



Analisis kekuatan rangka *Mini Ecavator Electric* Menggunakan Aplikasi Solidworks

Mohammad Haikal Bintang Pratama^{1*}, Dr. Fuad Zainuri¹, Ahmad Bustomi¹

¹Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok 16425

*Corresponding author E-mail address: fuad.zainuri@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi alat berat mengarah pada penggunaan sistem penggerak elektrik sebagai upaya pengurangan gas buang dan meningkatkan efisiensi energi. Perubahan sistem dari diesel konvensional menjadi sistem full electric menyebabkan komponen pada unit yang otomatis menambah beban kerja yang mengakibatkan rangka mengalami kegagalan desain. Maka dari itu penelitian kali ini bertujuan untuk memberikan optimasi pada desain dengan melakukan penambahan batangan baja support pada desain penelitian sebelumnya yang bertujuan untuk menahan lendutan pada area pembebanan pada rangka yang mengalami lendutan maksimal dengan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA). Setelah melakukan pengujian dan Analisa kekuatan hasil penambahan Batangan baja support pada desain yang baru, didapatkan hasil bahwa nilai stress maksimal yang terjadi pada desain rangka baru mengalami penurunan dari nilai semula 706,417 menjadi 79,088 dan menurunkan nilai displacement yang semula 1.163,314 menjadi 114.883 serta menaikkan nilai faktor keamanan yang semula bernilai 0,33 menjadi 3 yang dapat diartikan desain rangka baru memiliki nilai analisa yang aman untuk menopang berat beban seberat 2.000 kg. Rekomendasi yang dirumuskan pada penelitian kali ini yaitu dengan menambahkan batangan baja tambahan sebagai support yang menopang rangka yang menerima pembebanan, menggunakan material lain yang memiliki sifat mekanik yang lebih kuat namun memiliki berat yang lebih ringan dan harga material yang lebih murah.

Kata-kata kunci: Mini Excavator Electric, Frame, Finite Element Analysis (FEA). Solidworks Simulation, Von Mises Stress, Factor of Safety.

Abstract

Technological advancements in heavy equipment are shifting towards electric drive systems to reduce exhaust emissions and improve energy efficiency. Transitioning from conventional diesel to a fully electric system introduces new components that increase the load on the unit, potentially leading to structural design failure. Therefore, this study aims to optimize the design by adding steel support bars—based on a previous design—to mitigate deflection in the frame areas subjected to the highest loads, utilizing the Finite Element Analysis (FEA) method. Testing and strength analysis of the modified design revealed that the maximum stress dropped from 706.417 to 79.088, and displacement decreased from 1,163.314 to 114.883. Additionally, the factor of safety improved from 0.33 to 3, indicating that the new frame design is structurally safe to support a 2,000 kg load. The study recommends incorporating steel support bars to reinforce the load-bearing frame and suggests using alternative

Article History

Received: Juli 2026

Reviewed: Juli 2026

Published: Juli 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



materials that offer superior mechanical properties, lower weight, and reduced costs.

Keywords: Mini Excavator Electric, Frame, Finite Element Analysis (FEA). Solidworks Simulation, Von Mises Stress, Factor of Safety.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi alat berat saat ini mulai mengarah pada penggunaan sistem berbasis listrik sebagai upaya meningkatkan efisiensi dan mengurangi emisi gas buang. Salah satu implementasinya adalah pengembangan *mini excavator electric*. (Kurihara et al., 2022)

Pada proyek pembangunan *mini excavator electric*, direncanakan penggunaan rangka yang sudah ada dari proyek sebelumnya. Namun, perubahan sistem dari diesel konvensional menjadi unit full elektrik menyebabkan adanya perubahan beban, terutama pada komponen-komponen utama penyimpanan daya elektrik serta komponen pendukung lainnya. Kondisi tersebut yang diyakini oleh penulis bahwa harus dilakukan analisis ulang pada rangka yang sudah ada terkait beban yang akan ditopang kedepannya.

Pada penelitian ini penulis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dengan bantuan *software* Solidworks Simulation, yang mampu menganalisis distribusi tegangan dan deformasi pada struktur. (Suryo et al., 2018)

Beberapa penelitian terdahulu telah menggunakan metode yang sama, seperti Prasetyo dalam penelitiannya yang menggunakan metode *finite element analysis* (FEA) untuk menganalisa kekuatan rangka pada mesin Transverse Ducting Flange namun menggunakan objek penelitian yang berbeda yaitu dengan objek Mesin TDF (Prasetyo et al., 2020). Simbolon dan Kurniawan pada penelitiannya juga menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) yang membedakan adalah pada penelitiannya Simbolon dan Kurniawan menggunakan desain mesin press papan komposit sebagai objek utama penelitiannya (Simbolon & Kurniawan, 2022). Pada jurnalnya, Yerwal juga menggunakan metode yang sama pada penelitiannya, namun penelitian tersebut menggunakan ANSYS *Engineering Simulation Software* (Yerwal et al., 2021). Sementara itu, Trianto dkk menggunakan metode FEA, namun dari penelitiannya menggunakan objek yang berbeda yaitu casis mobil listrik (Trianto et al., 2026). Kemudian Jayanti menggunakan material yang sama dengan penelitian kali ini, namun pada penelitiannya Jayanti tidak menggunakan metode FEA (Jayanti, 2021). Widiyanto dkk juga menggunakan metode FEA pada penelitiannya, namun menggunakan objek penelitian berbeda yaitu menggunakan desain *arm chair* (Widiyanto et al., 2026). Pada penelitiannya, Shulhany juga menggunakan metode analisa yang sama namun menggunakan objek penelitian yang berbeda yaitu menggunakan rangka mesin press *bricket* eceng gondok (Shulhany et al., 2022). Puspitasari juga melakukan penelitian pembebanan statis dengan menggunakan *software* solidworks, namun menggunakan material yang berbeda yaitu AISI 4340 (Puspitasari & Nugraha, 2021). Munir dengan penelitiannya juga membahas perancangan dan simulasi, tapi menggunakan *software* yang berbeda yaitu Autodesk Inventor 2015 (Munir et al., 2019). Hery Irawan juga menggunakan metode FEA pada penelitiannya, namun menggunakan objek penelitian yang berbeda yaitu mesin pencacah ban multifungsi (Hery Irawan & Raka Noerman Khatami, 2026). Febritasari juga melakukan penelitian menggunakan metode FEA, namun menggunakan objek berbeda yaitu berupa rancangan rangka motor trail (Febritasari et al., 2023). Berdasarkan dari penelitian terdahulu,

belum ada yang berfokus membahas secara spesifik pengujian beban pada desain rangka *mini excavator* dengan parameter berupa nilai **Factor of Safety** (FOS) berada di angka 2,5 - 3.

Berdasarkan hal tersebut, penelitian dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan rangka *mini excavator* yang akan digunakan, sehingga dapat diketahui apakah rangka tersebut masih layak digunakan atau memerlukan perbaikan desain. (Shan et al., 2025)

2. METODOLOGI PENELITIAN

Berdasarkan tujuan penelitian, penelitian ini termasuk dalam penelitian rekayasa (*engineering design reaserch*) dengan pendekatan kuantitatif yang bertujuan untuk merancang dan menganalisis struktur rangka *mini excavator* elektrik.

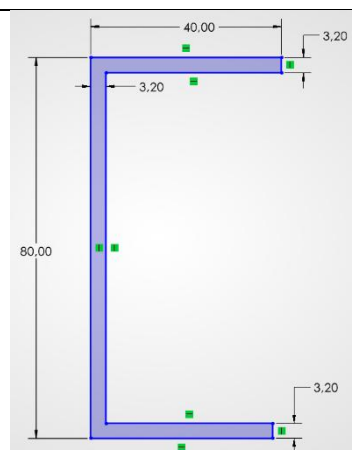
Metode penelitian yang digunakan meliputi proses perancangan teknik, analisis pembebanan pada rangka *mini excavator*, serta evaluasi kekuatan struktur berdasarkan prinsip mekanika teknik. *Finite Element Anaysis* (FEA) juga digunakan pada penelitian kali ini untuk melakukan simulasi pembebanan pada desain rangka.dengan menggunakan parameter berupa *Factor of Safety* bernilai 3.

Dengan demikian, penelitian ini menghasilkan rancangan rangka *mini excavator* yang mampu menopang beban unit sehingga dapat memberikan dasar perancangan bagi pengembangan *mini excavator* elektrik yang lebih efisien dan ramah lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemilihan Material

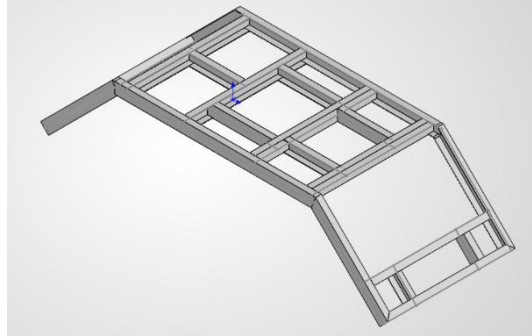
Material yang digunakan dalam perancangan desain menggunakan material baja ST37 dengan nilai *yield strength* sebesar 235 Mpa. Baja yang digunakan pada desain penelitian ini menggunakan baja dengan profil *c channel* dengan ukuran (80 x 40 x 3,2) mm. Material yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah baja karbon rendah (*Low Carbon Steel*) ST37 (DIN)/AISI 1015 yang memiliki komposisi kimia Karbon (C) 0.15-0.2 %, Pospor (P) ≤ 0.04 %, Sulfur (S) ≤ 0.05 % dan mangan (Mn) 0.6 - 0.9 % (Mikro et al., 2021) dan memiliki *yield strength* sebesar 260 - 270 Mpa (Jayanti, 2021)



Gambar 3.1 Profil C Channel

3.2 Hasil Perancangan Rangka

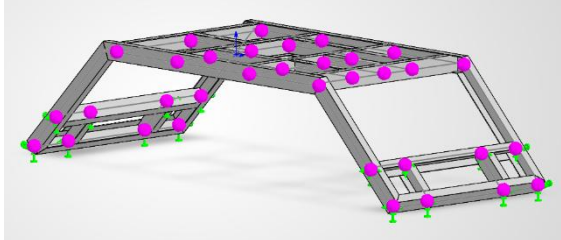
Dengan mengikuti acuan gambar kerja didapatkan hasil desain yang ditunjukkan pada gambar ... di bawah



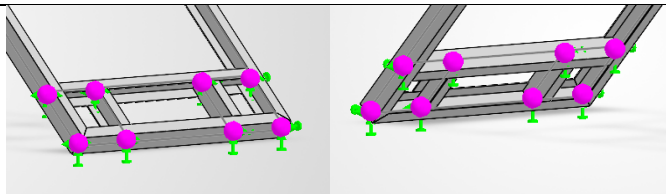
Gambar 3.2 Desain Rangka

3.3 Pengujian Beban

Langkah awal pengujian beban dimulai dari menentukan titik tumpu dari rangka yang akan diuji

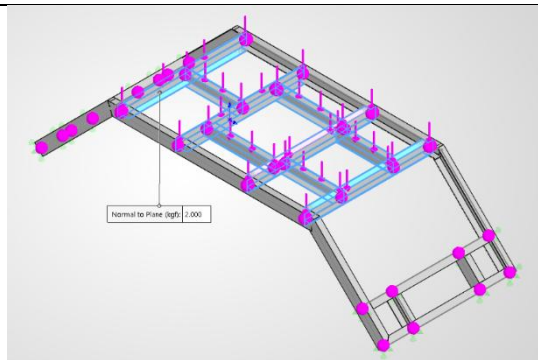


Gambar 3.3 Penentuan *Fixed Geometry*



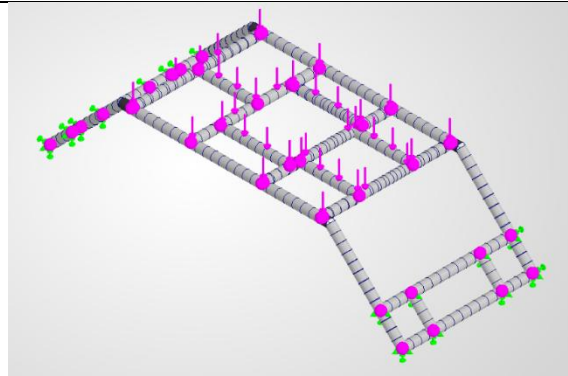
Gambar 3.4 Detail *Fixed Geometry*

Setelah menentukan titik tumpuan dari rangka yang akan diuji, langkah selanjutnya yaitu memasukan beban dan arah pembebanan yang akan diuji.



Gambar 3.5 Arah Pembebanan

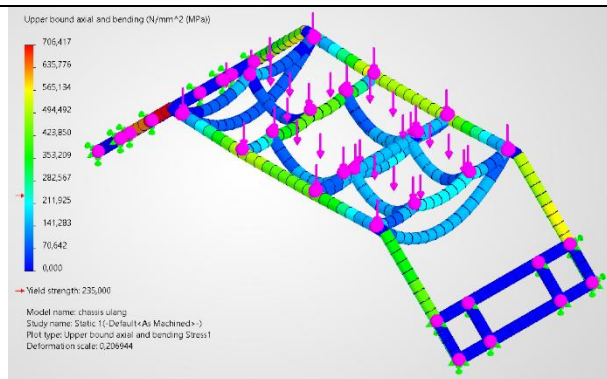
Setelah memasukkan beban dan menentukan arah pembebanan, langkah selanjutnya adalah mengubah desain menjadi *mesh*.



Gambar 3.6 Meshing

Setelah rangka diubah menjadi bentuk *mesh* langkah selanjutnya yaitu menjalankan simulasi.

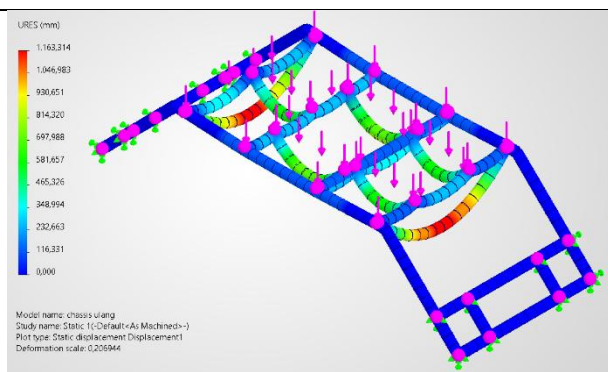
3.4 Stress (Von Mises)



Gambar 3.7 Stress (Von Mises)

Pengujian *stress (Von Mises)* menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai *stress* pada desain rangka baru setelah dilakukan optimasi pada desain rangka.

3.5 Displacement



Gambar 3.8 Displacement

Hasil dari nilai *displacement* juga mengalami penurunan. Nilai *displacement* pada pengujian rangka yang telah dioptimasi menunjukkan ada di bawah nilai maksimal kekuatan material.

3.6 Factor of Safety



Model name: chassis ulang
Study name: Static 1(-Default<As Machined>-)
Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
Criterion : Automatic
Factor of safety distribution: Min FOS = 0,33

Gambar 3.9 Factor of Safety

Pada pengujian terbaru didapatkan nilai *safety factor* sebesar 3. Menunjukkan bahwa desain rangka sudah memenuhi faktor keamanan untuk dilakukan *development*.

3.7 Hasil Pengujian

Hasil pengujian berupa nilai *Von Mises Stress*, *Displacement*, dan *Factor of Safety* yang disajikan dalam tabel ... di bawah.

Tabel 5.1 Hasil Pengujian

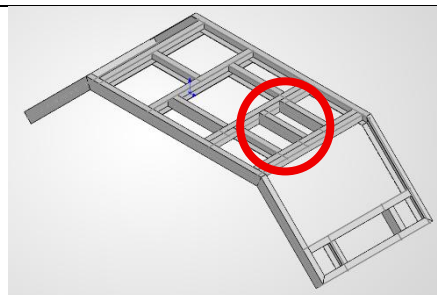
1

Satuan	Nilai	Keterangan
<i>Von Mises Stress</i>	706,417 Mpa	Melewati batas tegangan luluh
<i>Displacement</i>	1.163,314	Melewati batas kekuatan material
<i>Factor of Safety</i>	0,33	Berada di bawah batas aman

Dari hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa desain rangka tidak dapat menopang beban yang diasumsikan akan ditopang oleh rangka *mini excavator*.

3.8 Optimasi Desain

Untuk memperkuat struktur dari desain rangka yang akan digunakan untuk konversi unit dari diesel konvensional menjadi unit full elektrik, penulis melakukan optimasi desain dengan menambahkan batangan *support* pada rangka utama seperti yang dipaparkan pada gambar ... di bawah. Penambahan tersebut bertujuan untuk menahan lendutan dan berguna agar beban yang disalurkan lebih merata.

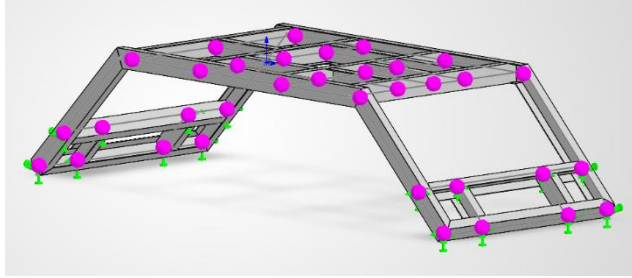
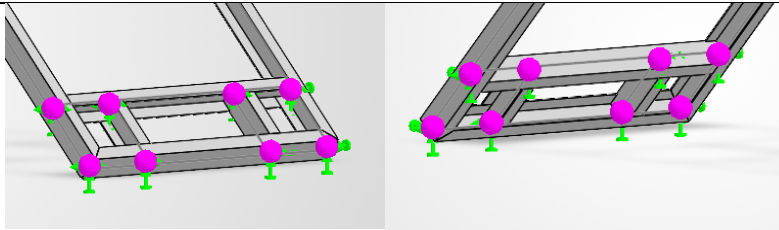


Gambar 3.10 Optimasi Desain

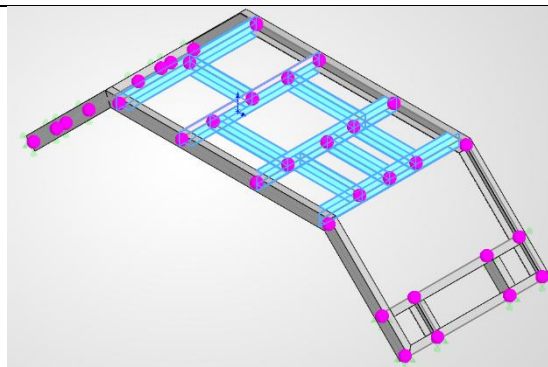
setelah melakukan optimasi pada desain rangka, selanjutnya desain rangka kembali diuji dengan beban dan arah pembebanan yang sama serta menggunakan titik tumpu yang sama dengan pengujian sebelumnya.

3.9 Pengujian Beban Rangka Baru

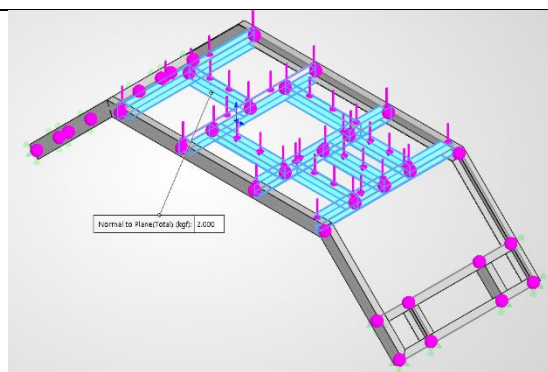
Langkah pengujian beban dimulai dari menentukan titik tumpu dari rangka yang akan diuji

Gambar 3.11 Penentuan *Fixed Geometry*Gambar 3.12 Detail *Fixed Geometry*

Setelah menentukan titik tumpuan dari rangka yang akan diuji, langkah selanjutnya yaitu memasukkan beban dan arah pembebanan yang akan diuji.

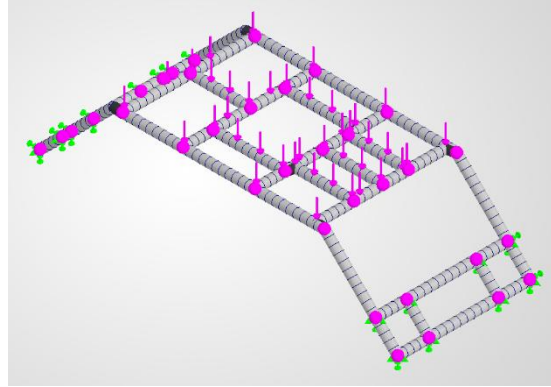


Gambar 3.13 Area Pembebanan



Gambar 3.14 Arah Pembebanan

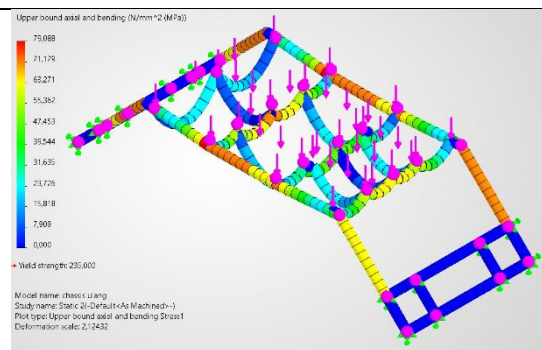
Setelah memasukkan beban dan menentukan arah pembebanan, langkah selanjutnya adalah mengubah desain menjadi *mesh*.



Gambar 3.15 Meshing

Setelah rangka diubah menjadi bentuk *mesh* langkah selanjutnya yaitu menjalankan simulasi.

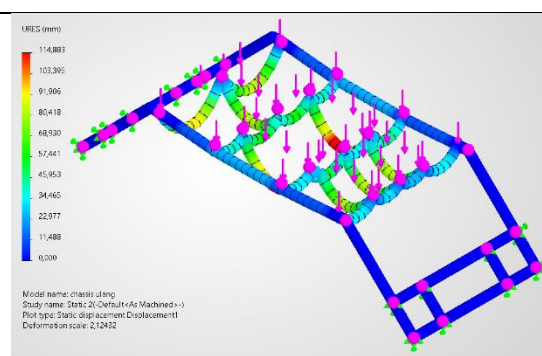
3.10 Stress (Von Mises)



Gambar 3.16 Stress (Von Mises)

Pengujian *stress (Von Mises)* menunjukkan bahwa telah terjadi penurunan nilai *stress* pada desain rangka baru setelah dilakukan optimasi pada desain rangka.

3.11 Displacement



Gambar 3.17 Displacement

Hasil dari nilai *displacement* juga mengalami penurunan. Nilai *displacement* pada pengujian rangka yang telah dioptimasi menunjukkan ada di bawah nilai maksimal kekuatan material.

3.12 Factor of Safety



Model name: chassis ulang
 Study name: Static 2(-Default<As Machined>-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 3

Gambar 3.18 *Factor of Safety*

Pada pengujian terbaru didapatkan nilai *safety factor* sebesar 3. Menunjukkan bahwa desain rangka sudah memenuhi faktor keamanan untuk dilakukan *development*.

3.13 Hasil Pengujian Rangka Baru

Setelah melakukan pengujian ulang kepada desain rangka yang telah dioptimasi, didapatkan hasil yang dipaparkan pada tabel ... di bawah.

Tabel 8.1 Hasil Pengujian 2

Satuan	Nilai	Keterangan
<i>Von Mises Stress</i>	79,088	Tidak melewati batas tegangan luluh
<i>Displacement</i>	114.883	Tidak melewati batas kekuatan material
<i>Factor of Safety</i>	3	Berada di angka aman

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan dan analisis kekuatan rangka *mini excavator* elektrik menggunakan metode *Finit Element Analysis* (FEA) pada *software Solidworks simulation*, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Rangka *mini excavator* elektrik berhasil dirancang menggunakan baja material ST37 dengan profil *c channel* dengan dimensi yang disesuaikan terhadap kebutuhan pembebanan.
2. Analisis statik menunjukkan bahwa rangka mampu menahan beban kerja yang diberikan dengan nilai tegangan maksimum yang masih berada di bawah batas tegangan luluh material, sehingga tidak mengalami kegagalan struktur.
3. Nilai perpindahan (*displacement*) maksimum yang terjadi masih berada dalam batas yang dapat diterima sehingga tidak mengganggu fungsi dan stabilitas rangka saat digunakan.
4. Berdasarkan analisis faktor keamanan (*Factor of Safety*), rangka memiliki tingkat keamanan yang memenuhi kriteria desain. Nilai faktor keamanan yang diperoleh menunjukkan bahwa struktur masih aman terhadap pembebanan yang diberikan.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi profil rangka atau jenis material yang berbeda untuk memperoleh desain yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang baik.
2. Analisis dapat dikembangkan dengan mempertimbangkan beban dinamis, getaran, dan kondisi kerja aktual, sehingga hasil simulasi lebih mendekati kondisi lapangan.
3. Perlu dilakukan validasi eksperimental terhadap hasil simulasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil analisis numerik dan kondisi sebenarnya.



4. Optimasi desain rangka dapat dilakukan dengan menambahkan atau memodifikasi elemen pengaku pada daerah yang mengalami konsentrasi

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) pada rangka unit *mini excavator*, dapat disimpulkan bahwa desain rangka sebelumnya tidak dapat dilakukan untuk konversi dari sistem diesel konvensional menjadi sistem *full electric* karena rangka yang telah didesain tidak dapat menopang asumsi beban yang akan diterima rangka ketika menjadi unit *full electric*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa **stress (Von Mises)** pada desain rangka sebelumnya berada di nilai 706,417 Mpa, yang dimana angka tersebut sudah melewati batas luluh tegangan material. Nilai **Displacement** juga melampaui batas kekuatan material dalam menahan lendutan yang akhirnya ketika dipaksakan akan mengalami *crack* dan patah pada rangka. Juga nilai **Factor of Safety** yang didapatkan pada hasil pengujian juga masih berada di bawah nilai aman. Penambahan batangan *support* pada desain rangka utama terbukti dapat menaikkan nilai-nilai yang diperlukan ketika penelitian. Nilai **stress (Von Mises)** turun menjadi 79,088 Mpa, yang mengartikan bahwa distribusi beban tersebar lebih baik. Sama halnya dengan nilai **Displacement** setelah dilakukan optimasi, perpindahannya turun menjadi 114.883. Optimasi pada desain rangka juga menaikkan nilai **Factor of Safety** menjadi 3.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya yaitu penelitian selanjutnya dapat menggunakan variasi profil rangka atau jenis material yang berbeda untuk memperoleh desain yang lebih ringan namun tetap memiliki kekuatan yang baik. Selain itu disarankan untuk melakukan validasi eksperimental terhadap hasil simulasi untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara hasil analisis numerik dan kondisi aktualnya.



5. REFERENSI

- Febritasari, R., Reza Agus Santoso, M., Arif Sutrisno, T., Adityo Pohan, G., Rahmadianto, F., Hari Prasawanto, D., Nani Prohatmi, T., & Yohanes Setyawan, E. (2023). Analisis Distribusi Tegangan Dan Deformasi Pada Rangka Motor Trail Dengan Metode Elemen Hingga. *Teknologi Hijau Berkelanjutan*.
- Hery Irawan, & Raka Noerman Khatami. (2026). Optimasi Kinerja dan Kekuatan Poros Mesin Pencacah Ban Multifungsi Berbasis Metode FEA. *Mars: Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 4(2), 57-63. <https://doi.org/10.61132/mars.v4i2.1563>
- Jayanti, R. T. (2021). Studi Pengujian Sifat Mekanik Material Baja ST-37. In *Majalah Teknik Industri* (Vol. 29).
- Kurihara, K., Naka, H., Shitara, Y., & Itani, H. (2022). *Study of Full Electric Mini Excavator* (Vol. 68, Number 175).
- Mikro, A. S., Peningkatan, D., Mekanis, S., Smaw, P., & St, B. (2021). Jurnal Teknik Mesin: CAKRAM 2021 Mustasyar Perkasa dkk. *Jurnal Teknik Mesin: CAKRAM*, 104-110.
- Munir, M. M., Winarso, R., & Qomaruddin. (2019). PERANCANGAN DAN SIMULASI PUNCH MESIN PRES BATAKO. In *Jurnal CRANKSHAFT* (Vol. 2, Number 1). Online.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299-306. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.8872>
- Puspitasari, N. A., & Nugraha, P. (2021). *Seminar Nasional-XX Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software SolidWorks Pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material AISI 4340*.
- Shan, J., Jia, G., & Li, C. (2025). EX1200 excavator structure simulation and analysis. *Vibroengineering Procedia*, 59, 223-229. <https://doi.org/10.21595/vp.2025.24798>
- Shulhany, A., Kusuma Laksanawati, E., & Setiawan, A. Y. (2022). Analisis Kekuatan Rangka pada Perancangan Mesin Press Briket Eceng Gondok Menggunakan Solidworks. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Tangerang*, 6(1).
- Simbolon, S., & Kurniawan, B. (2022). Simulasi Kekuatan Rangka Mesin Press Papan Komposit dengan Variasi Tekanan Menggunakan Software Solidworks. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 6(1), 59-67.
- Suryo, S. H., Bayuseno, A. P., Jamari, J., & Ramadhan, G. (2018). Simulation of Excavator Bucket Pressuring Through Finite Element Method. *Civil Engineering Journal*, 4(3), 478-487. <https://doi.org/10.28991/cej-0309107>
- Trianto, G., Burhanuddin, A., & Setyoadi, Y. (2026). Analisis Perancangan Casis Mobil Listrik dan Pembebanan Statik dengan Menggunakan Solidworks. *Journal of Mechanical and Electrical Technology*, 05(01), 67-73.



Widiyanto, W., Ari Purwanto, A., Muhamad, S., & Juwita, D. (2026). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR ARM CHAIR PRODUKSI INDUSTRI FURNITUR MENGGUNAKAN METODE FINITE ELEMENT ANALYSIS (FEA). *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 207-215.

Yerwal, P., Thawal, P., Bansode, S., Deore, V., & Sahu, Dr. A. (2021). Design, Modelling and FEM Analysis of Excavator Arm. *IARJSET*, 8(6), 236-241.
<https://doi.org/10.17148/iarjset.2021.8642>