

ANALISIS PENGEMBANGAN GEROBAK TARIK MOTOR BERBASIS DESAIN MODULAR UNTUK MENINGKATKAN KEAMANAN DAN MOBILITAS DALAM BERNIAGA

1) Mahasiswa, politeknik negeri
banyuwangi, Banyuwangi,
Indonesia

2,3,4,5) Dosen Pembimbing,
politeknik negeri banyuwangi,
Banyuwangi, Indonesia

Corresponding email *):
bilnadzaryrahmatullah25@gmail.com

Received: 10-07-2025

Accepted: 07-06-2026

Published: 28-06-2026

©2026 Politala Press.

All Rights Reserved.

**Bilnadzary Rahmatullah^{1*)}, Abdul Rohman²⁾, Eli Novita
Sari³⁾, IGNB Catra W⁴⁾, IGNA Satria Prasetya D W⁵⁾**

Abstrak. Perkembangan mobilitas dalam sektor niaga mendorong inovasi alat angkut seperti gerobak tarik motor. Penelitian ini menganalisis tiga variasi desain penyangga rangka berbahan Aluminium 6063 dengan metode Finite Element Analysis (FEA). Beban statis sebesar 3.924 N dibebankan merata pada tiga titik arah -Y. Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi 1 menghasilkan tegangan Von Mises maksimum 43,409 MPa, deformasi 0,62483 mm, dan safety factor 4,9529; variasi 2 menghasilkan tegangan 35,493 MPa, deformasi 0,66134 mm, dan safety factor 6,0575; dan variasi 3 dengan tegangan 35,487 MPa, deformasi 0,66071 mm, dan safety factor tertinggi 6,0586. Seluruh desain berada di bawah batas yield strength 215 MPa dan di atas safety factor minimum 1,25. Hasil menunjukkan bahwa variasi 3 adalah desain optimal.

Kata Kunci: Gerobak, Deformasi, Von Mises, Safety Factor

Abstract. The development of mobility in the commercial sector drives innovation in transport tools such as motorized tow carts. This study analyzes three support frame design variations using Aluminum 6063 and Finite Element Analysis (FEA). A static load of 3,924 N was applied evenly at three points along the -Y axis. Simulation results showed that Variation 1 generated a maximum Von Mises stress of 43.409 MPa, deformation of 0.62483 mm, and a safety factor of 4.9529. Variation 2 yielded stress of 35.493 MPa, deformation of 0.66134 mm, and a safety factor of 6.0575. Variation 3 yielded 35.487 MPa, 0.66071 mm, and the highest safety factor of 6.0586. All values remain below the material's yield strength of 215 MPa and above the minimum required safety factor of 1.25. Variation 3 is deemed optimal.

Keywords: Cart, Deformation, Von Mises, Safety Factor

To cite this article: <https://doi.org/10.34128/je.v13i1.383>

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan zaman dan meningkatnya kebutuhan mobilitas manusia, pembuatan rangka gerobak tarik motor menjadi solusi yang tepat. Gerobak tarik motor dirancang agar lebih mudah dioperasikan oleh pengguna, sehingga dapat menjadi referensi dalam pengembangan mobilitas niaga. Grobak adalah suatu alat angkut yang digunakan untuk mengangkut dan memindahkan barang ataupun material yang dimuatnya dari satu titik ke titik yang lain. Pengembangan alat angkut gerobak dengan cara menambahkannya motor sebagai penggerak utamanya. Perancangan dan pembuatan gerobak motor bertujuan untuk meringankan beban pemilik usaha. Adapun keuntungan gerobak motor ini bagi pemilik usaha adalah untuk memperluas jangkauan pasar serta meningkatkan mobilitas sehingga lebih fleksibel dalam menjangkau pelanggan serta lebih mudah berpindah tempat mencari lokasi yang lebih strategis [1]

2. Tinjauan Pustaka

Rangka gerobak berfungsi sebagai tempat pemasangan komponen mekanis seperti pir dan shock, serta dirancang fleksibel agar sesuai dengan sasis. Untuk mendukung mobilitas, dibutuhkan rangka yang kuat namun ringan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan desain gerobak tarik motor dengan sistem modular, yaitu penggunaan komponen terpisah yang dapat digabungkan secara fleksibel. Material yang digunakan adalah Aluminium 6063-T6 karena ringan dan umum digunakan dalam konstruksi. Analisis dilakukan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA), sebuah pendekatan numerik untuk menyelesaikan permasalahan kompleks seperti pembebanan, geometri, dan sifat material yang sulit diselesaikan secara analitik.

Deformasi

Deformasi dalam konteks mekanika struktur merujuk pada perubahan bentuk suatu struktur dari kondisi semula ke kondisi yang berbeda akibat adanya gaya atau tekanan eksternal yang bekerja padanya. Perubahan bentuk ini dapat terjadi pada berbagai jenis material, baik padat seperti logam dan batu maupun cair seperti air. Karakteristik deformasi bergantung pada jenis material serta besarnya beban yang diterima, dan dapat bersifat sementara maupun permanen. Deformasi elastis mengacu pada kondisi di mana material dapat kembali ke bentuk aslinya setelah beban dihilangkan, sementara deformasi plastis terjadi ketika material tidak dapat kembali ke bentuk semula. Deformasi permanen umumnya disebabkan oleh deformasi plastis atau kegagalan struktur seperti retak atau patah[1].

Benda yang diberikan beban akan mengalami suatu perubahan dari bentuk awalnya, baik yang berupa perubahan bentuk maupun ukuran atau berdeformasi. Bertambahnya ukuran benda akibat mengalami pembebanan disebut dengan perpanjangan atau elongasi. Sebaliknya, jika ukuran benda setelah mendapatkan beban menjadi pendek disebut dengan pemendekan atau kontraksi[1].

Tabel 1. Batasan Deformasi yang disarankan

Kriteria	Batasan Deformasi (mm/mm Panjang)
Umum	0,00762 – 0,00762
Sedang	0,000254 – 0,0127
Tinggi	0,0000254 – 0,000254

Von Mises

Teori Kegagalan Von Mises digunakan untuk memprediksi kegagalan material dalam kondisi tegangan multiaxial, dengan mempertimbangkan kombinasi tegangan normal dan geser. Teori ini menyatakan bahwa kegagalan terjadi ketika energi deformasi akibat tegangan mencapai ambang batas tertentu yang dikenal sebagai tegangan Von Mises. Tegangan ini berfungsi sebagai indikator kemampuan material dalam menahan beban. Jika nilai Von Mises stress melebihi kekuatan material, maka struktur dianggap gagal. Tegangan ekuivalen ini dihitung berdasarkan persamaan Von Mises, dan umum digunakan dalam analisis rekayasa karena akurat dalam menggambarkan kondisi kegagalan pada material ulet[5].

$$\sigma = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \quad (1)$$

Dalam rekayasa struktur, teori Von Mises digunakan untuk mengevaluasi kekuatan material dan memastikan struktur mampu menahan beban tanpa kerusakan, sehingga menjadi bagian penting dalam verifikasi desain teknik.

Safety Factor

Faktor Keamanan (*Safety Factor*) adalah parameter penting dalam rekayasa untuk memastikan struktur mampu menahan beban kerja secara aman. Faktor ini mempertimbangkan ketidakpastian seperti sifat material, kondisi operasi, dan asumsi desain. Umumnya, faktor keamanan didefinisikan sebagai rasio antara kapasitas maksimum material terhadap beban kerja. Nilai yang lebih tinggi menunjukkan margin keamanan yang lebih besar. Konsep ini didasarkan pada teori kegagalan Huber (1904), yang disempurnakan oleh von Mises dan Henky, menyatakan bahwa kegagalan terjadi saat energi distorsi pada kondisi multiaksial menyamai energi distorsi saat kegagalan uniaksial. Selain itu, bahan ulet yang sesuai dapat dirujuk dari buku Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis oleh Robert L. Mott, halaman 164.

$N = 1,25 - 2,0$	Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk semua data perancangan.
$N = 2,0 - 2,5$	Perancangan elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan tingkat kepercayaan rata-rata untuk semua data perancangan.
$N = 2,5 - 4,0$	Perancangan struktur statis atau elemen-elemen mesin yang menerima pembebanan dinamis dengan ketidakpastian mengenai beban, sifat-sifat bahan, analisis tegangan, atau lingkungan
$N = 4,0$ atau lebih	Perancangan struktur yang menerima beban statis dengan tingkat kepercayaan yang tinggi untuk semua data perancangan.

Keterangan:

N = Faktor aman

Berikut adalah rumus *safety factor* pada simulasi.

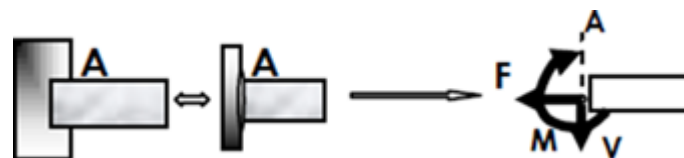
$$SF = \frac{\text{Yield Strength material}}{\text{von mises maximal}} \quad (2)$$

Sandy Suryady,(2022)

Jika nilai *Safety Factor* (SF) lebih besar dari batas yang ditentukan maka desain dianggap aman. Jika *Safety Factor* terlalu kecil maka desain berisiko mengalami kegagalan. Menurut Robert L. Mott, jika nilai SF melebihi 1,25, maka desain dapat dinyatakan aman.

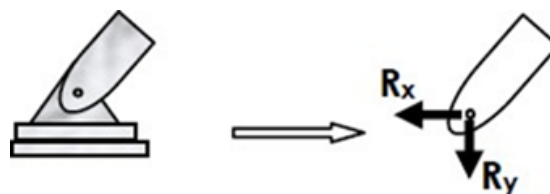
Jenis-jenis Tumpuan

1. Tumpuan jepit
Merupakan tumpuan yang dapat menahan momen dan gaya dalam arah *vertikal* maupun horisontal.



Gambar 1. Tumpuan jepit
(Yogi Pratama, 2015)

2. Tumpuan engsel
Merupakan tumpuan yang dapat menahan gaya *horizontal* disamping gaya *vertical* yang bekerja padanya.



Gambar 2. Tumpuan engsel
(Yogi Pratama, 2015)

3. Tumpuan rol
Merupakan tumpuan yang dapat menahan gaya *vertical* yang bekerja padanya.



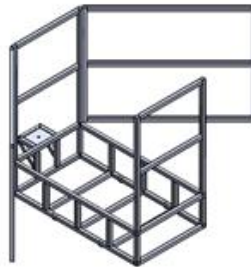
Gambar 3. Tumpuan rol
(Yogi Pratama, 2015)

3. Metodologi Desain Pengembangan Gerobak

Pengembangan desain gerobak dilakukan dengan meninggikan sisi kiri dan kanan untuk meningkatkan kapasitas dan perlindungan muatan, serta menerapkan desain modular agar dapat dibuka fleksibel. Selain itu, dilakukan pengembangan tiga variasi bentuk penyangga—lurus, huruf V, dan miring—untuk menganalisis pengaruhnya terhadap kekuatan struktur rangka menggunakan metode elemen hingga.

a. Desain Gerobak Variasi 1

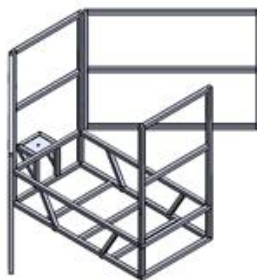
Desain 1 merupakan variasi awal dengan tiga batang penyangga utama tegak lurus di bagian tengah rangka. Mengadopsi bentuk konvensional, desain ini dipilih karena kemudahan manufaktur dan kestabilan vertikal. Penyangga berfungsi mendistribusikan beban secara merata dari sisi kiri dan kanan ke dasar rangka.



Gambar 4. Desain Variasi 1

b. Desain Gerobak Variasi 2

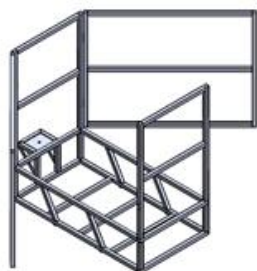
Desain 2 merupakan modifikasi dari desain awal dengan penyangga tengah berbentuk huruf V. Bentuk ini memberikan dukungan tambahan terhadap beban vertikal dan kekakuan struktur, karena langsung menahan dari arm roda sebagai titik tumpuan. Desain ini menjadi alternatif efisien dengan kekuatan struktural yang tetap terjaga.



Gambar 5. Desain Variasi 2

c. Desain Gerobak Variasi 3

Desain 3 merupakan variasi akhir dengan dua penyangga rangka yang diposisikan miring ke depan. Penyangga dipasang dari dasar rangka menuju arm roda sebagai titik tumpuan, lalu diarahkan secara diagonal ke bagian atas sisi depan gerobak, membentuk struktur condong kedepan.

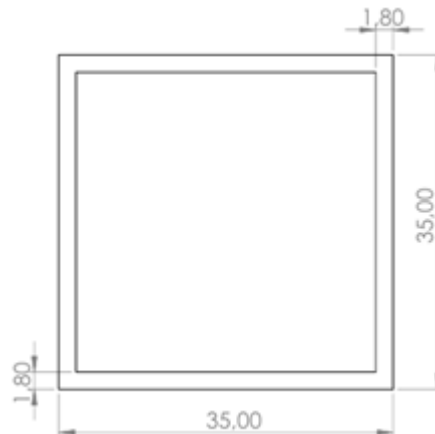


Gambar 6. Desain Variasi 3

Geometri dan Mesh

Geometri

Penampang rangka gerobak tarik motor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan tipe profil struktur berongga (*Hollow Structural Section*). Dimensi penampang yang digunakan adalah 35 mm × 35 mm dengan ketebalan 1,8 mm



Gambar 7. Geometri Penampang

Mesh

Mesh dalam penelitian ini divalidasi menggunakan parameter skewness dan orthogonal quality. Nilai skewness rendah dan orthogonal quality tinggi menunjukkan bahwa kualitas mesh berada dalam kategori baik hingga sangat baik. Dengan demikian, mesh layak dan akurat digunakan untuk analisis simulasi.

Skewness mesh metrics spectrum					
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00

Orthogonal Quality mesh metrics spectrum					
Unacceptable	Bad	Acceptable	Good	Very good	Excellent
0-0.001	0.001-0.14	0.15-0.20	0.20-0.69	0.70-0.95	0.95-1.00

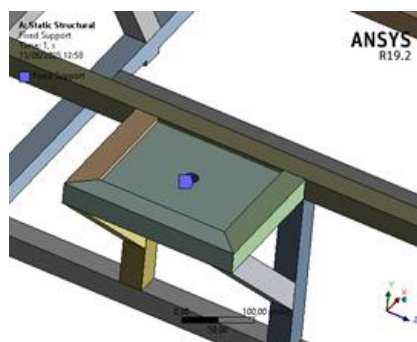
Gambar 8. Mesh Metrics Skewness dan Orthogonal Quality
(Faturrahman, 2022)

Tumpuan dan Pembebanan

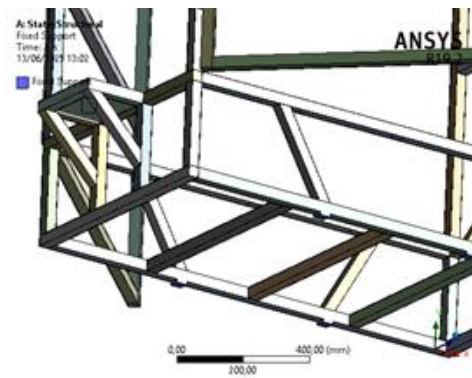
Pada tahap ini, akan menentukan beban dan penahan, seperti gaya (*force*) dan penahan (*fixed*) pada desain gerobak tarik motor ini.

Titik Tumpuan

Simulasi menggunakan lima titik tumpuan untuk membatasi gerak dan merepresentasikan kondisi penopang saat beban bekerja. Empat tumpuan ditempatkan pada roda, dan satu tambahan pada sambungan rangka utama. Penempatan ini dirancang agar mencerminkan penyanggaan yang realistis dan seimbang terhadap pembebanan.



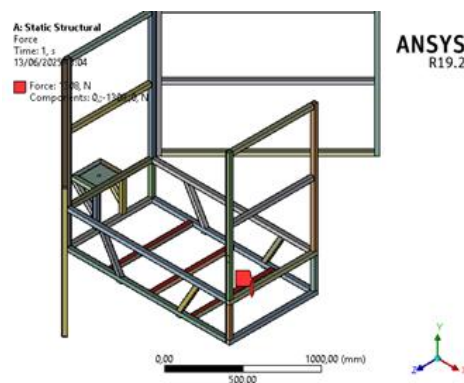
Gambar 9. Titik Tumpuan Pengait Depan



Gambar 10. Titik Tumpuan Arm Roda

Pembebanan

Pembebanan yang digunakan berupa beban statis total 3.924 N (setara 400 kg) yang dibagi merata pada tiga titik di bagian atas struktur gerobak, tepat di area penopang utama. Setiap titik menerima gaya 1.308 N ke arah sumbu -Y, sesuai arah gravitasi. Distribusi ini mensimulasikan kondisi kerja ril secara proporsional.



Gambar 11. Titik Pembebanan

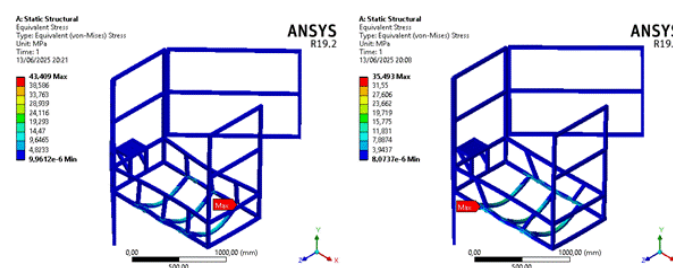
4. Hasil dan Pembahasan

Von Mises

Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi 3 memiliki tegangan maksimum Von Mises terendah sebesar 35,487 MPa, dengan distribusi tegangan yang paling merata. Seluruh nilai tegangan dari ketiga variasi berada jauh di bawah yield strength Aluminium 6063 T6 (215 MPa), sehingga struktur dinyatakan aman. Dengan demikian, variasi 3 merupakan desain penyangga paling efektif dalam menahan beban dan mendistribusikan gaya secara optimal.

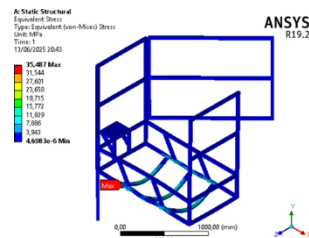
Hasil analisis *von mises* rangka gerobak tarik motor

von



(a) Variasi 1

(b) Variasi 2



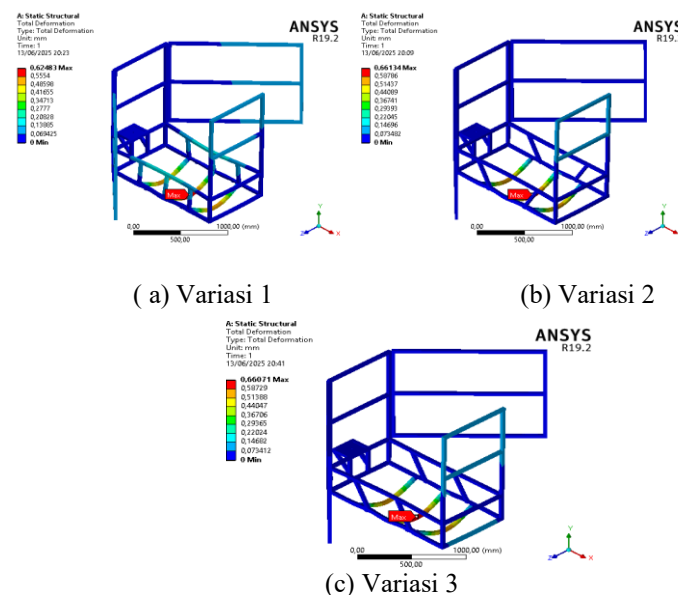
(c) Variasi 3

Gambar 12. Analisis *von mises* berdasarkan variasi

Desain 3 dengan penyangga miring terbukti paling optimal dengan nilai safety factor tertinggi dan distribusi tegangan yang baik. Seluruh desain memenuhi standar kekuatan material Aluminium 6063 dan layak digunakan untuk aplikasi niaga.

Deformation

Hasil simulasi menunjukkan bahwa variasi 3 memiliki deformasi terkecil sebesar 0,66071 mm, menandakan kekakuan struktur tertinggi dan ketahanan terbaik terhadap pembebanan. Dengan demikian, variasi 3 merupakan desain penyangga rangka paling optimal dalam meminimalkan deformasi dan mendistribusikan beban secara efisien. Hasil analisis deformasi rangka gerobak tarik motor



(a) Variasi 1

(b) Variasi 2

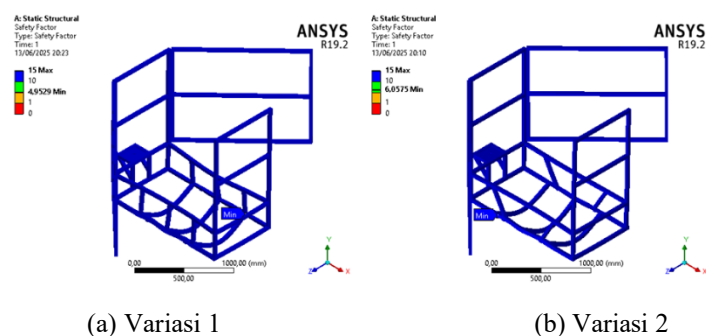
(c) Variasi 3

Gambar 13. Analisis deformasi berdasarkan variasi

Safety Factor

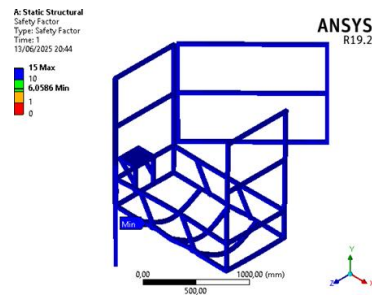
Hasil analisis menunjukkan bahwa ketiga variasi desain penyangga aman digunakan karena memiliki nilai safety factor di atas batas minimum 1,25. Variasi 3 memiliki nilai safety factor tertinggi sebesar 6,0586, sehingga dapat disimpulkan sebagai desain paling optimal dengan tingkat keamanan struktur terbaik.

Hasil analisis *safety factor* rangka gerobak tarik motor



(a) Variasi 1

(b) Variasi 2



(c) Variasi 3

Gambar 14. Analisis *safety factor* berdasarkan variasi

Pemilihan Desain

Evaluasi tiga variasi desain penyangga rangka dilakukan menggunakan analisis *static structural* berbasis metode elemen hingga (FEM) dengan ANSYS R19.2. Beban merata sebesar 3.924 N diberikan pada tiga titik tumpuan utama searah sumbu -Y untuk mensimulasikan beban vertikal. Analisis membandingkan ketiga desain berdasarkan tegangan Von Mises, deformasi total, dan *safety factor*. Hasil simulasi digunakan untuk menentukan desain penyangga paling optimal yang akan diterapkan pada rangka utama, dengan perbandingan hasil.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Simulasi

	Variasi 1		Variasi 2		Variasi 3	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Von Mises (Mpa)	9,9612e-6	43,409	8,0737e-6	35,493	4,6983e-6	35,487
Deformasi (mm)	0	0,62483	0	0,66134	0	0,66071
Safety Factor	4,9529	15	6,0575	15	6,0586	15

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, variasi 3 dipilih sebagai desain terbaik karena memiliki tegangan Von Mises terendah sebesar 35,487 MPa, deformasi maksimum yang kecil yaitu 0,66071 mm, serta nilai *safety factor* tertinggi sebesar 6,0586. Kombinasi ini menunjukkan bahwa variasi 3 menawarkan kinerja struktural yang paling optimal, stabil, dan aman dibandingkan dua variasi lainnya.

Daftar Pustaka

- [1] I. N. A. Adi, K. R. Dantes, and I. N. P. Nugraha, "Analisis Tegangan Statik Pada Rancangan Frame Mobil Listrik Ganesha Sakti (Gaski) Menggunakan Software Solidworks 2014," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 6, no. 2, pp. 113–120, 2018.
- [2] T. W. Adi, *Desain dan analisis kekuatan rangka KMHE Urban Concept Jogopati dengan metode FEA (Tugas Akhir)*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, 2024.
- [3] N. Andreyono, *Analisis Kekuatan Rangka Gerobak Sorong Bermesin Dengan Metode Simulasi Menggunakan FEM (Finite Element Methode)*, Banyuwangi, 2024.
- [4] D. O. Belyon, *Perancangan dan simulasi chassis mobil hemat energi tipe prototipe dengan metode FEA (Finite Element Analysis) (Tugas Akhir)*, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, 2024.
- [5] A. Fathurrahman, S. H. Suryo, and M. Muchammad, "Analisis sifat mekanik dan optimalisasi struktur boom excavator V EC650BE menggunakan metode elemen hingga," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 405–414, 2022.
- [6] O. Fatoki, "Dampak Ketahanan Kewirausahaan terhadap Keberhasilan Usaha Kecil dan Menengah di Afrika Selatan," 2018.
- [7] D. W. Hendarmin, R. Hanifi, and V. Naubnome, "Perancangan Struktur Mobil Listrik 'JETZ' dan Analisis Statik Menggunakan FEA (Finite Element Analysis)," *Mutiara: Multidisciplinary Scientific Journal*, vol. 1, no. 10, pp. 526–531, 2023.
- [8] F. Ismail, *Analisis kekuatan rangka mesin perontok padi menggunakan Solidworks 2019* (Disertasi Doktor), Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat, 2022.
- [9] O. Judianto and W. A. Tabrani, "Pemodelan gerobak ditarik sepeda untuk warga sekitar Pasar Inpres Duri Kosambi di Jakarta Barat," *Jurnal Inosains*, vol. 13, 2018.

- [10] M. S. Kamaluddin, *Rancang Bangun Alat Angkut Gerobak Motor Sebagai Alat Bantu Untuk Memenuhi Kebutuhan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM)* (Disertasi Doktor), Universitas Tridinanti Palembang, 2023.
- [11] R. L. Moot, *Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis*, Yogyakarta: Andi, 2009.
- [12] M. Moh. Rifal Firdaus, *Analisis Pengaruh Ketebalan Pelat dan Dimensi Terhadap Tekanan Pada Bejana Tekan Menggunakan Software Ansys*, Banyuwangi, 2024.
- [13] M. Muhyin, A. T. Sulistiyo, D. A. Wicahyono, and R. Y. Utama, "Modifikasi rancang bangun gerobak sorong bermesin sebagai sarana angkut pada proses pengangkutan material pada industri batu bata," *Mekanika: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 4, no. 1, pp. 7–11, 2018.
- [14] M. N. A. Mukhtar, E. J. Pratama, and A. M. Hermawan, "Rancang bangun gearbox untuk turbin angin Savonius vertikal (TASV) menggunakan metode FEA," *Elemen: Jurnal Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 128–137, 2020.
- [15] D. Safitriani, I. Suryapradana, and K. A. Nugraha, "Proses produksi gerobak tandan sawit sebagai alat pengangkutan tandan buah segar sawit CV Sarana Kasih," *Sebatik*, vol. 27, no. 1, pp. 371–378, 2023.
- [16] R. W. Sanjaya, *Rancang Bangun Mekanisme Gerobak Kargo Tipe Double Wishbone*, 2022.
- [17] B. Saputro and H. Pranoto, "Analisis Kegagalan dengan Metode Elemen Hingga pada Chassis Mobil Listrik Geni Biru KMHE 2020," *Journal of New Energies and Manufacturing*, vol. 1, no. 1, pp. 32–40.
- [18] N. Siregar, "Menggali Potensi Arsitektur Modular: Membangun dengan Fleksibilitas dan Efisiensi," *WriteBox*, vol. 1, no. 3, 2024.
- [19] S. Suryady and E. A. Nugroho, "Simulasi Faktor Keamanan Pembebanan Statik Rangka Pada Turbin Angin Savonius," Depok, 2022.
- [20] P. O. N. S. I. A. N. U. S. Yogi Pratama, *Desainudukan jembatan model menyilang pada jembatan rangka baja* (Disertasi Doktor), UAJY, 2015.