis* merupakan komponen utama pada sebuah mobil. *Chassis* sendiri memiliki beberapa jenis, yakni *ladder frame*, *tubular space frame*, *aluminum space frame*, *monocoque*, dan *backbone*. Di sisi lain, sasis harus memiliki bobot yang ringan dan kuat sebagai penopang mesin, bodi mobil, dan pengemudi.(Alfatih Hendrawan et al., n.d.)

Penelitian ini menggunakan jenis *ladder frame* dengan material aluminium hollow agar dapat memaksimalkan performa dan biaya. Penelitian ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019 yang memiliki fitur *finite element Analysis (FEA)* dan juga memiliki fitur model 3 Dimensi (3D) yang dapat menyelesaikan kesulitan dalam ilmu desain dan analisis.(Boye et al., n.d.)

*Chassis ladder frame* ini diharapkan mampu mengetahui distribusi tegangan, perpindahan, dan faktor keamanan dengan beban pengemudi sebesar 60 kg dan variabel beban lainnya. Prototipe *chassis* yang digunakan harus cukup kuat untuk menahan beban berat berupa beban dari mesin, aksesoris, akselerasi, dan beban pengemudi itu sendiri. *Chassis* yang kuat memerlukan material dengan kualitas yang sesuai.(Mulyanto & Sapto, 2017)

Maka dari itu harus dilakukan pengujian kekuatan pada *chassis* dengan cara *stress testing*, *frame testing*, dan *safety testing*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2019 untuk mengukur kemampuan dari *chassis* yang akan diuji agar *chassis* dapat digunakan dengan aman bagi pengemudi dan terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan.

*Chassis* juga merupakan bagian penting dari setiap kendaraan. Dalam perancangan analisis *chassis* ini diharapkan mendapatkan hasil yang optimal pada tingkat keamanan *chassis* ini dan dimensi *chassis* serta dimensi konstruksi *chassis* disesuaikan agar mampu menahan beban dari seluruh komponen yang nantinya akan diletakkan pada *chassis*. Dalam pengujian untuk mendapatkan hasil yang akurat maka proses pengujian menggunakan software Autodesk Inventor 2019 dengan penggunaan fitur

stress analysis dan frame analysis yang menghasilkan tegangan von mises, displacement, dan safety factor untuk mengetahui lendutan yang terjadi pada chassis prototipe pada pengujian pembebanan.(Firmansyah et al., n.d.-a)

## 2. Metode

### 2.1 Lingkup Penelitian

Metode dalam penelitian ini memiliki tahapan yaitu kajian pustaka, pengumpulan data untuk acuan dalam pembuatan model chassis, pemodelan desain chassis ladder frame dengan tiga pola, simulasi dan analisis desain chassis yang telah dibuat untuk mendapatkan hasil analisis chassis yang terbaik. Kajian pustaka bertujuan untuk mendapatkan hasil numerik yang akan dijadikan acuan untuk pengujian kelayakan chassis pada penelitian ini. Dalam hal ini, jenis rangka yang digunakan adalah ladder frame. Rangka ini memiliki banyak kelebihan dan kompatibilitas dalam merancang prototipe mobil listrik. Penelitian ini menggunakan finite element analysis dengan menggunakan software Autodesk inventor 2019. Selanjutnya pengumpulan data, teknik pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi sistematis yaitu pengamatan dalam batasan suatu penelitian, nilai-nilai yang dibutuhkan dalam penelitian. Penulis membahas analisis yang dibatasi pada penelitian dasar pada tiga pola chassis, analisis tegangan von mises, displacement, dan safety factor dengan material aluminium hollow 6061.

### 2.2 Sampel/Partisipan/responden

Jelaskan partisipan yang terlibat dalam penelitian secara detail termasuk karakteristiknya jika perlu (misal: jumlah, jenis kelamin, dll). Jelaskan pula kriteria sample yang digunakan dan alasan pemilihan teknik sample. Karakteristik sample boleh di buat table jika terlalu banyak.

Untuk riset biologi murni, bagian ini dapat diganti dengan penyiapan bahan (sample preparation) pada sub judulnya. Isinya menjelaskan secara spesifik tentang sample yang digunakan (apa, darimana, kapan) sample tersebut diperoleh.

### 2.3 Instrumen/alat

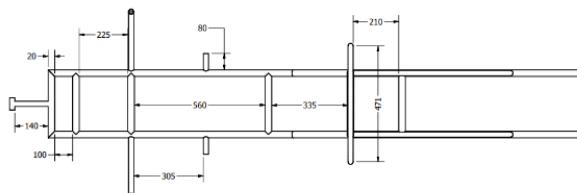
Hardware yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop Asus tipe X441U dengan spesifikasi RAM 4GB DDR3L, CPU 2.0 GHz, menggunakan sistem windows 10 home 64-bit, dan prosesor intel Core i3-6006U.

Software CAD yang dapat memudahkan perancangan dengan pemodelan 2D dan 3D.

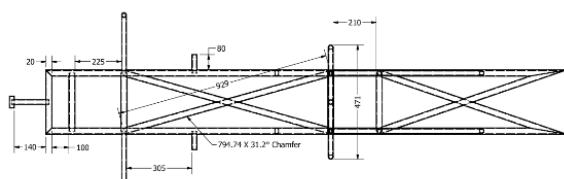
Perangkat lunak juga diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan analisis beserta simulasi chassis kendaraan untuk mendapatkan hasil terbaik secara komputasi. Perangkat lunak yang digunakan adalah perangkat lunak Autodesk Inventor 2019. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian chassis ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2019, untuk melakukan simulasi analisis statik pada desain model chassis prototipe guna mendapatkan hasil terbaik dari ketiga model desain chassis.

## 2.4 Prosedur Penelitian

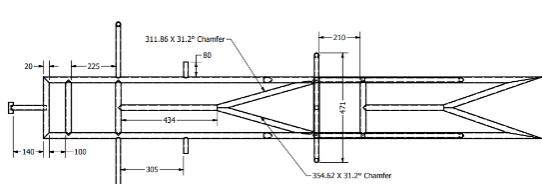
Penelitian ini membuat dan menguji tiga model chassis, tepatnya pada bagian tengah chassis, dimana bagian ini berfungsi untuk menyangga pengemudi. Model chassis pada penelitian ini menggunakan material profil pipa aluminium hollow 6061, yang didesain dan diuji menggunakan software Autodesk Inventor 2019. Dimensi chassis meliputi 2.160 mm x 250 mm x 650 mm. Pola pada chassis akan menggunakan tiga pola, yaitu H, X, dan Y, yang akan divariasikan pada posisi tengah chassis, seperti pada gambar 2, gambar 3, dan gambar 4.



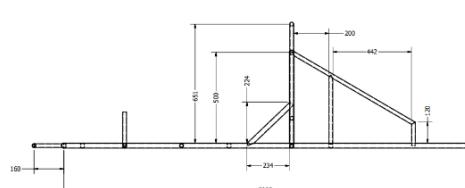
Gambar 1. Sketsa desain chassis pola H



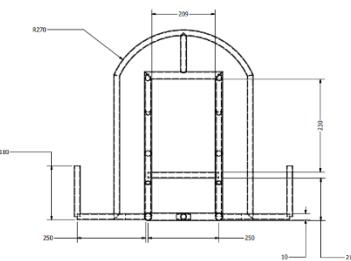
Gambar 2. Sketsa desain chassis pola X



Gambar 3. Sketsa desain chassis pola Y



Gambar 4. Tampak samping sketsa desain chassis



Gambar 5. Tampak depan sketsa desain chassis

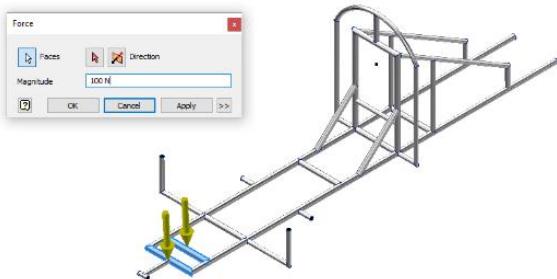
## Pengumpulan Data dan Analisis Data

Tahap ini meliputi data material yang dibutuhkan sesuai dengan penelitian. Data material dapat diset pada software Autodesk Inventor 2019 pada material tool. Tentukan constraint area sebagai dudukan yang akan dihubungkan dengan suspensi. Kemudian perlu diasumsikan dudukan tersebut rigid terhadap suspensi dan tidak mengalami displacement akibat pembebahan.

Untuk memudahkan perhitungan, diperlukan kelompok pembebahan yang harus disesuaikan dengan titik pembebahan yang diinginkan dan ditentukan. Pembebahan pada chassis memerlukan perubahan satuan dari KG ke N, sehingga perlu dilakukan perkalian berat jenis dengan pembebahan kg. Titik pembebahan dilakukan sebagai upaya pengelompokan beban pada chassis agar dapat diasumsikan dengan tepat untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari proses pengujian. Pembebahan ini harus disesuaikan dengan posisinya. Setiap pola chassis diberikan nilai pembebahan yang sama, yang hanya menghitung berat pengemudi sebagai upaya untuk mendapatkan hasil simulasi chassis yang statis dan menentukan chassis terbaik untuk variabel pembebahan yang sama. Berikut pembebahan yang dilakukan pada ketiga pola chassis dengan material profil pipa hollow aluminium 6061. Berikut ini adalah beban yang berlaku pada sasis aluminium 6061.

### Titik Beban pada Sasis H

Pembebahan diberikan pada beberapa titik, titik pembebahan kaki pengemudi, pinggang pengemudi, punggung pengemudi, komponen penggerak roda depan, dan komponen mesin. Gambar sasis model H di bawah ini adalah pembebahan kaki pengemudi yang diberi nilai 100 N, dengan titik pembebahan terletak di bagian depan.



**Gambar 6.** Beban kaki

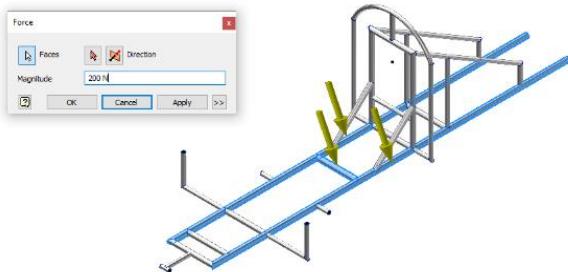
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban kaki} \times g$$

$$F_1 = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban pinggang pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik pembebahan berada di tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bawah.



**Gambar 7.** Beban pinggang

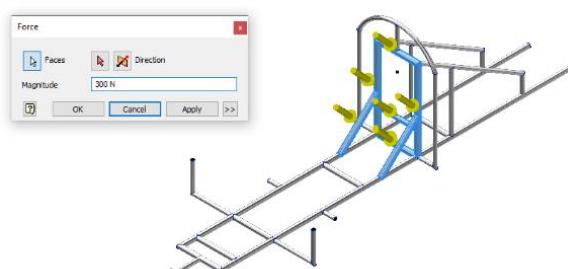
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban pinggang} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban punggung pengemudi sebesar 30 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi pada bodi bagian bawah.



**Gambar 8.** Beban punggung

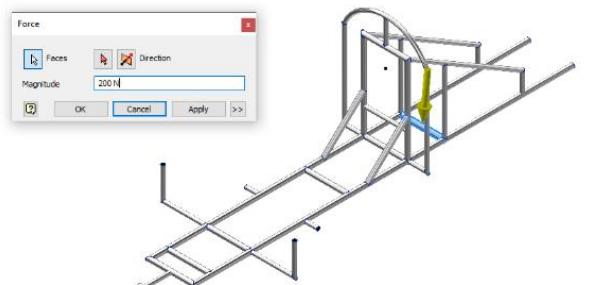
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban punggung} \times g$$

$$F_1 = 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 300 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban mesin pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 9.** Beban Mesin

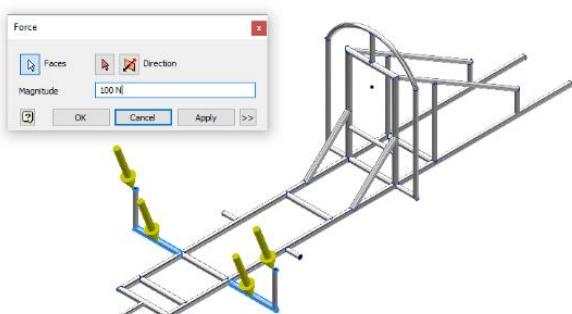
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban penggerak roda sebesar 10 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 10.** Beban penggerak roda

Berikut perhitungannya.

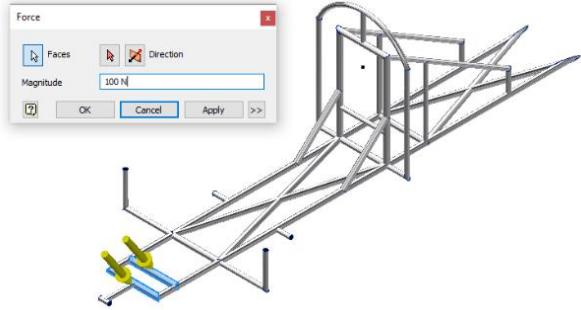
$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

$$F_1 = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

### Titik Beban pada Sasis X

Pembebaan diberikan pada beberapa titik, yaitu titik beban kaki pengemudi, pinggang pengemudi, punggung pengemudi, komponen penggerak roda depan, dan komponen mesin. Gambar sasis model X di bawah ini merupakan beban kaki pengemudi yang diberi nilai 100 N, dengan titik beban berada di bagian depan.



**Gambar 11.** Beban kaki

Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban kaki} \times g$$

$$F_1 = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban pinggang pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik pembebanan berada di tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 12.** Beban pinggang

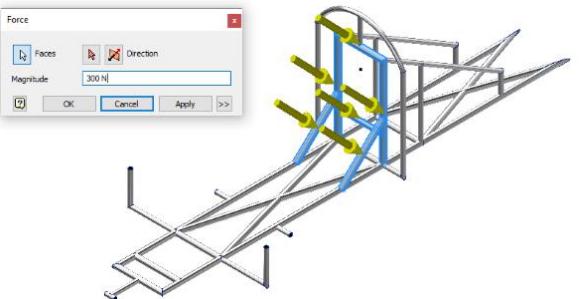
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban pinggang} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban punggung pengemudi sebesar 30 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi pada bodi bagian bawah.



**Gambar 13.** Beban punggung

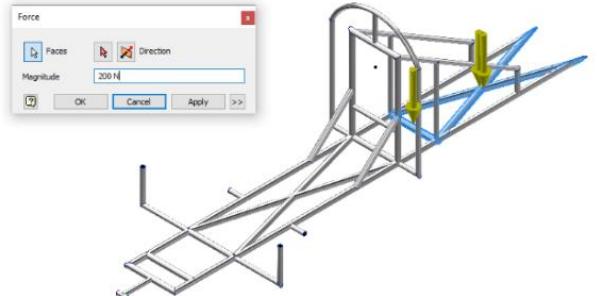
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban punggung} \times g$$

$$F_1 = 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 300 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban mesin pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 14.** Beban Mesin

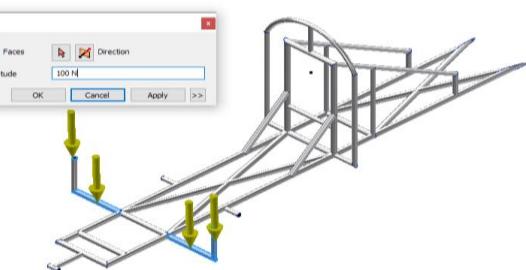
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban penggerak roda sebesar 10 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 15.** Beban penggerak roda

Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

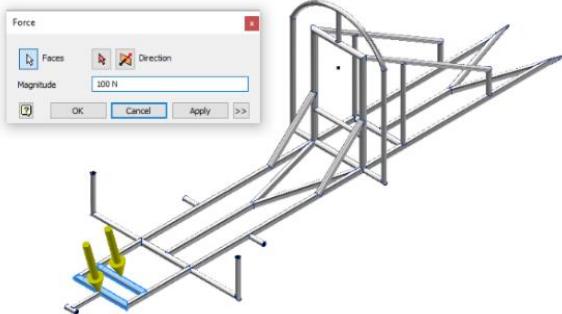
$$F_1 = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

### **Titik Beban pada Sasis Y**

Pembebaan diberikan pada beberapa titik, yaitu titik beban kaki pengemudi, pinggang pengemudi, punggung pengemudi, komponen penggerak roda depan, dan komponen mesin. Gambar sasis model Y di bawah ini merupakan beban kaki pengemudi yang

diberi nilai 100 N, dengan titik beban berada di bagian depan.



**Gambar 16.** Beban kaki

Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban kaki} \times g$$

$$F_1 = 10 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 100 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban pinggang pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik pembebanan berada di tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 17.** Beban pinggang

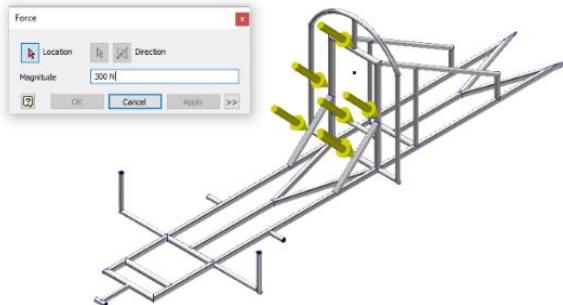
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban pinggang} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H di bawah ini merupakan titik beban punggung pengemudi sebesar 30 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gaya gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi pada bodi bagian bawah.



**Gambar 18.** Beban punggung

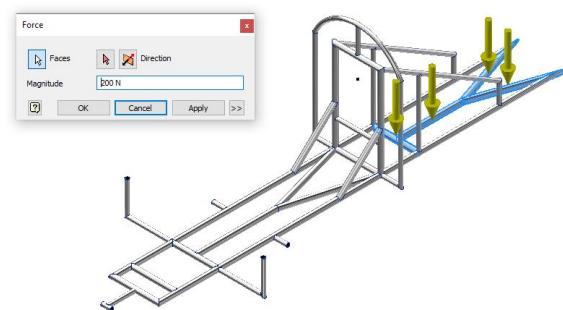
Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban punggung} \times g$$

$$F_1 = 30 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 300 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban mesin pengemudi sebesar 20 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gaya gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi di bodi bagian bawah.



**Gambar 19.** Beban Mesin

Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

Gambar *Chassis* model H dibawah ini merupakan titik beban penggerak roda sebesar 10 kg. kemudian dikalikan dengan nilai gaya gravitasi sebesar  $10 \text{ m/s}^2$ . dengan titik beban berada di bagian tengah sasis sesuai dengan beban pengemudi pada bodi bagian bawah.



**Gambar 20.** Beban penggerak roda

Berikut perhitungannya.

$$F_1 = \text{Beban Mesin} \times g$$

$$F_1 = 20 \text{ kg} \times 10 \text{ m/s}^2$$

$$F_1 = 200 \text{ N}$$

## Simulasi Analisis Statis

Setelah selesai melakukan pemodelan 3 dimensi chassis ladder frame dengan material aluminium 6061 menggunakan autodesk inventor

Simulasi ini menghasilkan nilai tegangan maksimum dan minimum terhadap pembelahan yang dilakukan pada titik-titik yang telah ditentukan sebagai penahan beban pengemudi dan beban mesin. Terlihat pada simulasi terdapat warna biru tua hingga merah yang mempengaruhi konsentrasi tegangan. Lendutan pada chassis dipengaruhi oleh suatu gaya yang telah ditentukan pada masing-masing sisi chassis. Kemudian akan diperoleh hasil faktor keamanan pada chassis dalam hal keamanan. Analisis statis chassis dengan tiga pola H, X dan Y dapat diketahui pola mana yang paling baik menurut perhitungan tegangan von Mises, perpindahan dan faktor keamanan yang telah diperoleh.

Aluminium yang akan digunakan adalah aluminium jenis 6061. Pada penelitian ini nilai sifat-sifat material aluminium harus diperhatikan agar memperoleh hasil yang maksimal. Setiap material mempunyai spesifikasinya masing-masing, pada material aluminium 6061 diperoleh spesifikasi material berikut yang ditunjukkan pada tabel dibawah.

**Table 1.** Sifat Fisik Aluminium 6061

Name		
General	Alumunium 6061	
Mass Density	2,7 g/cm <sup>3</sup>	
Yield Strength	275 MPa	
Ultimate Tensile Strength	310 MPa	
Stress	Young Modulus	68,9 GPa
	Poisson's Ratio	0,33 $\mu$
	Shear Modulus	25,9023 GPa

## Validasi Hasil Perancangan

Validasi hasil perancangan merupakan acuan untuk memastikan bahwa data yang diperoleh dari hasil perancangan terbukti akurat dengan bantuan software Autodesk Inventor 2019. Validasi sebagai bentuk baku dalam suatu perancangan sehingga hasil perancangan dapat dipastikan layak atau tidak layak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Standar yang diperoleh sebagai acuan dalam menghitung

hasil tegangan von misses harus berada di bawah nilai yield strength dan safety factor harus disesuaikan dengan standar.

## Proses Desain Chassis

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan pada tahap validasi desain prototipe chassis mobil listrik menggunakan software Autodesk Inventor 2019, berikut ini tahapannya:

### 1. Pra-Proses Desain

Proses pra-desain adalah proses mempersiapkan bentuk chassis yang akan dirancang sesuai dengan kebutuhan dan keinginan untuk memaksimalkan hasil analisis chassis menggunakan aluminium hollow 6061.

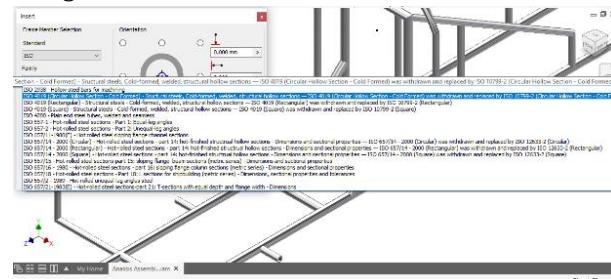
### 2. Proses Desain

Proses desain memiliki beberapa tahapan penting yang bertujuan untuk memudahkan pemahaman proses pemodelan, proses ini menggunakan software Autodesk Inventor 2019. Berikut ini tahapannya:

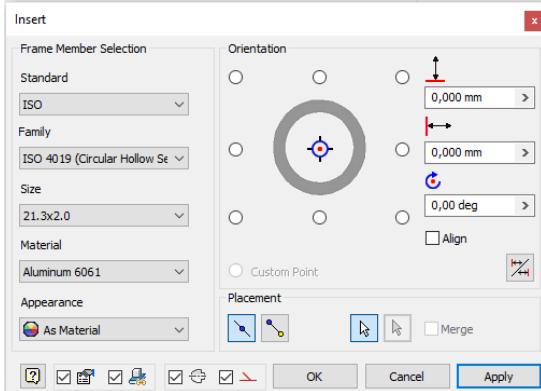
#### a. Bagian Desain Proses

Hasil sketsa dibuat dalam bentuk 3D dengan memasukkan jenis chassis yang akan dibuat. Ketiga pola chassis H, X dan Y akan dibuat sesuai ukuran standar ISO.

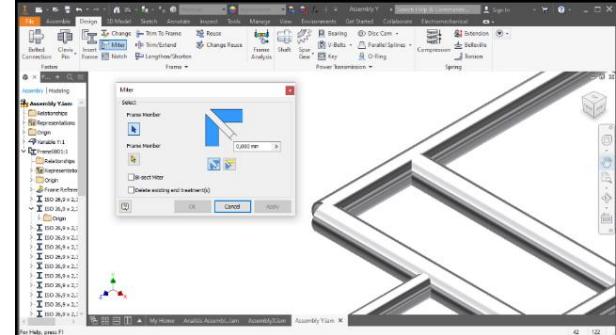
Chassis ini menggunakan jenis chassis yang sama dengan ukuran dimensi yang sama. Jenis chassis yang digunakan adalah ISO 4019 (Circular Hollow Section - Cold shaped) - Baja struktural, Cold - shaped, dilas, penampang hollow struktural dengan dimensi 21,3 x 2,0 dan 26,3 x 2,3 Informasi ini ada pada gambar 22 dan gambar 23.



**Gambar 21.** Pemilihan Tipe Material

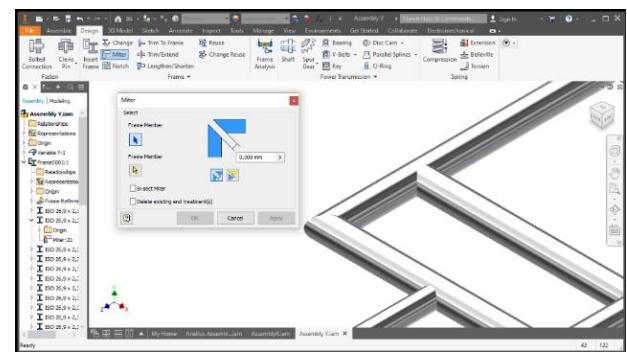


Gambar 22. Spesification Material



Gambar 24. Sebelum proses miter

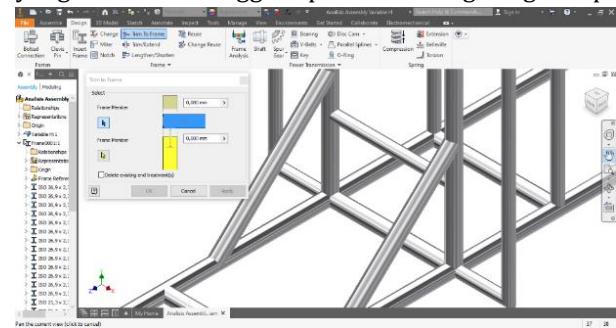
Sebelum dilakukan nya proses miter batang rangka terlihat belum saling tersambung dengan rapih dan baik, maka diperlukan proses miter agar bagian-bagian pada batang rangka dapat tersambung dengan baik.



Gambar 25. Setelah proses miter

### 3. Proses Trim/Extend

Proses penyambungan ujung-ujung komponen yang saling bersentuhan dengan cara memotong bagian yang berlebih sehingga dapat disambung dengan rapi.



Gambar 26. Proses trim/extend

### Proses Analisis

Analisis rangka dilakukan sebagai pembuktian berupa validasi dalam melakukan tahapan analisis dengan menggunakan software, analisis dilakukan melalui beberapa tahap untuk mendapatkan hasil yang akurat dan maksimal.

#### Analisis praproses

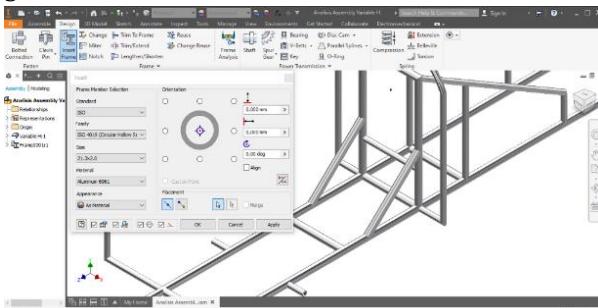
Prosedur analisis praproses merupakan persiapan untuk analisis desain rangka dengan

## b. Proses Perancangan Rangka

Proses perancangan rangka merupakan suatu proses yang dilakukan terhadap komponen-komponen rangka agar terbentuk suatu komponen rangka tunggal yang utuh dan kuat dari segi struktur materialnya. Berikut ini adalah tahapan-tahapannya:

### 3. Memasukkan Rangka

Memasukkan jenis rangka yang akan digunakan, standar yang digunakan pada penelitian ini menggunakan standar ISO. Rangka yang digunakan menggunakan tipe hollow yang dapat dipilih pada gambar di bawah ini.



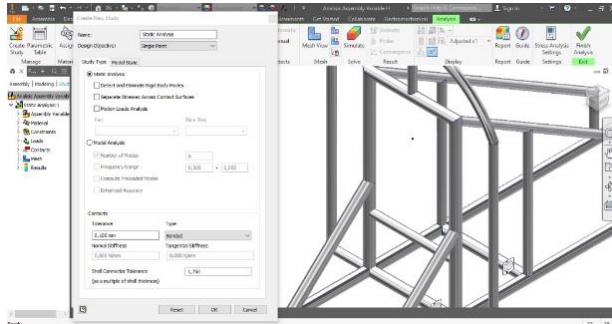
Gambar 23. Memasukan Rangka

### 4. Proses Miter

Proses miter dilakukan untuk membantu dalam pembuatan desain chassis, proses miter dapat dikatakan meliputi proses pengelasan untuk bagian-bagian chassis, karena software akan secara otomatis menyambungkan dua komponen yang tidak berhubungan untuk disambungkan terutama pada bagian sudut-sudut komponen. Berikut ini adalah kondisi sebelum dan sesudah proses miter dilakukan.

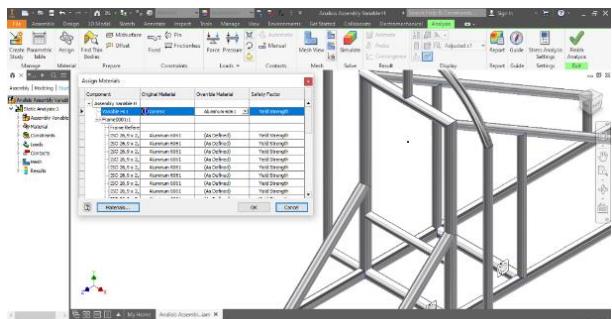
melakukan verifikasi material, pengaturan constraint, constact dan penentuan pembebahan yang tepat. Berikut langkah-langkahnya:

1. Tahap pertama adalah melakukan penyederhanaan model rangka. Rangka rangka disesuaikan dengan tipenya, tipe rangka rangka yang digunakan pada penelitian ini adalah tipe ladder frame.
2. Kemudian klik environments – stress analysis – create simulations – static analysis – ok



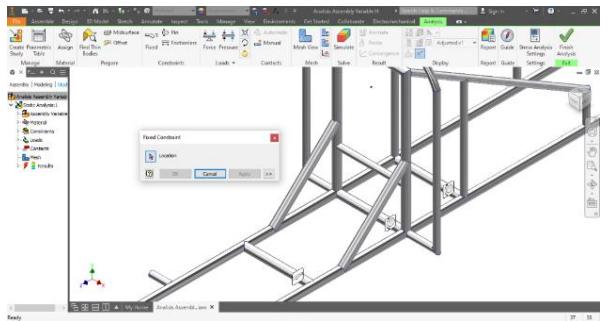
Gambar 27. Tahap pertama simulasi

3. Tentukan assign material masukkan jenis atau macam material yang digunakan yaitu material aluminium 6061.



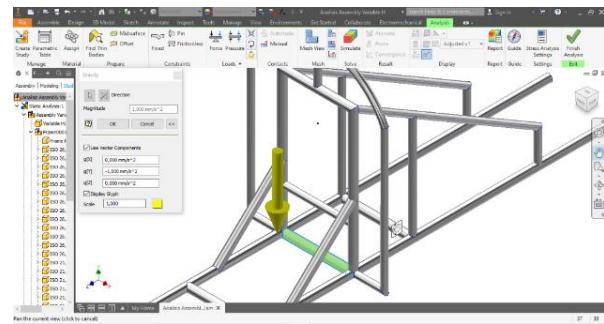
Gambar 28. Memasukan tipe material

4. Menentukan titik dukungan (*constraint*) dalam desain sasis dan menentukan kontak secara otomatis.



Gambar 29. Menentukan titik *constrain*

5. Tentukan nilai gravitasi yang sesuai dengan variabel sudut ke *chassis*.



Gambar 30. Mengatur titik grafitasi

6. Tentukan beban yang meliputi beban pengemudi, beban komponen mesin, dan beban komponen penggerak roda depan sebesar 900 N dengan titik-titik yang disesuaikan dengan pola rangka masing-masing model.



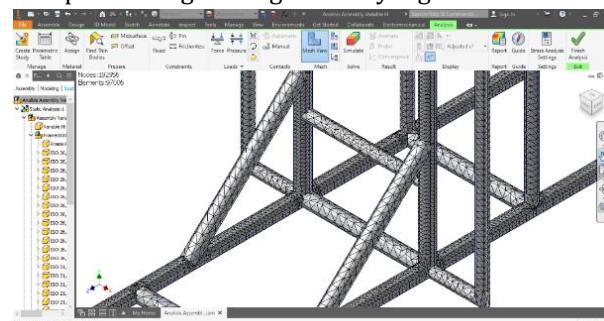
Gambar 31. Titik pemuatan pada *Chassis*

### Proses Simulasi

Proses analisis chassis, setelah tahap analisis awal dilakukan, maka tahap analisis selanjutnya adalah meshing view, simulasai dan hasil simulasai, berikut tahapannya:

1. Tampilan Meshing

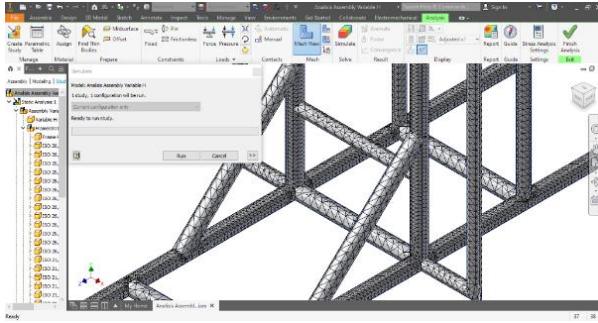
Proses meshing digunakan secara otomatis yang berguna sebagai ukuran kerataan pada permukaan rangka, sehingga memudahkan dalam menganalisa komponen rangka dengan hasil yang lebih akurat.



Gambar 32. Proses meshing

2. Simulasi

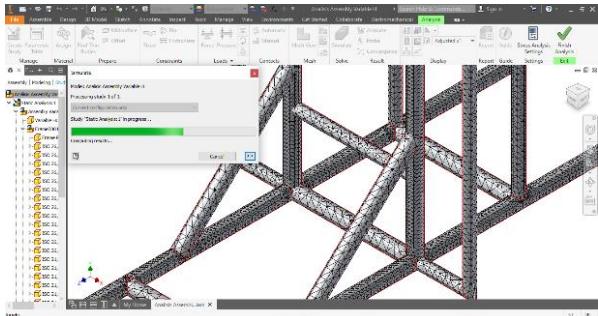
Simulasi merupakan tahapan proses simulasai analisis yang akan dijalankan oleh perangkat lunak, kemudian klik "Jalankan" untuk memulai simulasai.



Gambar 33. Simulasi

### 3. Simulasi Proses

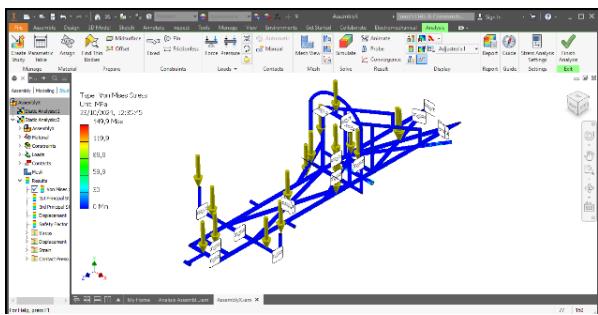
Menunggu proses simulasi yang sedang berlangsung untuk mendapatkan hasil simulas.



Gambar 34. Menjalankan simulasi

### 4. Hasil Simulasi

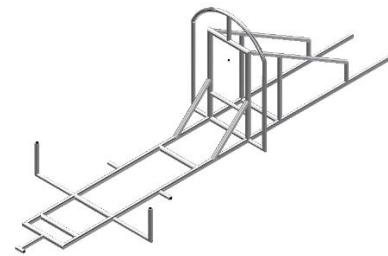
Hasil yang diperoleh dari simulasi berupa nilai tegangan von mises, perpindahan dan faktor keamanan.



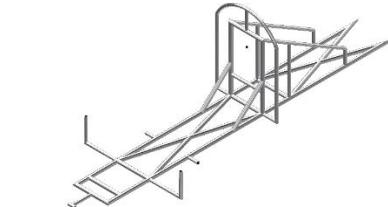
Gambar 35. Hasil simulasi

## Hasil

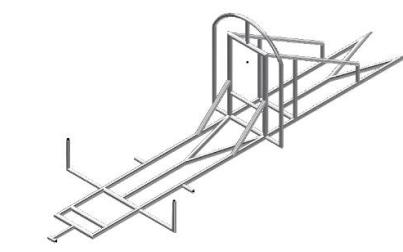
Hasil perancangan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian dengan simulasi analisis statik pada rangka chassis yang dirancang menggunakan tipe ladder frame dengan model yang berbeda yaitu model H, X dan Y. Perancangan rangka chassis ladder frame ini menggunakan material alumunium hollow berstandar ISO 6061. Berikut ini merupakan hasil perancangan dari ketiga model chassis yang terdapat pada Gambar 36, Gambar 37, dan Gambar 38.



Gambar 36. Hasil desain *chassis* pola H



Gambar 37. Hasil desain *chassis* pola X

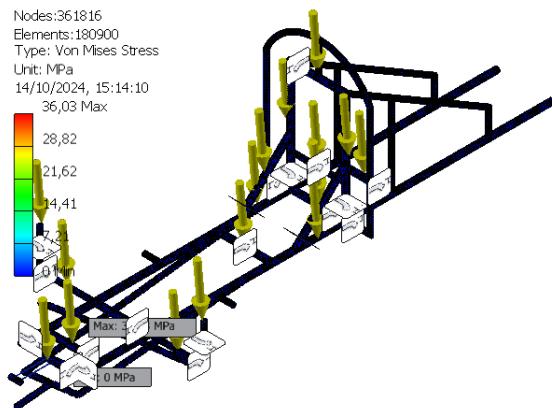


Gambar 38. Hasil desain *chassis* pola Y

Pengujian yang telah dilakukan melalui beberapa tahapan dan juga metode yang dikombinasikan dengan metode lainnya, kemudian melalui bantuan software Autodesk Inventor 2019 didapatkan hasil pengujian dari tiga rangka yaitu pola H, X dan Y. Berikut ini adalah hasil nilai pengujian yang telah dilakukan.

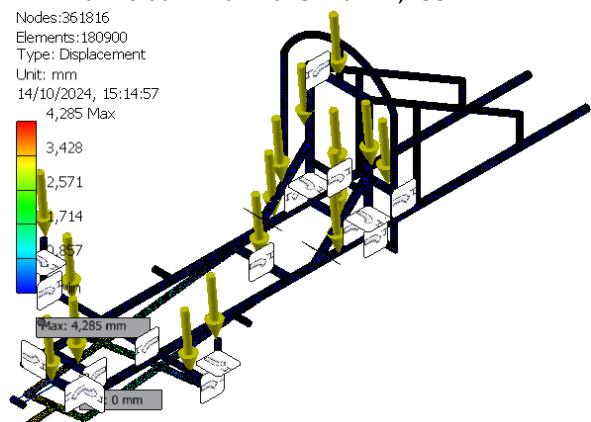
### *Chassis Pola H*

Hasil pengujian yang telah dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Inventor 2019, mendapatkan nilai berupa tegangan Von Misses, perpindahan dan faktor keamanan. Nilai yang didapatkan dari nilai tegangan Von Misses yaitu, nilai minimum sebesar 0 MPa sedangkan nilai maksimum sebesar 36,03 MPa. Rangka ini termasuk dalam kategori aman karena pada gambar 39 terlihat warna yang dimilikinya adalah biru yang menandakan tidak terjadi tegangan berlebih, tegangan berlebih terjadi jika rangka berubah menjadi merah. Dalam hal ini dapat dikatakan aman dan tidak putus jika diberikan beban sebesar 900 N.



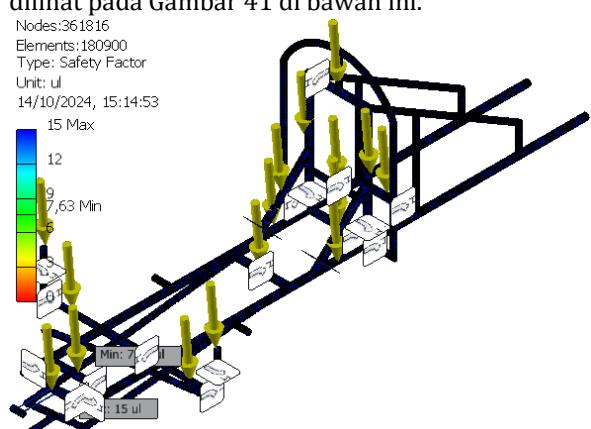
Gambar 39. Hasil von mises stress

Pengujian selanjutnya adalah mengenai displacement. Pada gambar 40, terlihat beberapa komponen dengan warna yang berbeda-beda pada sasis, yang menunjukkan displacement yang cukup tinggi. Nilai displacement menunjukkan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 4,285 mm.



Gambar 40. Hasil displacement

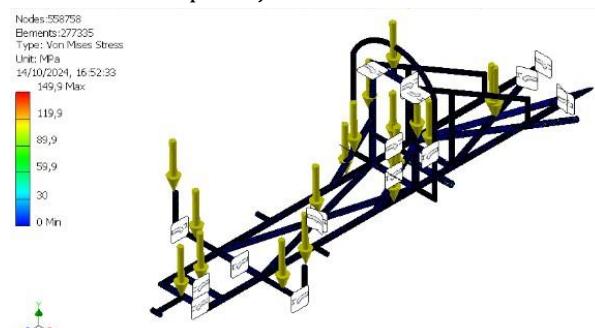
Pengujian selanjutnya adalah analisis faktor keamanan rangka berpola H. Rangka ini memiliki nilai faktor keamanan sebesar 7,63. Hal ini masih dianggap aman karena tidak ada warna merah yang mendekati nilai terendah pada rangka. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 41 di bawah ini.



Gambar 41. Hasil Safety Factor

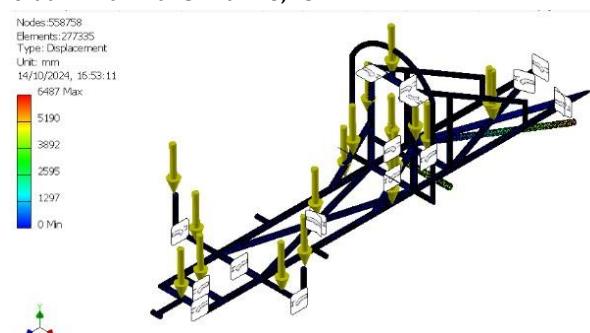
### **Chassis Pola X**

Pengujian telah dilakukan dengan menggunakan Autodesk inventor 2019, didapatkan nilai tegangan yang diperoleh sasis dari pembebaan, nilai perpindahan yang terjadi pada sasis, dan nilai keamanan untuk memastikan sasis berada pada tingkat keamanan yang baik. Nilai tegangan yang diperoleh pada sasis model X adalah 0 MPa pada nilai minimum dan 149,9 MPa pada nilai maksimum. Sasis ini termasuk dalam kategori aman karena pada gambar 4-7 terlihat warna yang dimilikinya adalah biru yang menandakan tidak terjadi tegangan berlebih, tegangan berlebih terjadi jika sasis berubah warna menjadi merah. Dalam hal ini dapat dikatakan aman dan tidak putus jika diberi beban sebesar 900 N.



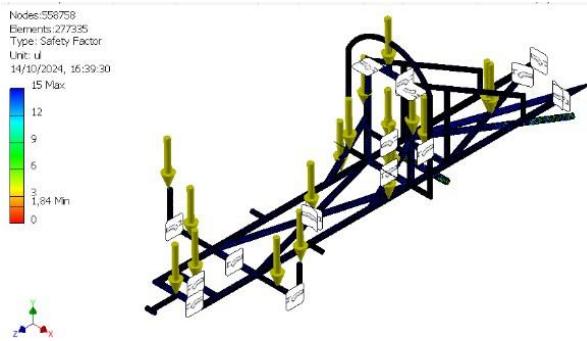
Gambar 42. Hasil von mises stress

Pengujian selanjutnya adalah mengenai perpindahan. Pada gambar 43 terlihat beberapa komponen dengan warna yang berbeda-beda pada sasis, hal ini menunjukkan perpindahan yang cukup tinggi. Nilai perpindahan menunjukkan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 6,487 mm.



Gambar 43. Hasil displacement

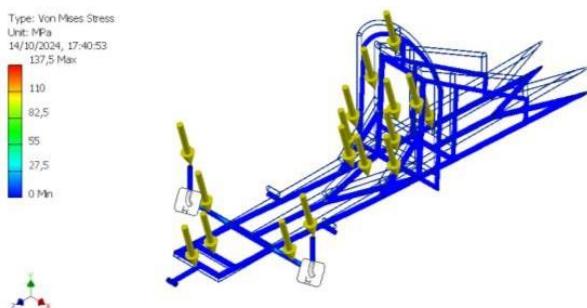
Pengujian selanjutnya adalah analisis faktor keamanan sasis berpola X. Sasis ini memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,84. Sasis dengan pola X ini tergolong kurang aman dan tidak dapat digunakan pada aplikasi torsi tinggi, karena hasilnya mendekati warna merah yang menunjukkan nilai terendah pada sasis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 44 di bawah ini.



**Gambar 44.** Hasil safety factor

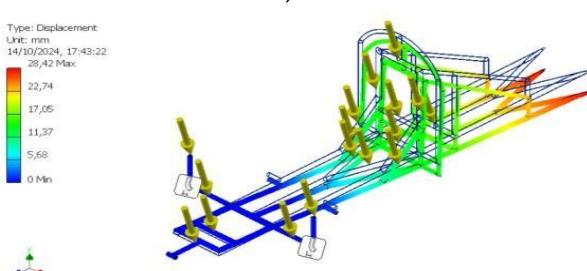
#### **Chassis** Pola Y

Telah dilakukan pengujian dengan menggunakan Autodesk Inventor 2019, didapatkan nilai tegangan yang diperoleh sasis dari pembebanan, nilai perpindahan yang terjadi pada sasis dan nilai keamanan untuk memastikan sasis berada pada tingkat keamanan yang baik. Nilai tegangan yang diperoleh pada sasis model X adalah 0 MPa pada nilai minimum dan 137,5 MPa pada nilai maksimum. Sasis ini termasuk dalam kategori aman karena pada gambar 45 terlihat warna yang dimilikinya adalah biru yang menandakan tidak terjadi tegangan berlebih, tegangan berlebih terjadi jika sasis berubah warna menjadi merah. Dalam hal ini dikatakan aman dan tidak terjadi patah jika diberikan beban sebesar 900 N.



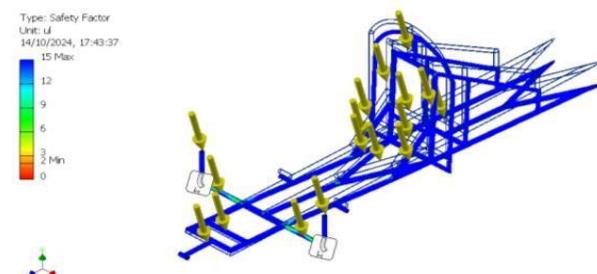
**Gambar 45.** Hasil von mises stress

Pengujian selanjutnya adalah mengenai perpindahan. Pada gambar 46 terlihat beberapa komponen dengan warna yang berbeda-beda pada rangka, hal ini menunjukkan perpindahan yang cukup tinggi. Nilai perpindahan menunjukkan nilai minimum 0 dan nilai maksimum 28,42 mm.



**Gambar 46.** Hasil displacement

Pengujian selanjutnya adalah analisis faktor keamanan sasis berpola Y. Sasis ini memiliki nilai faktor keamanan sebesar 2. Sasis dengan pola Y ini dinilai kurang aman dan tidak dapat digunakan pada aplikasi torsi tinggi, karena hasilnya mendekati warna merah yang menunjukkan nilai terendah pada sasis. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 48 di bawah ini.



**Gambar 47.** Hasil safety factor

Hasil simulasi analisis statik pada prototipe chassis pada penelitian ini yang dapat dilihat pada gambar-gambar sebelumnya menunjukkan hasil dengan nilai tegangan yang diperoleh chassis dari pembebanan, nilai perpindahan yang terjadi pada chassis, dan nilai keamanan untuk memastikan chassis berada pada level keamanan yang baik yang diperoleh dari ketiga model chassis dengan menggunakan material hollow aluminium 6061 dan hasilnya dirangkum dalam bentuk tabel yang dapat dilihat pada table 2.

**Tabel 2.** Hasil Analisis

Model	Classification	Results
H Pattern	Von Mises	36,03 MPa
Chassis	Stress	
	Displacement	4,28 mm
	Safety Factor	7,63
X Pattern	Von Mises	149,9 MPa
Chassis	Stress	
	Displacement	6,48 mm
	Safety Factor	1,84
Y pattern	Von Mises	137,5 MPa
Chassis	Stress	
	Displacement	28,42 mm
	Safety Factor	2

Hasil analisis statik menggunakan Autodesk Inventor 2019 pada ketiga model chassis pada penelitian ini, diperoleh nilai tegangan yang diperoleh chassis dari pembebanan, nilai displacement yang terjadi pada chassis, dan nilai safety untuk memastikan chassis berada pada level safety yang baik. Hasil dari ketiga model tersebut diperoleh nilai

yang berbeda-beda, model chassis pertama dengan bentuk pola H memperoleh nilai tegangan (Von Mises Stress) sebesar 36,03 MPa, nilai displacement pada chassis sebesar 4,285 mm, dan nilai safety sebesar 7,63. Model chassis kedua dengan bentuk pola X memperoleh nilai tegangan (Von Mises Stress) sebesar 149,9 MPa, nilai displacement pada chassis sebesar 6,487 mm, dan nilai safety sebesar 1,84. Model sasis ketiga dengan bentuk pola Y memperoleh nilai tegangan (Von Mises Stress) sebesar 137,5 MPa, nilai perpindahan pada sasis sebesar 28,42 mm, dan nilai keamanan sebesar 2. Perbedaan bentuk sasis prototipe mobil listrik pada penelitian ini mengakibatkan hasil simulasi analisis statik yang berbeda.

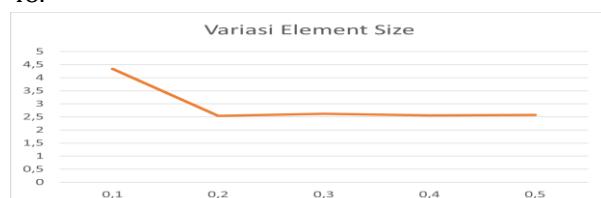
## Hasil Pengujian Element Size

Penggunaan meshing view dengan perbandingan element size pada penelitian ini mendapatkan tegangan maksimum yang berbeda dari setiap element size. Hasil pengujian element size dapat dilihat pada table 3.

**Tabel 3.** Hasil pengujian element size

No	Element	Tegangan Maksimum
1	107790	2,559
2	108059	2,541
3	108153	2,557
4	108381	2,622
6	109229	4,399

Pada tabel 3 terdapat pengujian perbandingan element size yang diuji pada penelitian ini, mendapatkan hasil yang cukup signifikan dan di dalam tabel 3 pada nomor 2 yang berwarna biru dengan jumlah element 108059 yang menunjukkan element tersebut dipilih karena memiliki tegangan maksimum yang konsisten dengan elemen size selanjutnya. Pengujian element size dapat di lihat pada diagram garis untuk melihat konsistensi tegangan pada perbedaan element size pada gambar 48.



**Gambar 48.** Diagram garis element size.

## Pembahasan

Pembahasan berdasarkan hasil simulasi analisis *chassis* mobil listrik *prototype* menggunakan aluminium hollow 6061 dengan bantuan *software inventor* 2019, yaitu untuk mencari nilai *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* pada tiga pola *chassis* H,X, dan Y. Hasil analisis pola H mendapatkan nilai *von mises stress* sebesar 36,03 MPa, nilai *displacement* sebesar 4,285 mm dan hasil *safety factor* sebesar 7,63. Kemudian didapatkan nilai *Von Misses stress* pada *chassis* pola X, yaitu sebesar 149,9 Mpa dengan nilai *displacement* nya adalah 6,487 mm dan nilai *safety factor* nya adalah 2. Analisis ini mendapatkan hasil *Von Misses stress* pada *chassis* pola Y sebesar 137,5 Mpa dengan nilai *displacement* nya adalah 28,42 mm dan nilai *safety factor* nya adalah 2. Analisis ini juga mendapatkan hasil dari massa rangka tersebut, yaitu pada *chassis* pola H didapatkan massa *chassis* nya adalah 10,8 kg, *chassis* X memiliki massa sebesar 13,6 kg dan pada *chassis* pola y memiliki massa *chassis* nya sebesar 6,96 kg. Perbedaan bentuk *chassis* pada mobil listrik *prototype* mengakibatkan sebuah perbedaan pada hasil simulasi analisis static. Nilai dari *Von Misses stress* dengan *safety factor* adalah berbanding terbalik. Berikut dibawah ini merupakan hasil perbandingan dari tiga pola *chassis* dengan pengujian pada *software inventor* 2019 dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Hasil data simulasi tiga pola

Model	Klasifikasi	Hasil
Pola Chassis H	<i>Von mises stress</i>	36,03 MPa
Pola Chassis X	<i>Displacement</i>	4,28 mm
	<i>Safety factor</i>	7,63
Pola Chassis X	<i>Von mises stress</i>	149,9 MPa
	<i>Displacement</i>	6,48 mm
	<i>Safety factor</i>	1,84
Pola Chassis Y	<i>Von mises stress</i>	137,5 MPa
	<i>Displacement</i>	28,42 mm
	<i>Safety factor</i>	2

## Validasi Hasil Perhitungan

Hasil validasi perhitungan dilihat dari perbandingan perhitungan yang didapatkan dari hasil simulasi lalu akan dibandingkan dengan perhitungan manual sesuai rumus perhitungan yang dibutuhkan sebagai pendukung validasi secara nilai dari penelitian ini. Berikut merupakan validasi perhitungan.

### Penilaian *chassis* pola H

Berikut merupakan perhitungan faktor keamanan pada jenis *chassis* pola H.

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm}}$$

$$SF = \frac{275 \text{ MPa}}{36,03 \text{ MPa}}$$

$$SF = 7,6$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual sebesar 7,63 hasil tersebut sama dengan perhitungan dari simulasi melalui *software* sebesar 7,63. Maka dapat dikatakan valid.

### Penilaian *chassis* pola X

Berikut merupakan perhitungan faktor keamanan pada jenis *chassis* pola X.

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm}}$$

$$SF = \frac{275 \text{ MPa}}{149,9 \text{ MPa}}$$

$$SF = 1,83$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual sebesar 7,63 hasil tersebut sama dengan perhitungan dari simulasi melalui *software* sebesar 7,63. Maka dapat dikatakan valid.

### Penilaian *chassis* pola Y

Berikut merupakan perhitungan faktor keamanan pada jenis *chassis* pola Y.

$$SF = \frac{\sigma_y}{\sigma_{vm}}$$

$$SF = \frac{275 \text{ MPa}}{137,5 \text{ MPa}}$$

$$SF = 2$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan manual sebesar 7,63 hasil tersebut sama dengan perhitungan dari simulasi melalui *software* sebesar 7,63. Maka dapat dikatakan valid.

## Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang dilakukan menggunakan *software Autodesk Inventor* 2019, dengan tujuan menganalisa tiga model *chassis* berbahan aluminium hollow 6061 yang memiliki pola berbeda-beda dengan pembebahan pada titik tumpuan yang sama. Beban 900 N terhadap tiga model *chassis* dapat diterima dengan baik menurut hasil analisis. Hasil simulasi analisis statik menyatakan bahwa dari ketiga model *chassis* mendapatkan hasil analisis yang berbeda-beda dan didapatkan model *chassis* yang terbaik adalah *chassis* pola H dikarenakan memiliki nilai *Von Mises stress* 36,03 MPa, nilai *displacement* 2,28 mm dan *safety factor* nya adalah 7,63. Nilai dari *Von Mises stress* tersebut masih tergolong aman dikarenakan masih jauh dibawah nilai tegangan luluhnya yaitu 275 MPa, niali dari *safety factor* yang diatas1 maka tergolong aman dari sisi *safety* dan nilai *displacement* yang dibawah angka 1. Nilai ini menjadikan *chassis* pola H yang terbaik pada penelitian ini dari segala aspek lainnya, seperti pemodelan lebih mudah untuk dirancang, maka kategori terbaik dari tiga model *chassis* pada penelitian ini adalah *chassis* model H.

## References

- Abbas, H., Juma, D., & Jahuddin, M. R. (2020). Penerapan metode elemen hingga untuk desain dan analisis pembebahan rangka chassis mobil model tubular space frame. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(02), 96–102.
- Adriana, M., Angkasa, A. B., Pengajar Jurusan Mesin Otomotif, S., Negeri Tanah Laut, P., Jurusan Mesin Otomotif, M., Negeri Tanah Laut Jl Yani Km, P. A., & Tanah Laut Kalimantan, P. (2017). *Rancang Bangun Rangka (chasis) Mobil Listrik Roda Tiga Kapasitas Satu Orang / 129 Jurnal Elemen*. 4.
- Alfatih Hendrawan, M., Ilmu Purboputro, P., Aji Saputro, M., & Setiyadi, W. (n.d.). Perancangan *chassis* mobil listrik *prototype* “Ababil” dan simulasi pembebahan statik dengan menggunakan *solidworks premium* 2016.
- Arie, M., Setiawan, A., Sujana, I., & Wicaksono, R. A. (2021). Simulasi Struktur Sasis Mobil Listrik Fakultas Teknik Menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)*. In Sujana & Wicaksono (Vol. 2, Issue 2).

- Boye, T. E., Otuazohor, O. P., & Akpan, A. E. (n.d.). *Design, fabrication and testing of a prototype vehicle chassis for eco-marathon challenge.*
- Dan Pembuatan, A., Anggara Syinta, R., Suripto Jurusan Teknik Mesin, H., Pasir Pengaraian Jl Tuanku Tambusai, U., Pengairan, P., & Rokan Hulu, K. (2021). *Chassis tipe ladder frame mobil kmhe urban concept menggunakan metode simulasi dan pahl and beitz.* In *Jurnal Energi dan Inovasi Teknologi (ENOTEK)* (Vol. 1, Issue 1).
- Fakhri, M. I., & Sukarnoto, T. (2023). Analisis *chassis* mobil hemat energi untuk kontes kmhe tipe *prototype* team hmm usakti. *jurnal penelitian dan karya ilmiah lembaga penelitian universitas trisakti*, 8(2), 330–336.
- Firmansyah, B. A., Hartono, P., & Basjir, M. (n.d.-a). Perancangan kontruksi sistem kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil hemat energi “haizum.”
- Firmansyah, B. A., Hartono, P., & Basjir, M. (n.d.-b). perancangan kontruksi sistem kemudi tipe *rack and pinion* pada mobil hemat energi “haizum.”
- Hendarmin, D. W., Hanifi, R., & Naubnome, V. (n.d.). Perancangan struktur mobil listrik “jetz” dan analisis statik menggunakan *FEA (finite element analysis)*.
- Koumartzakis, G., Spanoudakis, P., & Tsourveloudis, N. C. (n.d.). *Design and development of a prototype electric vehicle's chassis.*
- Mulyanto, T., & Sapto, A. D. (2017). Analisis tegangan *von mises* poros mesin pemotong umbi-umbian dengan *software solidworks* (Vol. 18, Issue 2).
- Nunes, R., Adams, J. H., Bean, J. C., Laboratories, B., Beaudry, • B J, David, •, & Berry, F. (n.d.). *Volume 2 Publication Information and Contributors.*
- Peringkat, T. ", Bahasyim, M. Z., Ariyansah, R., Dan, \*, & Heriyani, O. (n.d.). *Jurnal Asiimetrik: Jurnal Ilmiah Rekayasa Dan Inovasi Analisis Bentuk Kontruksi Chassis Mobil Listrik Prototype Tipe Hollow Alumunium 6061 Menggunakan Software Inventor 2016 Article information. Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA, Jl. Tanah Merdeka, 13830(6).*
- Premono, A., Kholil, A., & Salafuddin, H. (n.d.). Desain dan analisis kekuatan pada rangka kendaraan jenis *prototype* sesuai standar *shell eco marathon asia.*
- Program, ), Mesin, S. T., Tanjungpura, U., Prof, J., & Nawawi, H. H. (2024). Rancangan Desain *Body Mobil Listrik Prototipe* Fakultas Teknik Terhadap Aerodinamika Berbasis *Pemodelan Computational Fluid Dynamics* Menggunakan Metode *Pahl and Beitz (1)\* Hanlan Sihombing, (2) Syaifurrahman, (3) Muhammad Taufiqurrahman* (Vol. 5, Issue 1).
- Saputro, B., & Pranoto, H. (2022). Analisis kegagalan dengan metode elemen hingga pada *chassis* mobil listrik Geni Biru KMHE 2020. In *Journal of New Energies and Manufacturing (JONEM)* (Vol. 1, Issue 1).
- Sariski Dwi Ellianto, M., & Eko Nurcahyo, Y. (2020). Rancang bangun dan simulasi pembebatan statik pada sasis mobil hemat energi kategori *Prototype* (Vol. 4, Issue 2).
- Sudrajat, A., Widodo, A., & Kurdi, O. (2023). Analisis kekuatan sasis bus konvensional yang digunakan sebagai sasis bus listrik menggunakan metode elemen hingga. In *Jurnal Teknik Mesin S-1* (Vol. 11, Issue 1).
- Thawafani, L., Fajrin, ), Falah, N., Saraswati, C., Fiki, ), Setiawan, C., & Prasetyo, H. (n.d.). Rancangan ruang kemudi menggunakan ilmu ergonomi pada *prototype* mobil listrik “Ababil” *Design of car cockpit using ergonomic science on electricity car prototype “ababil” 1)*
- Yudistira Dwinanto, A., & Burhanuddin Muhammad, F. (2015). Analisis karakteristik bodi dan chassis pada *prototype* kendaraan listrik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 6(2), 119–126.