

Analisis Variasi Desain Rangka Sepeda Motor Listrik Terhadap Kekuatan Rangka dengan *Ansys Workbench*

Nani Mulyaningsih¹, Wahyuchandra Ramadhani^{2*}, & Sri Hastuti³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tidar, Indonesia

*Email: dani.wcr99@gmail.com

ABSTRAK

Designing a fuel-based electric motorcycle frame needs to be modified to be able to place electrical components. Design and simulation of frame design variations are needed to obtain optimal frame strength by having the lowest stress, lowest deformation, and highest safety factor. The research objective is to obtain a frame design with optimal frame strength. The research method uses a comparative method in the form of three frame design variations simulated by Ansys Workbench. The frame simulation uses two types of loads, namely normal loads (146.2 kg) and heavy loads (316.2 kg). The simulation material uses AISI 4130 material. The selected and optimal frame design is the frame with the lowest maximum von Mises stress value and not more than the yield stress, the lowest maximum total deformation, and the highest minimum safety factor and > 2.5. From the research results, it was found that design 2 was the design with the best strength compared to design 1 and design 3. Simulation with normal load (146.2 kg) obtained a maximum von Mises stress of 50.38 MPa, maximum total deformation of 0.036 mm, minimum safety factor of 8.237. While the heavy load simulation (316.2 kg) obtained a maximum von Mises stress of 144.64 MPa, a maximum total deformation of 0.863 mm, a minimum safety factor of 2.869.

Keywords: Frame, Stress, Deformation, Safety Factor

PENDAHULUAN

Transportasi saat ini sebagian besar masih menggunakan bahan bakar fosil yang menimbulkan dan meningkatnya tingkat polusi udara yang disebabkan oleh emisi gas buang[1]. Sepeda motor listrik merupakan salah satu kendaraan yang ramah lingkungan karena tidak menghasilkan polusi. Peralihan sepeda motor bensin menjadi sepeda motor listrik telah banyak dilakukan baik membeli baru atau memodifikasi sepeda motor bensin. Sepeda motor bensin dan listrik tidak jauh berbeda, perbedaan terletak pada bagian komponen sumber energi penggerak (*power train*). Mengganti komponen sepeda motor bensin menjadi listrik, maka perlu pertimbangan mengenai rangka. Rangka berfungsi sebagai melekatnya komponen hingga menjadi satu bagian sepeda motor listrik.

Variasi rangka diperlukan pengujian untuk memastikan rangka yang dibuat nantinya dapat digunakan dengan baik dan aman. Pengujian berupa pemberian beban terhadap rangka dan menganalisis kejadian fisika yang terjadi. salah satu tujuan pengujian yaitu untuk mendapatkan kekuatan struktur rangka. Dengan berbagai jenis variasi konstruksi desain rangka, hasil pengujian dapat dibandingkan untuk mendapatkan kekuatan yang terbaik[2]. Selain bentuk konstruksi rangka, material dapat mempengaruhi kekuatan rangka. Penggunaan material pada rangka dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Perbedaan sifat material dapat mempengaruhi berat rangka, faktor keamanan, proses manufaktur, dan deformasi[3].

Pengujian kekuatan diperlukan beban untuk memastikan rangka dapat menahan beban yang diterima. Penelitian ini menggunakan metode pembebanan statis dengan beban jenis vertikal[4]. Beban terdiri dari beban normal dengan massa 146,2 kg dan beban berat dengan massa 316,2 kg. Teknologi yang berkembang pesat membantu perancangan rangka semakin cepat dan mudah terutama dibidang komputer. Komputer membantu perancangan rangka sepeda motor listrik dapat dilakukan dengan efektif dan efisien tanpa membuat rangka secara nyata yang dapat membebaskan pada biaya pembuatan rangka. Penggunaan komputer untuk menjalankan program desain dapat membantu perancang dalam membuat berbagai variasi rangka berdasarkan bentuk atau konstruksi. Program desain yang bersifat parametrik atau desain rancangan dapat dimodifikasi dengan tanpa pengulangan atau pembuatan kembali desain[5]. Kemudahan pengujian rangka dapat dilakukan

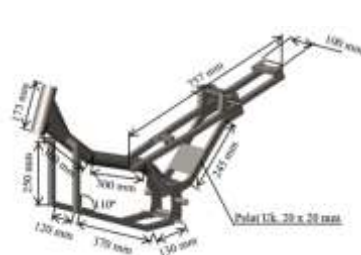
melalui komputer dengan menggunakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga. Program metode elemen hingga dapat menghitung serta memprediksi kejadian fisika secara lebih efisien[6]. Salah satu contoh penggunaan metode elemen hingga pada pendekatan analisis numerik yaitu *Ansys*[7]. Pada proses program metode elemen hingga akan menampilkan kejadian fisika yang sebelumnya telah dilakukan pengaturan sehingga perhitungan dapat mendekati kejadian sebenarnya.

Parameter kekuatan rangka terdiri dari tegangan, deformasi, dan faktor keamanan. Tegangan dapat menentukan kegagalan material jika tegangan yang terjadi lebih besar dari tegangan luluh material[8]. Deformasi dapat dijadikan acuan untuk mengoptimalkan struktur rangka dengan mengurangi atau menambah bagian rangka. Faktor keamanan merupakan perbandingan antara kekuatan sebenarnya terhadap kekuatan yang tersedia berdasarkan material yang digunakan. Fungsi dari faktor keamanan untuk menghindari kegagalan sebuah struktur sehingga tidak terjadi hal yang tidak diinginkan pada saat struktur atau benda tersebut digunakan[5,9].

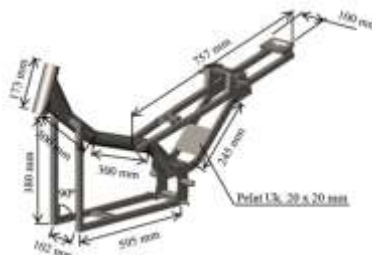
Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan variasi rangka dengan kekuatan rangka menggunakan program *Ansys Workbench*. Hasil yang diharapkan terpilihnya rangka dengan kekuatan optimal berdasarkan nilai tegangan terendah, deformasi terendah, dan faktor keamanan tinggi pada hasil simulasi.

METODE PENELITIAN

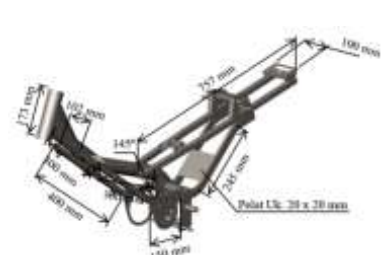
Penelitian ini menggunakan tiga jenis rangka dengan konstruksi komponen yang berbeda berdasarkan penempatan komponen listrik. Variasi desain digambar menggunakan *Solidworks* sehingga didapatkan desain rangka dengan gambar tiga dimensi. Desain rangka sepeda motor listrik mempertahankan bentuk asli sepeda motor bakar. Desain 1, desain 2, dan desain 3 berturut-turut diperlihatkan pada gambar 1, gambar 2, dan gambar 3.



Gambar 1. Desain Rangka 1



Gambar 2. Desain Rangka 2



Gambar 3. Desain Rangka 3

Tahap simulasi dilakukan menggunakan *Ansys Workbench 16.2*, diperlukan persiapan seperti menentukan material dan beban yang akan diterapkan pada desain rangka sepeda motor listrik. pada penelitian ini, beban yang digunakan memiliki asumsi massa seperti yang diperlihatkan pada tabel 1. Simulasi akan dilakukan melalui dua tahap yaitu dengan beban normal dan beban berat. Beban normal adalah beban yang terdiri dari motor listrik, pengontrol, baterai *pack*, dan dua orang dewasa dengan massa rata-rata sehingga memiliki jumlah massa 146,2 kg. Pada beban berat terdiri dari motor listrik, pengontrol, baterai *pack*, dan dua orang besar serta barang sehingga memiliki jumlah massa 316,2 kg. Material yang digunakan yaitu material AISI 4130 dengan sifat mekanik material AISI 4130 diperlihatkan pada tabel 2.

Tabel 1. Penggunaan Massa pada Simulasi

No	Keterangan	Massa (kg)	Berat (N)
1	Motor listrik (3 kW BLDC)	7 kg	68,67 N
2	Pengontrol (3 kW BLDC)	7,3 kg	71,613 N
3	Baterai <i>pack</i> (130 baterai Lithium Ion 18650)	1,9 kg	18,639 N
4	Massa rata-rata satu orang	65 kg	637,65 N
5	Massa satu orang besar serta barang	150 kg	1471,5 N

Tabel 2. Sifat Mekanik Material AISI 4130

Property of Material	
Density (massa jenis)	7850 kg/m ³
Yield strength (kekuatan luluh)	415 N/mm ²
Tensile strength (kekuatan tarik)	670 N/mm ²
Shear modulus (modulus geser)	80000 N/mm ²
Modulus of elasticity (modulus elastisitas)	2,05 x 10 ⁵ N/mm ²
Poisson ratio (rasio poisson)	0,29

Tahapan simulasi dengan Ansys Workbench yaitu memasukkan sifat mekanik material dengan mengisi pada *engineering data* Ansys untuk menyelaraskan material yang akan diuji dengan material yang telah ditentukan seperti pada gambar 4.



Gambar 4. Memasukkan Material AISI 4130 pada *Engineering Data* Ansys

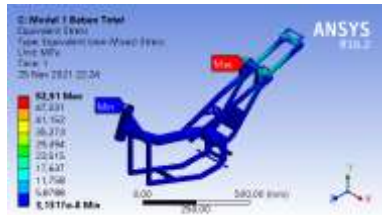
Sebelum melakukan simulasi, diperlukan persiapan seperti menyederhanakan *geometry*, mengatur ukuran *meshing*, menentukan letak tumpuan, menentukan letak beban, dan menentukan solusi yang dibutuhkan dalam hal ini yaitu parameter kekuatan rangka yang terdiri dari tegangan *von mises*, total deformasi, dan faktor keamanan. Penyederhanaan *geometry* dilakukan untuk menyederhanakan banyak *geometry* menjadi lebih sederhana dan memudahkan dalam menerapkan material. Data material yang sudah di *input* pada *engineering data* akan dilakukan verifikasi menggunakan material AISI 4130. Simulasi menggunakan *meshing* dengan ukuran 10 mm pada seluruh variasi desain. Pada Ansys dilakukan pengaturan *boundary* dengan menentukan daerah *fixed support* atau tumpuan jepit sebagai tumpuan rangka. Menerapkan beban baik komponen dan orang sesuai dengan posisinya. Beban terdiri dari beban normal dan beban berat dengan rincian beban seperti pada tabel 1. Menentukan hasil perhitungan simulasi atau *solution* yang terdiri dari tegangan *von mises*, total deformasi, dan faktor keamanan. Jika proses pra simulasi telah dilakukan, proses selanjutnya dapat dilakukan *solve* untuk memulai kalkulasi atau perhitungan pada Ansys.

Hasil simulasi untuk menentukan kekuatan rangka berupa tegangan, deformasi, dan faktor keamanan yang akan dianalisis dan dibandingkan untuk menentukan desain rangka dengan kekuatan paling baik. Dengan mempertimbangkan tegangan *von mises* tidak melebihi tegangan luluh yaitu 415 MPa dan faktor keamanan >2,5. Desain terpilih adalah nilai tegangan *von mises* maksimum terendah, nilai total deformasi maksimum terendah, dan nilai faktor keamanan minimum tertinggi.

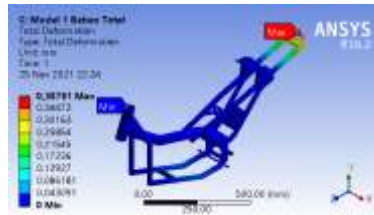
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi desain rangka 1

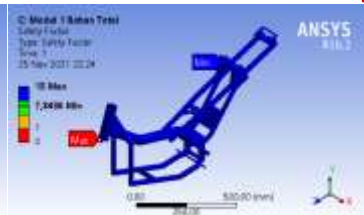
Simulasi beban normal (146,2 kg)



Gambar 5. Tegangan Von Mises Desain Rangka 1 Beban Normal



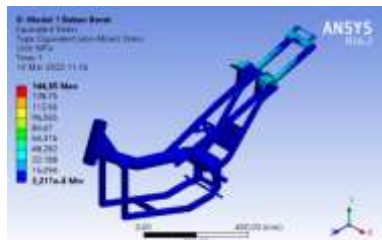
Gambar 6. Total Deformasi Desain Rangka 1 Beban Normal



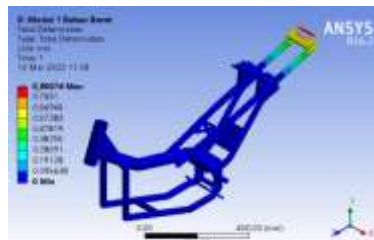
Gambar 7. Faktor Keamanan Desain Rangka 1 Beban Normal

Gambar 5 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 52,91 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 6 didapatkan total deformasi 0,388 mm dengan letak pada bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 7 yaitu 7,844. Letak faktor keamanan minimum pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan >2,5, sehingga desain 1 dengan beban normal dikatakan aman.

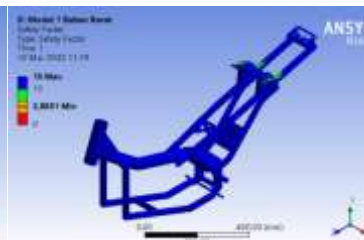
Simulasi beban berat (316,2 kg)



Gambar 8. Tegangan Von Mises Desain Rangka 1 Beban Berat



Gambar 9. Total Deformasi Desain Rangka 1 Beban Berat

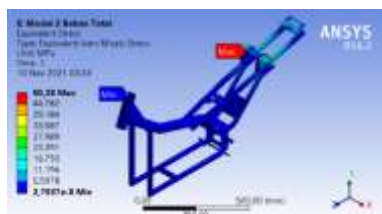


Gambar 10. Faktor Keamanan Desain Rangka 1 Beban Berat

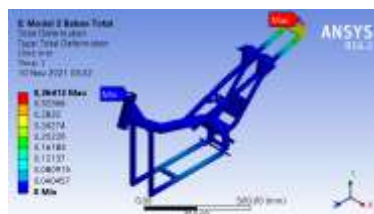
Gambar 8 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 144,85 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 9 didapatkan total deformasi 0,861 mm dengan letak pada bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 10 didapatkan 2,865. Letak faktor keamanan pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan >2,5, sehingga desain 1 dengan beban berat dikatakan aman.

Hasil simulasi desain rangka 2

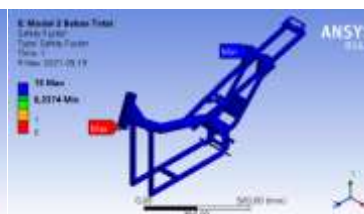
Simulasi beban normal (146,2 kg)



Gambar 11. Tegangan Von Mises Desain Rangka 2 Beban Normal



Gambar 12. Total Deformasi Desain Rangka 2 Beban Normal

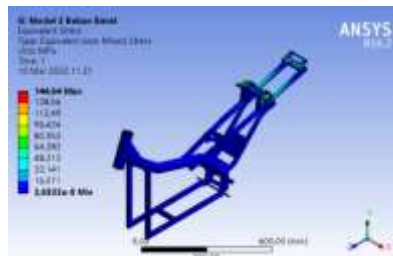


Gambar 13. Faktor Keamanan Desain Rangka 2 Beban Normal

Gambar 11 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 50,38 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 12 didapatkan total deformasi 0,364 mm dengan letak pada

bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 13 didapatkan 8,237. Letak faktor keamanan pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan $>2,5$, sehingga desain 2 dengan beban normal dikatakan aman.

Simulasi beban berat (316,2 kg)



Gambar 14. Tegangan Von Mises Desain Rangka 2 Beban Berat



Gambar 15. Total Deformasi Desain Rangka 2 Beban Berat



Gambar 16. Faktor Keamanan Desain Rangka 2 Beban Berat

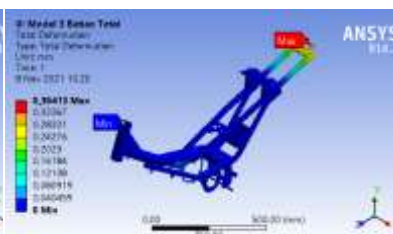
Gambar 14 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 144,64 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 15 didapatkan total deformasi 0,863 mm dengan letak pada bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 16 didapatkan 2,869. Letak faktor keamanan pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan $>2,5$, sehingga desain 2 dengan beban berat dikatakan aman.

Hasil simulasi desain rangka 3

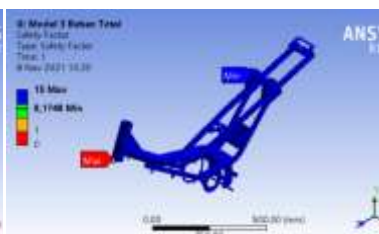
Simulasi beban normal (146,2 kg)



Gambar 17. Tegangan Von Mises Desain Rangka 3 Beban Normal



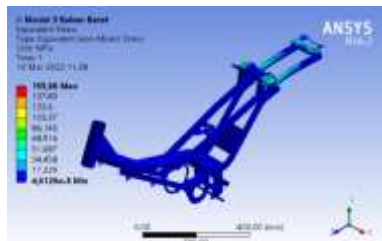
Gambar 18. Total Deformasi Desain Rangka 3 Beban Normal



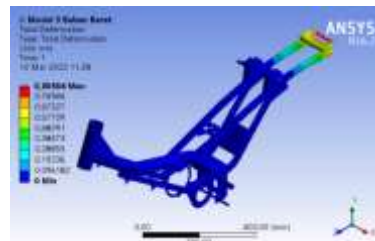
Gambar 19. Faktor Keamanan Desain Rangka 3 Beban Normal

Gambar 17 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 50,766 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 18 didapatkan total deformasi 0,364 mm dengan letak pada bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 19 didapatkan 8,175. Letak faktor keamanan pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan $>2,5$, sehingga desain 3 dengan beban normal dikatakan aman.

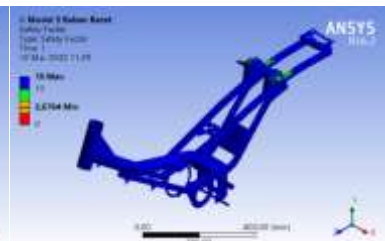
Simulasi beban berat (316,2 kg)



Gambar 20. Tegangan Von Mises Desain Rangka 3 Beban



Gambar 21. Total Deformasi Desain Rangka 3 Beban



Gambar 22. Faktor Keamanan Desain Rangka 3 Beban

Gambar 20 menunjukkan hasil simulasi tegangan *von mises* maksimum didapatkan 155,06 MPa pada bagian poros *shockbreaker* belakang dan dudukan titik tumpu tempat duduk. Simulasi Total deformasi yang terlihat pada gambar 21 didapatkan total deformasi 0,866 mm dengan letak pada bagian belakang rangka. Faktor keamanan minimum yang terlihat pada gambar 22 didapatkan 2,676. Letak faktor keamanan pada bagian poros *shockbreaker* dan dudukan jok motor. Tegangan tidak melebihi tegangan luluh dan faktor keamanan $>2,5$, sehingga desain 3 dengan beban berat dikatakan aman.

Table 1. Hasil Simulasi Variasi Rangka terhadap Variasi Beban

Beban	Parameter	Desain 1	Desain 2	Desain 3
Beban Normal (146,2 kg)	Tegangan <i>Von Mises</i> Maksimum (MPa)	52,91	50,38	50,766
	Total Deformasi Maksimum (mm)	0,388	0,364	0,364
	Faktor Keamanan Minimum	7,844	8,237	8,175
Beban Berat (316,2 kg)	Tegangan <i>Von Mises</i> Maksimum (MPa)	144,85	144,64	155,06
	Total Deformasi Maksimum (mm)	0,861	0,863	0,866
	Faktor Keamanan Minimum	2,865	2,869	2,676

Rekapitulasi hasil simulasi variasi rangka terhadap beban normal dan beban berat ditampilkan pada tabel 3, sehingga didapatkan tegangan *von mises* maksimum pada desain 1, 2, dan 3 mengalami kenaikan seiring bertambahnya beban. Semakin besar massa yang diterima suatu struktur, maka meningkatkan nilai tegangan *von mises*. Deformasi juga mengalami peningkatan akibat penambahan beban, sehingga pertambahan deformasi berbanding lurus dengan pertambahan beban yang diterima. Faktor keamanan mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya beban sehingga faktor keamanan berbanding terbalik dengan pertambahan beban. Didapatkan faktor keamanan didapatkan hasil berbanding terbalik dengan tegangan

Kriteria kekuatan terbaik yaitu memiliki tegangan *von mises* terendah dan tidak melebihi tegangan luluh material AISI 4130 yaitu 415 MPa, deformasi total terendah, dan faktor keamanan tertinggi serta faktor keamanan $>2,5$. Didapatkan desain 2 terpilih sebagai rangka dengan kekuatan terbaik melalui beban normal dan beban berat. Desain 1 dan 3 tidak terpilih karena nilai tegangan lebih tinggi dari desain 2 dan faktor keamanan lebih rendah dari desain 2.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis variasi desain rangka sepeda motor listrik didapatkan desain 2 (dua) merupakan desain terpilih karena memiliki tegangan terendah, deformasi terendah, dan faktor keamanan tertinggi. Simulasi beban normal diperoleh tegangan 50,38 MPa, deformasi 0,364 mm, dan faktor keamanan 8,237. Pada simulasi beban berat diperoleh tegangan 144,64 MPa, deformasi 0,863 mm, dan faktor keamanan 2,869.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Siregar, Ahmad Marabdi, and C. A. Siregar. "Rekayasa Saluran Gas Buang Sepeda Motor Guna Mengurangi Pencemaran Udara." *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi* 2.2 (2019): 171-179.
- [2] P. F. Serrador, "Conception and Structural Analysis of a Motorcycle Frame," vol. 549, no. October 2016, pp. 40–42, 2016.
- [3] P. Jeyapandiarajan, G. Kalaiarassan, J. Joel, R. Shirbhate, F. Felix Telare, and A. Bhagat, "Design and Analysis of Chassis for an Electric Motorcycle," *Mater. Today Proc.*, vol. 5, no. 5, pp. 13563–13573, 2018, doi: 10.1016/j.matpr.2018.02.352.
- [4] W. T. Soesilo, Arief Herman; Fadelan; Putra, "PERANCANGAN DAN ANALISIS CARBODY LOKOMOTIF DENGAN METODE ELEMEN HINGGA," pp. 8–18, 2020.
- [5] S. Mubarak, "Pengaruh Variasi Material Dan Beban Keamanan Pada Desain Pencakar Inner Puller Bearing Berbasis Simulasi Menggunakan," 2019.
- [6] N. A. Sutisna and M. F. A. A. Akbar, "FEM Simulation of Electric Car Chassis Design with Torsional Bar Technology," *J. Mech. Eng. Mechatronics*, vol. 3, no. 2, p. 97, 2019, doi: 10.33021/jmem.v3i2.542.
- [7] A. Harahap, "Simulasi Pembebanan Pada Shackle Menggunakan Perangkat Lunak Ansys APDL 15.0," *J. Mech. Eng. Manuf. Mater. ENERGY*, vol. 4, no. 1, pp. 74–84, Jun. 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i1.3811.
- [8] L. A. N. Wibawa, "Simulasi umur fatik rangka main landing gear menggunakan metode elemen hingga," *Din. Tek. Mesin*, vol. 10, no. 2, 2020, doi: 10.29303/dtm.v10i2.
- [9] Nasution, Arya Rudi, and Edi Widodo. "Numerical Analysis of Low Carbon Steel Tensile Strength Using Software (SolidWorks)." *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal* 7.1 (2022): 1-6.