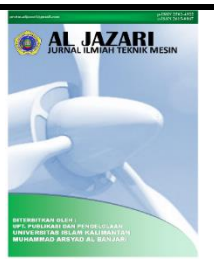
Al Jazari
Jurnal Ilmiah Teknik Mesin

Journal homepage:
https://ojs.uniska-bjm.ac.id/index.php/JZR/index
p-ISSN 2502-4922, e-ISSN 2615-0867



Rancang Bangun Bracket Sistem Steering Roda Depan Pada Prototipe Mobil Listrik Heulang Galunggung

Irfan Aditia Pratama [1,a*], Anes Inda Rabbika [2,b]

[1,2] Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mayasari Bakti

[a] irfanaditiapratama@gmail.com, [b] anesinda34@gmail.com

Info Artikel
Riwayat Artikel:
Diterima: 4 Maret 2024
Diterima dalam bentuk revisi: 20 Maret 2024
Diteima/publis: 28 April 2024

Abstrak
Bracket sistem steering roda depan merupakan salah satu komponen kendaraan roda empat yang berfungsi sebagai penopang atau dudukan dari poros roda dan sistem kemudi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui alur perancangan, proses manufaktur, serta pengujian dengan metode Finite Element Analysis. Perancangan gambar teknik (CAD), program NC (CAM), dan Finite Element Analysis (FEA) menggunakan software Solidworks dan proses manufaktur menggunakan mesin milling CNC. Hasil perancangan didapatkan jenis material yang digunakan adalah Alumunium 6061-T6. Proses pengujian menggunakan metode FEA dengan variasi beban 100 N, 125 N, dan 150 N. Beban maksimal 150 N didapatkan hasil pengujian menunjukan bahwa nilai Von mises stress adalah 438325,09 N/mm2, besar nilai displacement yang terjadi sebesar 0,000293 mm, nilai minimum safety factor adalah 125,86. Hasil yang didapatkan menunjukan bahwa bracket sistem steering roda depan yang didesain aman digunakan maksimal beban 150 N.

Kata Kunci:
Bracket, CAD, CAM, FEA

Abstract
The front wheel steering system bracket is a component of a four-wheeled vehicle which functions as a support or mount for the wheel axle and steering system. This research aims to determine the design flow, manufacturing process and testing using the Finite Element Analysis method. Engineering drawing design (CAD), NC program (CAM), and Finite Element Analysis (FEA) using Solidworks software and manufacturing processes using CNC milling machines. The design results showed that the type of material used was Aluminum 6061-T6. The testing process used the FEA method with load variations of 100 N, 125 N, and 150 N. The maximum load was 150 N. The test results showed that the Von Mises stress value was 438325.09 N/mm2, the displacement value that occurred was 0.000293 mm, The minimum safety factor value is 125,86. The results obtained show that the front wheel steering system bracket is designed to be safe for use with a maximum load of 150 N.

http://dx.doi.org/10.31602/al-jazari.v9i1.14239
@UNISKA 2024. Diterbitkan oleh UPT Publikasi dan Pengelolaan Jurnal
Jurnal Al Jazari is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License

PENDAHULUAN

Bracket sistem steering roda depan merupakan salah satu komponen kendaraan roda empat yang berfungsi sebagai penopang atau dudukan dari poros roda dan sistem kemudi. Dalam proses pembuatan bracket roda depan, bahan dan alat sangat perlu berfungsi untuk benda kerja yang akan dibuat dengan sempurna. Maka bahan baku yang digunakan yaitu alumunium paduan seri 6061 T6, karena alumunium ini tahan dari korosi, ringan, dan tahan lama.

Rancang bangun *bracket* telah dilakukan oleh beberapa peneliti dengan berbagai macam metode dan objek penelitian. Pada penelitian ini, rancang bangun *bracket* dilakukan pada *front wheel bracket* pada mobil listrik prototipe Heulang Galunggung yang bertujuan untuk mengurangi berat dari komponen tersebut.

Berdasarkan penelitian penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa belum ada penelitian mengenai rancang bangun bracket sistem steering roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung, maka penelitian ini memiliki kontribusi keterbaruan sebagai pembeda dengan penelitian penelitian lainnya. Sehingga peneliti mengambil judul "Rancang Bangun Bracket Sistem Steering Roda Depan Pada Prototipe Mobil Listrik Heulang Galunggung".

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum Kendaraan Listrik

Mobil listrik yaitu mobil yang digerakkan dengan motor listrik, menggunakan energi listrik yang disimpan dalam baterai[1]. Penggunaan mobil listrik dirasa efektif selain tidak menimbulkan polusi udara dan kontruksi mesin yang lebih sederhana. sedangkan pada penggunaan mobil listrik tentunya membutuhkan sebuah rangka yang berfungsi sebagai penopang semua beban yang ada pada kendaraan, untuk sebuah kontruksi rangka itu sendiri harus memiliki kekuatan, ringan dan mempunyai nilai kelenturan.

Pengertian Perancangan

Perancangan adalah perumusan dan penterjemahan dari kebutuhan-kebutuhan yang sesuai untuk pembuatan dan pemakaian. Jenis perancangan dapat diklasifikasikan sebagai :

- Rancangan asli berdasar hasil riset dan rancangan adaptasi berdasar pengembangan yang dilakukan, kedua rancangan ini bersama-sama untuk menghasilkan rancangan *Engineering* dan rancangan Industri.

Faktor dari perancangan ini adalah:

- Faktor fungsional

  Faktor fungsional adalah faktor yang berasal dari kebutuhan, pengalaman masa lalu dan hal-hal lain yang termasuk faktor-faktor personal.
- Faktor Material

  Faktor material adalah faktor bahan yang dibutuhkan dalam membuat perancangan tersebut.
- Faktor Teknis

  Faktor teknis adalah faktor yang memberikan kualitas pengalaman yang mendalam secara fisik.

Pengertian *Bracket* Sistem *Steering* Roda Depan

Bracket sistem steering roda depan adalah salah satu komponen yang ada di kendaraan roda empat (mobil), yang menjadi sebagai dudukan dari sistem kemudi dan sistem pengereman[10]. Bracket ini juga berfungsi sebagai penopang atau dudukan dari caliper agar tetap berada ditempatnya.

Kegagalan Struktur

Kegagalan struktur adalah untuk mengetahui suatu rancangan bilamana dalam rancangan tersebut adanya retak, korosi, aus,dll. Jadi kegagalan struktur ini sangat penting dalam suatu perancangan supaya diharapkan tidak akan terjadinya kegagalan dalam rentan umur dari perancangan tersebut.

Elemen mesin atau struktur yang mengalami kegagalan dapat berupa retak, korosi,aus, patah, mulur, dll. Kegagalan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai macam aspek seperti karena cacat pada material, desain yang salah, beban operasional yang berlebih, kesalahan dalam perawatan, temperatur, umur komponen dan lain-lain. Dengan mengetahui penyebab kegagalan, maka di dalam perancangan harus mempertimbangkan aspek penyebab kegagalan sehingga diharapkan tidak akan terjadi kegagalan dalam rentang umur dari komponen tersebut.

Material

Materal atau bahan merupakan kebutuhan bagi manusia mulai zaman dahulu sampai sekaran. Material science (ilmu material) adalah disiplin ilmu yang mempelajari hubungan antara struktur material dengan sifat-sifat material. Material engineering (rekayasa material) merupakan dasar hubungan struktur dan sifat bahan, mendisain struktur bahan untuk mendapatkan sifat-sifat yang diinginkan. Berdasarkan pengertian tersebut maka material teknik adalah material yang digunakan untuk menyusun sebuah benda dan digunakan untuk perekayasaan dan perancangan di bidang teknik.

Safety Faktor

Safety Factor merupakan faktor yang paling penting dalam menganalisa struktur atau merencakan struktur secara keseluruhan pada desain.[12]. *Safety Factor* ini dipengaruhi faktor yaitu faktor internal dan faktor eksternal. Dalam *safety factor* ini terdapat penentuan, ada aspek yang wajib di perhatikan. Secara rumus, *safety factor* merupakan perbandingan antara besar beban batas kekuatan dengan beban yang diterima pada desain.

Solidworks

Solidworks yaitu program rancang bangun yang banyak digunakan untuk mengerjakan desain produk, desain mesin, desain *mould*, desain konstruksi, dan untuk keperluan lain-lain terkhusus dalam bidang teknik sesuai dengan penelitian yang dilakukan[11]. *Solidworks* dilengkapi dengan *tools* yang digunakan untuk menghitung dan analisis hasil desain seperti tegangan, regangan, maupun pengaruh suhu, angin, dan lain-lain. *Solidworks* sendiri juga merupakan pemodelan yang berbasis fitur parametrik, yang dimana semua objek dan hubungan antar geometrik dapat dimodifikasi kembali meskipun geometriknya sudah jadi tanpa perlu mengulang kembali dari awal.

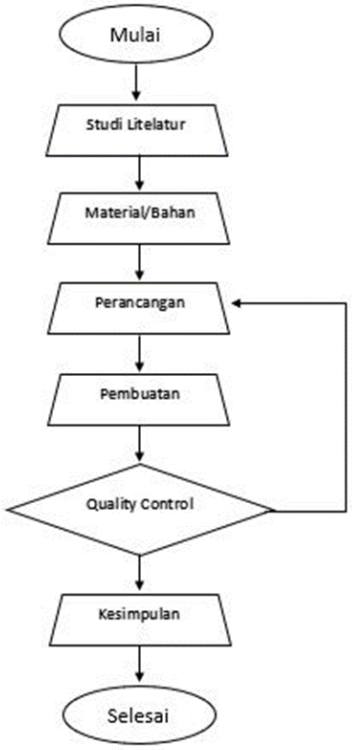
Spesifikasi Mobil Listrik

Spesifikasi adalah suatu uraian atau ketentuan yang disusun secara lengkap dan jelas mengenai suatu barang, metode atau hasil akhir pekerjaan yang dapat dibeli, dibangun atau dikembangkan oleh pihak lain sedemikian sehingga dapat memenuhi keinginan semua pihak yang terkait.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *experimental*. Metode *experimental* atau *experiment* adalah metode yang bertujuan untuk menguji pengaruh suatu *variable*. Pengujian ini dilakukan untuk rancang bangun *Bracket* sistem *steering* roda depan.

Penelitian ini mengikuti langkah-langkah pada bagan alur dibawah ini :



Alat Perancangan

Adapun alat perancangan yang dibutuhkan dan digunakan untuk perancangan ini terdapat pada Tabel 3

Tabel 1 Alat Perancangan

No	Nama Alat	Jumlah
1.	Mesin CNC Milling	1 Buah
2.	Pahat *Endmill*	1 Buah
3.	*Centre Drill*	1 Buah
4.	*Vernier Caliper*	1 Buah
5.	*Face Mill* (*Insert* Diameter 50 r5)	1 Buah
6.	*End Mill* 20 *Rouging*	1 Buah
7.	*End Mill* 8 *Finishing* dinding	1 Buah
8.	*End Mill* 12 *Finishing floor*	1 Buah
9.	Bor diameter 4	1 Buah
10	Bor diameter 6	1 Buah
11.	Bor diameter 12	1 Buah
12.	*Ball nose* 6 buat *champer*	1 Buah
13.	*Centrofix Seting* MCS(*machine coordinat system*)	1 Buah

Bahan/ Material Perancangan

Bahan-bahan yang digunakan untuk perancangan ini terdapat pada Tabel 3.2.

Tabel 2 Bahan Perancangan

No	Nama Bahan	Jumlah
1.	Alumunium 6061 t6	2 pcs

Karakterisasi Bahan Baku

Bahan baku atau material yang digunakan dalam proses rancang bangun *bracket* sistem *steering* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung ini menggunakan *Alumunium* 6061 t6, yaitu *alumunium* yang bahannya kuat dari korosi, lebih ringan. Jadi alumunium 6061 t6 ini sangat cocok digunakan untuk bracket ini, karena dapat mengurangi beban dari bracket ini ke mobil listrik tersebut.[10]

Tabel 3 Karakterisasi Material *Alumunium* 6061 t6

Property	***Value***	***Units***
Elastic Modulus	69000.00067	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	26000.00013	N/mm^2
Mass Density	2700	Kg/mm^2
Tensile Strenght	310.0000021	N/mm^2
Compressive Strenght	-	N/mm^2
Yield Strenght	275.000	N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	2.4e – 0.5	K
Thermal Conductivity	166.9	W/(m.K)
Specific Head	897	J/(Kg.K)
Material Dumping Ratio	-	N/A

Solving FEA (*Finite Element Analysis*) Proses Pengujian

Metode *Finite Element Analysis* (FEA) merupakan pendekatan numerik dengan membagi geometri menjadi elemen-elemen kecil yang digunakan untuk menghitung dari tiap-tiap titik sampul (*node*) sehingga memperoleh nilai variabel seperti nilai tegangan maksimal (von mises), dan nilai perpindahan bentuk (*displacement*), serta nilai faktor keamanan (*safety factor*) dengan menggunakan analisa statik. Analisa statik merupakan kondisi yang dimana besarnya beban (*load*) tidak dapat berubah terhadap waktu.

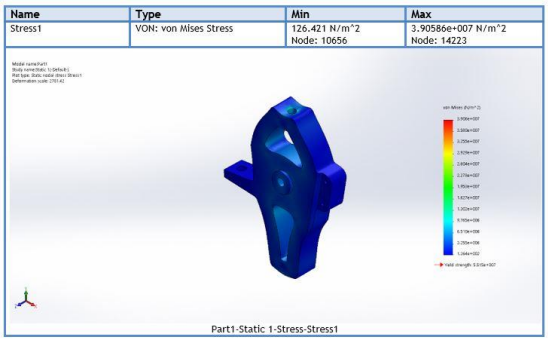
Langkah umum dalam menentukan rumusan analisis elemen hingga masalah fisik, meliputi struktur, aliran fluida, perpindahan panas dan beberapa masalah yang ada dalam analisis FEA. Terdapat 3 langkah utama yang harus diketahui yaitu: *Pre procession*, Solusi, dan *Post processing*. Dalam suatu model dalam proses sangatlah penting. Serta dalam sebuah solusi elemen hingga sempurna dihitung adalah benar tidak ada nilai, jika masalah tersebut salah. Langkah tersebut meliputi: masalah menentukan geometris, elemen jenis (s) yang digunakan, sifat dari unsur-unsur material yang digunakan, sifat geometris pada elemen (panjang, luas dan sejenisnya), mesh model, kondisi batas serta beban yang di analisis.

Langkah selanjutnya yaitu merupakan solusi, langkah ini memanfaatkan persamaan aljabar yang mengatur dalam bentuk matriks serta akan menghitung

nilai yang tidak diketahui dari variabel utama (s). Hasil hitungan akan digunakan kembali subtitusi untuk menentukan tambahan variabel yang diperoleh, seperti pada gaya reaksi, tekanan pada unsur dan aliran panas. Fitur dalam langkah ini seperti pada manipulasi matriks, integrasi numerik dan pemecahan persamaan yang dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak komersial.

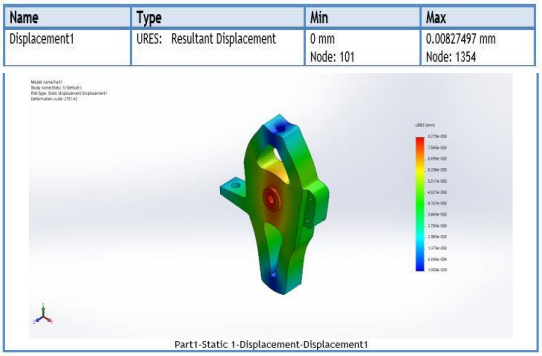
Langkah terakhir adalah *post processing*, analisa dan evaluasi dari hasil yang dilakukan. Contoh pada proses yang telah dilakukan seperti pada tekanan pada elemen dalam urutan besarnya, cek kestabilan, *safety factor*, alur kecacatan pada struktur, serta warna pada model yang bernyawa dinamis dan menghasilkan warna kode tersendiri.[10]

Proses Pengujian *Stress* Pada *Bracket*



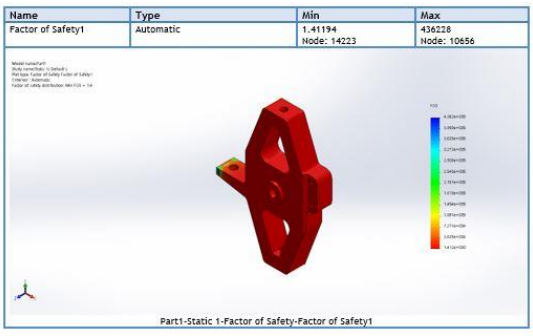
Gambar 1. Pengujian *Stress Bracket*

Proses Pengujian *Displacemen*t Pada *Bracket*



Gambar 2. Pengujian *Displacement Bracket*

Proses Pengujian *Safety Factor* Pada *Bracket*



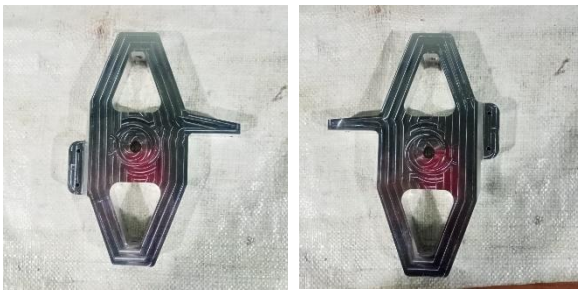
Gambar 3. Pengujian *Safety Factor Bracket*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Gambar Produk

Berikut ini gambar rancang bangun bracket pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung.



Pembahasan

Rancang bangun *bracket* sistem *steering* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung adalah merancang sebuah penelitian yang menghasilkan sebuah produk alat uji untuk proses kegiatan belajar mengajar praktikum yang bisa digunakan di laboratorium Universitas Mayasari Bakti Tasikmalaya.

Pengadaan Komponen

Dalam pengadaan komponen untuk mekanisme yang akan dibuat pada alat rancang bangun bracket sistem steering roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung terdiri dari berbagai komponen standar yang tersedia dipasaran dan beberapa komponen yang dilakukan dengan beberapa proses pengukuran, pemotongan, pengeboran, pembubutan. Dari komponen standar dipasaran tersebut mudah didapatkan dari yang komponen-komponen ukuran kecil hingga besar sekalipun. Daftar nama komponen-komponen dapat diat pada tabel 4.1

Tabel 4. Daftar nama komponen-komponen

No	Kategori	Spesifikasi	Gambar	Jumlah
1	Alumumunium	6061 t6		1

Implementasi Konsep Perancangan

Implementasi adalah bukan sekedar aktivitas, akan tetapi suatu kegiatan yang terencana atau proses suatu gagasan yang telah disusun begitu cermat dan detail serta dikerjakan dengan serius baik oleh individu atau kelompok. Implementasi juga menyediakan fasilitas untuk melakukan suatu hal yang menyebabkan efek dan akibat pada suatu hal. Suatu hal yang dikerjakan itu bisa berbagai bentuk, kesuksesan atau kegagalan implementasi bisa dilihat dari berbagai sudut kemampuannya serta fakta dalam pengoperasionalan sesuai dengan yang sudah dirancang sebelumnya.

Rencana Anggaran Biaya

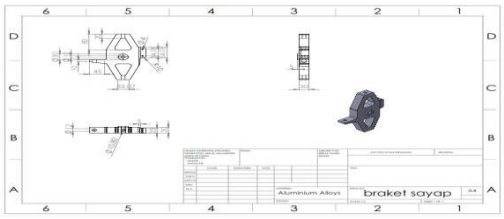
Berikut adalah rencana anggaran biaya untuk memenuhi kebutuhan komponen-komponen standar yag diperlukan:

Tabel 5. Rencana Anggaran Biaya

Property	***Value***	***Units***
Elastic Modulus	69000.00067	N/mm^2
Poisson's Ratio	0.33	N/A
Shear Modulus	26000.00013	N/mm^2
Mass Density	2700	Kg/mm^2
Tensile Strenght	310.0000021	N/mm^2
Compressive Strenght	-	N/mm^2
Yield Strenght	275.000	N/mm^2
Thermal Expansion Coefficient	2.4e – 0.5	K
Thermal Conductivity	166.9	W/(m.K)
Specific Head	897	J/(Kg.K)
Material Dumping Ratio	-	N/A

Pengukuran Dimensi

Pengukuran dimensi bracket sistem steering roda depan ini dibuat berdasarkan atas rekomendasi dari konsumen. Hasil pengukuran dimensi bracket sebagai berikut.



Spesifikasi material

Bahan baku atau material yang digunakan dalam proses rancang bangun *bracket* sistem *steering* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung ini menggunakan *Alumunium* 6061 t6, yaitu *alumunium* yang bahannya kuat dari korosi, lebih ringan. Jadi alumunium 6061 t6 ini sangat cocok digunakan untuk bracket ini, karena dapat mengurangi beban dari bracket ini ke mobil listrik tersebut.

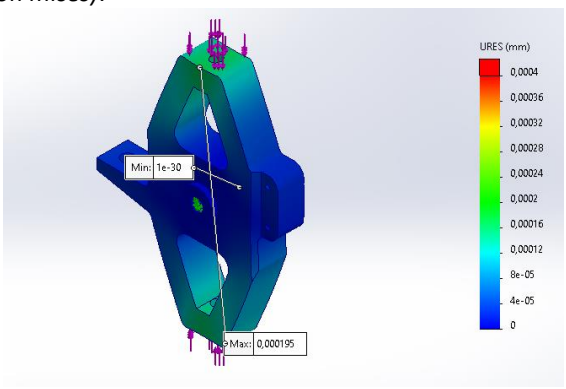
Tabel 6. Spesifikasi/Karakterisasi Alumunium 6061 t6

No	Nama Komponen	Banyaknya	Harga
1.	Bracket CNC Roda Depan	2	3.000.000
2.	Sistem Pengereman Fullset	1	1.500.000
3.	Thermogun Infrared	1	300.000
4.	Meteran Tancap	1	150.000
5.	Kapur Barus	1	7.000
Jumlah			4.957.000

Hasil Pengujian Analisis

Hasil Simulasi Tegangan Maksimal *(Von Mises)*

Tegangan maksimal *(von mises)* merupakan intensitas gaya yang bekerja pada setiap satuan luas bahan. *Von mises* terjadi ketika sebuah material diberi beban oleh gaya. Dalam hal ini, hasil simulasi pada *bracket* sistem *steering* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung dengan variabel yang diketahui yaitu nilai tegangan maksimal *(von mises)*. Pada gambar 4.7 merupakan hasil simulasi tegangan maksimal *(von mises)*.

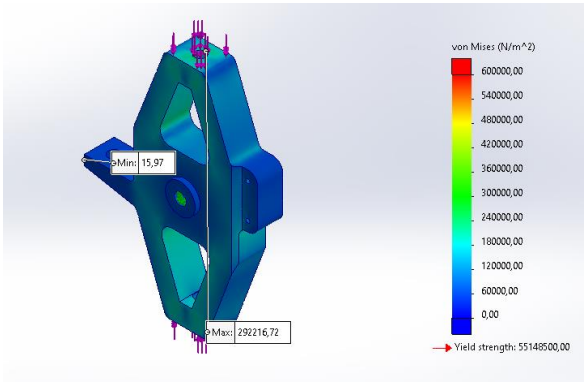


Gambar 4. Hasil simulasi Tegangan Pada Bracket Roda Depan

Dalam hal ini, dapat mengetahui bahwa nilai tegangan maksimal *(von mises)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 100 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 292216,72 N/mm^2, dan nilai tegangan maksimal *(von mises)* dengan pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 125 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 365270,91 N/mm^2, serta nilai tegangan maksimal *(von mises)* dengan pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 150 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 438325,09 N/mm^2. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *von mises* pada ketiga variasi pembebanan masih berada di bawah nilai *yield strength* material *bracket* roda depan sebesar 551.000 N/mm^2.

Hasil Simulasi Perpindahan Bentuk *(Displacement)*

Perpindahan bentuk *(displacement)* merupakan perubahan fisik yang diakibatkan oleh adanya gaya atau pembebanan yang diterima *(force)* terhadap sebuah bidang atau volume. Dalam hal ini, hasil simulasi pada *bracket* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung dengan variabel yang diketahui yaitu nilai perpindahan bentuk *(displacement)*. Pada gambar 4.8 merupakan hasil simulasi perpindahan bentuk *(displacement)*.

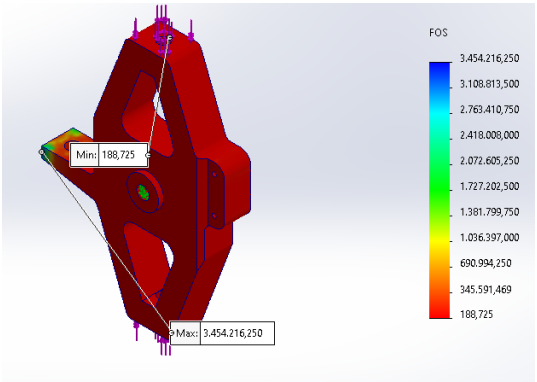


Gambar 5. Hasil Simulasi Perpindahan Bentuk *(displacement)* Pada *Bracket* Roda Depan

Dalam hal ini, dapat mengetahui bahwa nilai perpindahan bentuk *(displacement)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 100 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 0,000195 mm, dan nilai perpindahan bentuk *(displacement)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 125 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 0,000244 mm, serta nilai perpindahan bentuk *(displacement)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 150 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 0,000293 mm.

Hasil Simulasi Faktor Keamanan *(Safety Factor)*

Faktor keamanan *(safety factor)* merupakan faktor yang berfungsi untuk mengevaluasi dari sebuah desain perancangan elemen kedalaman bentuk bidang atau volume desain teknik agar memiliki tingkat keamanan yang bisa menjamin dalam penggunaannya. Dalam hal ini, hasil simulasi pada *bracket* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung dengan variabel yang diketahui yaitu nilai faktor keamanan *(safety factor)*. Pada gambar 4.9 merupakan hasil simulasi faktor keamanan *(safety factor).*



Gambar 6. Hasil Simulasi Faktor Keamanan *(Safety Factor)* Pada *Bracket* Roda Depan

Dalam hal ini, dapat mengetahui bahwa nilai faktor keamanan *(safety factor)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 100 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 188,73 dan nilai faktor keamanan *(safety factor)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 125 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 150,98, serta nilai faktor keamanan *(safety factor)* dengan nilai pembebanan *(force)* yang diberikan sebesar 150 N mendapatkan hasil simulasi sebesar 125,86. Pada tabel 6 merupakan hasil perhitungan dari analisa desain rancangan *bracket* roda depan pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung dengan pemberian variasi pembebanan sebesar 100 N, 125 N, dan 150 N.

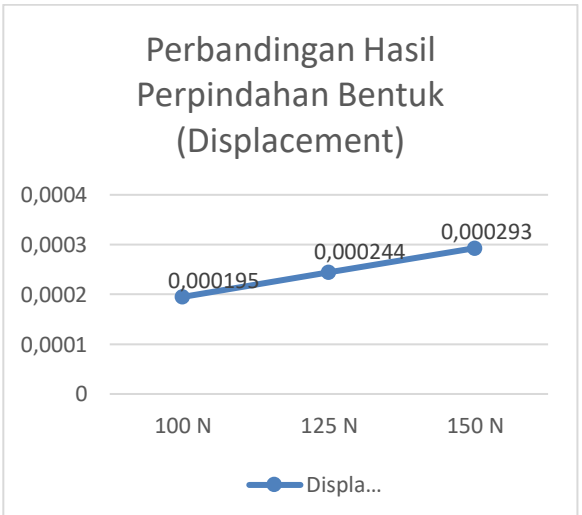
Tabel 7. Hasil Simulasi Pada Bracket Roda Depan

Variabel	Simulasi Pembebanan Pada Bracket Roda Depan		
	100 N	125 N	150 N
Von Mises (N/mm²)	292216,72	365270,91	438325,09
Displacement (mm)	0,000195	0,000244	0,000293
Safety Factor	188,73	150,98	125,86

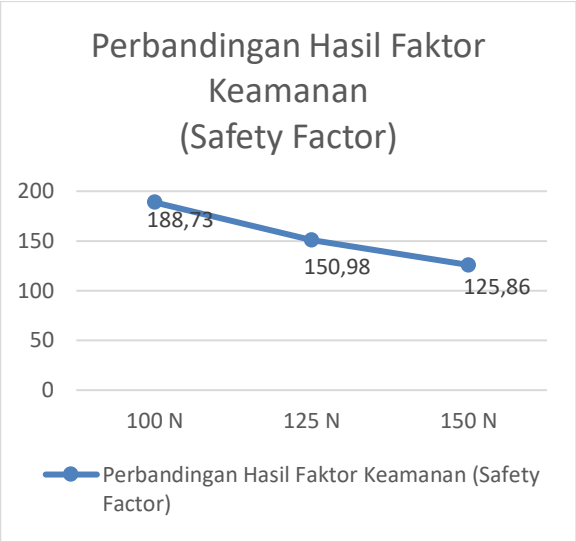
Berdasarkan hasil tabel 7 hasil simulasi pada *bracket* roda depan dengan pemberian tiga variasi pembebanan *(force)*, maka diperoleh perbandingan grafik setiap variabel seperti dibawah ini:



Gambar 7 Perbandingan Hasil Analisis Tegangan *(von mises)*



Gambar 8 Perbandingan Hasil Analisis Perpindahan Bentuk *(Displacement)*



Gambar 9 Perbandingan Hasil Analisis Faktor Keamanan *(Safety Factor)*

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bracket sistem steering roda depan untuk prototipe mobil listrik Heulang Galunggung telah dirancang bangun. Perancangan gambar teknik (CAD), program NC (CAM), dan Finite Element Analysis (FEA) menggunakan software Solidworks dan proses manufaktur menggunakan mesin milling CNC.
2. Hasil pengujian menunjukan bahwa nilai Von mises stress adalah 438325,09 N/mm2, besar nilai displacement yang terjadi sebesar 0,000293 mm, nilai minimum safety factor adalah 125,86. Hasil yang didapatkan menunjukan bahwa bracket sistem steering roda depan yang didesain aman digunakan maksimal beban 150 N.

REFERENSI

A. Efendi, "Rancang Bangun Mobil Listrik Sula Politeknik Negeri Subang," *J. Pendidik. Teknol. dan Kejuru.*, vol. 17, no. 1, p. 75, 2020, doi: 10.23887/jptk-undiksha.v17i1.23057.

H. Susanto and D. Tarmizi, "Desain Dasar Dan Pembuatan Mobil Listrik," vol. 2, no. 1, 2016.

"MODIFIKASI+RANCANGAN+BRACKET+CALIPER+MENGGUNAKAN+MESIN+CNC+DENGAN+METODE+PERANCANGAN+VDI+2221".

D. W. Karmiadji, D. R. Erfiansyah, and S. Wijaya, "Bracket Torque Rod Characteristics Of Alumunium Alloy AC4CH Material."

J. Andriana, "Analisis Pengendalian Kualitas dan Kemampuan Proses Machining untuk Produk Komponen Bracket A320 di PT. X," 2013.

"Proses Permesinan PENDAHULUAN 01 FTI Teknik Mesin Ir. Ucok Mulyo Sugeng, MT."

E. Supriyanto, "'MANUFAKTUR' DALAM DUNIA TEKNIK INDUSTRI," 2013.

A. Husen and A. Fato, "ANALISA SIFAT MEKANIS BAJA PADA BAHAN SPCC-HD DENGAN PROSES DEEP CURLING DALAM PEMBUATAN DRUM," 2021.

H. Fauzi, "Analisis tegangan pada," 2013.

Y. A. Putra and M. N. A. Mukhtar, "Analisis Statik Bracket Roll Brush Mesin Tensor Menggunakan Metode Fea," *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 1, pp. 57–63, 2023, doi: 10.34128/je.v10i1.246.

E. Prasetyo, R. Hermawan, M. N. I. Ridho, I. I. Hajar, H. Hariri, and E. A. Pane, "Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks," *Rekayasa*, vol. 13, no. 3, pp. 299–306, 2020, doi: 10.21107/rekayasa.v13i3.8872.

M. N. A. Mukhtar, T. Koesdijati, S. Rochman, E. Nasrulloh, and L. Hidayat, "Analisis Desain Stator Generator Tipe Magnet Permanen Fluks Aksial Menggunakan Metode Finite Element Analysis (FEA)," *J. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, pp. 149–156, 2021.

B. Setyono and Y. Setiawan, "Rancang Bangun Sistem Transmisi, Kemudi dan Pengereman Mobil Listrik 'Semut Abang,'" *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. III 2015*, p. Hal 89-96, 2018.

B. Bintari and B. L. Anurogo, *Pengantar Buku CSWA*. 2018.

N. Budi, K. Yoga, and I. Nyoman, "Mobil Listrik Lengkap," vol. 8, no. 1, 2019.

Cahyania, Dina, Tinjauan Atas Prosedur Pembelian Peralatan Kantor Pada Pt Deltra Wijaya Konsultan