

Desain dan Evaluasi Struktur Sasis Kendaraan Listrik Roda Tiga Menggunakan Metode Elemen Hingga

Yayang Permadi^{1*}, Dwi Heru Siswantoro²

^{1,2}Politeknik Internasional Tamansiswa Mojokerto, Jl. Taman Siswa No.30, Mergelo, Purwotengah, Kec. Magersari, Kota Mojokerto, Jawa Timur

E-mail: yayangpolitama@gmail.com

* Corresponding Author

 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.4113>

ARTICLE INFO

Article history

Received: 14 Nov 2025

Revised: 20 Nov 2025

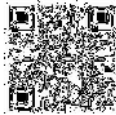
Accepted: 09 Dec 2025

Kata Kunci:

Sasis kendaraan listrik,
Aluminium alloy 6061-T6,
Finite element
method, ANSYS
Workbench

Keywords:

Electric vehicle chassis,
Aluminum alloy 6061-T6,
Finite element method,
ANSYS Workbench



ABSTRACT

Sasis merupakan struktur utama yang menopang seluruh beban kendaraan, sehingga evaluasi kekuatan statis sangat penting dalam pengembangan kendaraan listrik roda tiga. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis struktur sasis berbahan aluminium alloy 6061-T6 menggunakan metode elemen hingga pada perangkat lunak ANSYS Workbench. Simulasi dilakukan dengan variasi beban vertikal 0 – 600 kg yang setara dengan gaya 0 – 5884 N. Parameter yang dianalisis meliputi tegangan ekuivalen (Von-Mises), deformasi total, dan faktor keamanan (FoS). Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum meningkat dari 20.96 MPa pada kondisi tanpa beban hingga 285.71 MPa pada kondisi overloading 600 kg. Deformasi maksimum mencapai 7.25 mm, sedangkan nilai FoS turun dari 3.95 pada kondisi tanpa beban menjadi 0.29 pada beban 600 kg. Nilai FoS < 1 bahkan pada beban normal 200 kg menunjukkan bahwa desain awal sasis belum memenuhi kriteria keamanan. Penelitian ini menegaskan perlunya modifikasi desain, khususnya pada bagian cross members depan, agar struktur sasis dapat menahan beban operasional kendaraan secara aman.

The chassis is the main structure that supports the entire load of a vehicle, making static strength evaluation essential in the development of three-wheeled electric vehicles. This study aims to design and analyze a chassis structure made of aluminum alloy 6061-T6 using the Finite Element Method (FEM) in ANSYS Workbench software. The simulation was carried out under vertical loads ranging from 0 – 600 kg, equivalent to forces of 0 – 5884 N. The analyzed parameters included equivalent stress (Von-Mises), total deformation, and safety factor (FoS). The simulation results show that maximum stress increased from 20.96 MPa under no load to 285.71 MPa under an overloading condition of 600 kg. Maximum deformation reached 7.25 mm, while the FoS decreased from 3.95 at no load to 0.29 at 600 kg. The FoS values of less than 1, even under the normal load of 200 kg, indicate that the initial chassis design does not meet safety criteria. This study highlights the necessity of design modification, particularly in the front cross members, to ensure that the chassis structure can safely withstand operational loads.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Yang Permadi, et al (2025). Desain dan Evaluasi Struktur Sasis Kendaraan Listrik Roda Tiga Menggunakan Metode Elemen Hingga, 4(2) 12668-12674. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.4113>

PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik menjadi bagian integral dari strategi global untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil dan menurunkan emisi gas rumah kaca. Dalam konteks mobilitas perkotaan, kendaraan listrik roda tiga menawarkan solusi alternatif yang ekonomis, efisien, dan ramah lingkungan. Ukurannya yang kompak dan kemudahan manuver menjadikannya ideal untuk distribusi jarak pendek di area padat penduduk. Namun, seiring meningkatnya tuntutan performa dan

keamanan, aspek desain struktur kendaraan ini menjadi sangat krusial. Perlu pendekatan rekayasa yang tidak hanya mempertimbangkan efisiensi energi, tetapi juga kekuatan, ketahanan terhadap getaran, dan umur pakai struktur. Hal ini mendorong perlunya kajian teknis mendalam terhadap pemilihan material, desain geometri sasis, serta metode evaluasi dan optimasi struktur kendaraan listrik roda tiga.

Salah satu aplikasi strategis dari kendaraan listrik roda tiga adalah untuk mendukung sistem logistik jarak pendek di kawasan perkotaan. Tantangan utama dalam last-mile delivery meliputi kemacetan lalu lintas, keterbatasan akses area padat, dan tekanan untuk menekan emisi serta biaya operasional (Fegde, 2025). Penggunaan kendaraan listrik dalam konteks ini telah menunjukkan potensi signifikan dalam mengurangi waktu pengantaran, meningkatkan efisiensi energi, dan menurunkan emisi karbon secara keseluruhan (Ferreira & Esperança, 2025). Namun, keberhasilan implementasi EV di sektor ini masih menghadapi hambatan, seperti keterbatasan infrastruktur pengisian daya dan keterbatasan jarak tempuh (Anosike et al., 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan desain kendaraan yang efisien, ringan, dan mampu bertahan terhadap beban dinamis yang kompleks, agar EV roda tiga dapat beroperasi secara optimal di lingkungan urban yang menantang (Alsaleh, 2025).

Pengembangan struktur kendaraan listrik roda tiga membutuhkan pemilihan material yang mampu memberikan keseimbangan antara kekuatan mekanis, bobot ringan, dan ketahanan terhadap lingkungan ekstrem. Dalam hal ini, material komposit berbasis serat karbon menunjukkan potensi signifikan untuk mencapai efisiensi berat yang tinggi, dengan kemampuan reduksi bobot hingga 86% dibandingkan baja, serta kekuatan tarik lebih dari 6 GPa (Salafuddin & Fitri, 2025; Maharani et al., 2019). Selain itu, material ini menawarkan ketahanan korosi yang unggul dan kontribusi besar terhadap efisiensi energi kendaraan (Qian, 2025). Di sisi lain, paduan aluminium seri 6000, khususnya 6111-T4, dinilai sebagai pilihan yang seimbang dalam hal performa struktural, kemudahan fabrikasi, dan dampak lingkungan (Saldanha et al., 2022). Komposit dan paduan ini mampu menurunkan bobot kendaraan masing-masing sebesar 30–70% dibandingkan dengan struktur baja konvensional, meskipun tantangan seperti biaya produksi tinggi dan kesulitan proses perbaikan tetap menjadi perhatian utama (Pian et al., 2023)

Analisis elemen hingga (Finite Element Analysis/FEA) menjadi pendekatan utama dalam mengevaluasi kekuatan dan deformasi struktur rangka kendaraan listrik. Pendekatan ini banyak diterapkan untuk mengkaji distribusi tegangan dan pergeseran nodal pada berbagai desain sasis kendaraan. Simulasi tegangan statik pada sasis kendaraan listrik menggunakan SolidWorks dan menemukan tegangan maksimum sebesar 206 MPa dengan faktor keamanan 1,69 dan defleksi 0,4 mm (Shantika et al., 2022). ANSYS untuk menganalisis kekuatan sasis, dengan hasil tegangan ekuivalen sebesar 59,98 MPa, regangan elastis sebesar $33,25 \times 10^{-5}$ mm/mm, dan deformasi total 2,43 mm, serta faktor keamanan mencapai 3,55 (Mardji et al., 2018). Membandingkan analisis statik dan dinamik menggunakan SimSolid, menemukan tegangan maksimum 64 MPa (statik) dan 288 MPa (dinamik), dengan load factor 4,44, yang menunjukkan pentingnya evaluasi dinamik dalam desain structural (Zamzam et al., 2025; Septyawan et al., 2023). Validasi eksperimental juga diperlihatkan oleh Astyanto et al., (2020), yang menunjukkan hasil konsisten antara simulasi FEA dan pengujian aktual dalam hal tegangan von Mises dan pergeseran nodal, membuktikan integritas struktural sasis dalam kondisi beban nyata.

Karakteristik modal dan respons getaran sasis kendaraan listrik merupakan aspek penting dalam memastikan kenyamanan dan ketahanan struktur kendaraan, terutama saat melintasi permukaan jalan tidak rata. Astyanto (2020) mengembangkan model kendaraan dengan berbagai derajat kebebasan untuk menganalisis karakteristik getaran menggunakan perangkat lunak ADAMS, dan menunjukkan bahwa pengaturan nilai redaman suspensi secara optimal dapat meningkatkan kenyamanan berkendara. Tavares et al. (2019) memodelkan sistem suspensi aktif berbasis torsion bar dalam konteks profil jalan ISO 8608 dan menemukan bahwa sistem ini tidak hanya meningkatkan kenyamanan, tetapi juga mampu memanen energi hingga 60 W saat melaju di jalan kelas C dengan kecepatan 50 km/jam. Ahirrao dan Bhosle (2020) menggunakan pendekatan analisis modal dan pengukuran FFT untuk mengevaluasi frekuensi harmonik sasis, serta membuktikan efektivitas pengendalian getaran dalam mengurangi risiko kegagalan struktural. Sementara itu, Martyanov et al. (2021) mengembangkan model simulasi sasis kendaraan listrik berbasis MATLAB/Simulink yang memperhitungkan profil jalan, kecepatan kendaraan, serta gaya hambat, untuk mengevaluasi efisiensi energi dan performa sistem penggerak.

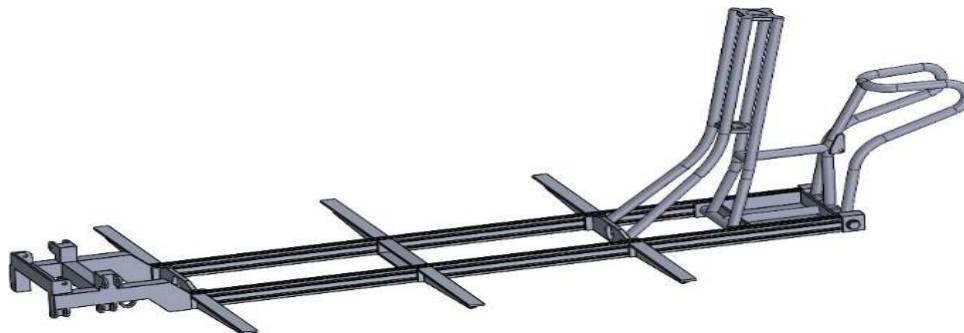
Optimalisasi struktur sasis kendaraan listrik menjadi langkah penting dalam meningkatkan performa kelelahan (fatigue) dan efisiensi berat komponen kendaraan. Berbagai pendekatan telah digunakan untuk mengkaji hubungan antara geometri struktur, distribusi tegangan, dan umur kelelahan komponen. Dai et al. (2023) menunjukkan pentingnya evaluasi modal dan simulasi fatigue pada rangka sepeda motor listrik, yang memberikan estimasi umur pakai berdasarkan berbagai kondisi beban penuh. Scurtu dan Moldovanu (2024) menerapkan metode optimasi topologi untuk merancang struktur sasis dengan massa minimum tanpa mengorbankan sifat mekanik, menggunakan perbandingan antara baja dan aluminium. Lebih lanjut, Huang dan Wang (2021) menggabungkan optimasi multi-objektif berbasis energi regangan dan partikel swarm optimization untuk meningkatkan ketahanan fatigue pada struktur torsion beam, dengan hasil pengurangan massa sebesar 19,20%. Li et al. (2023) mengkaji optimasi struktural pada komponen battery box dengan metode energi regangan modal, menunjukkan peningkatan signifikan dalam umur kelelahan sekaligus pengurangan bobot sebesar 4 kg. Studi-studi ini menegaskan bahwa pendekatan berbasis analisis modal dan energi regangan sangat efektif dalam meningkatkan performa fatigue sambil mempertahankan efisiensi struktur kendaraan listrik.

Meskipun berbagai studi telah membahas material ringan, analisis elemen hingga, serta optimasi struktur berbasis energi regangan, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan desain awal berdasarkan distribusi beban aktual dengan optimasi struktural pada kendaraan listrik roda tiga masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan analisis sasis kendaraan listrik roda tiga pengangkut barang dengan material aluminium alloy 6061-T6. Evaluasi dilakukan melalui simulasi metode elemen hingga menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench, dengan parameter utama berupa tegangan ekuivalen (Von Mises), deformasi total, dan faktor keamanan, guna memastikan integritas struktural dan efisiensi desain.

METODE

Penelitian ini dilakukan untuk merancang dan menganalisis kekuatan struktur sasis kendaraan listrik roda tiga pengangkut barang dengan menggunakan pendekatan numerik berbasis metode elemen hingga (Finite Element Method/FEM).

Perancangan dimulai dengan membuat model tiga dimensi sasis menggunakan perangkat lunak CAD, yang dirancang dalam bentuk struktur rangka tipe space frame dengan konfigurasi utama berupa long members, cross members, dan trust members. Desain disesuaikan dengan kebutuhan kendaraan angkut di area perkotaan, memperhitungkan ruang muatan, sistem penggerak, dan posisi pengemudi.

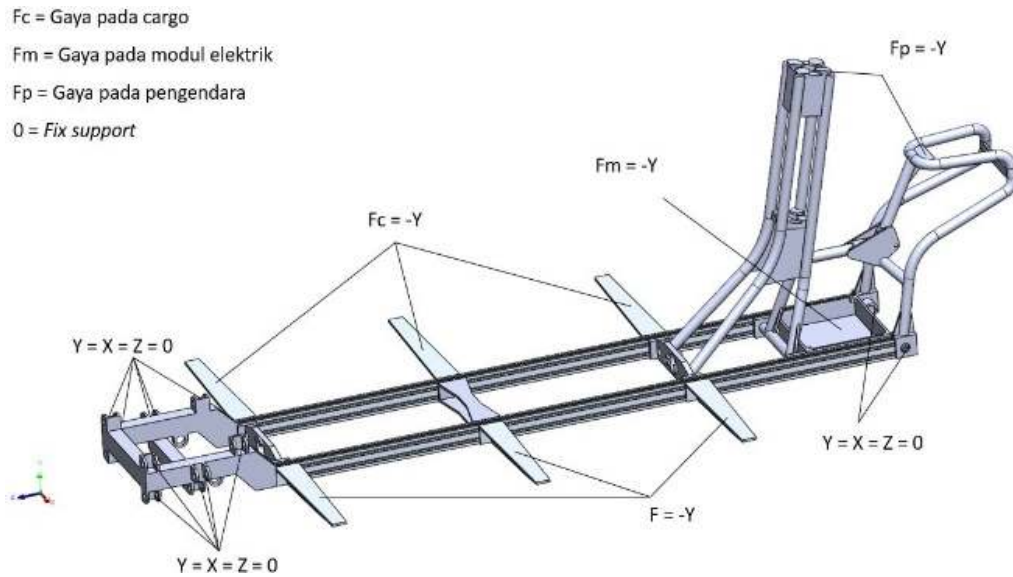


Gambar 1. Desain 3D sasis kendaraan listrik roda tiga tipe *space frame*.

Material yang digunakan adalah aluminium alloy 6061-T6, dipilih karena sifatnya yang ringan namun memiliki kekuatan mekanik yang baik serta tahan terhadap korosi. Nilai kuat luluh material ini sebesar 276 MPa dan kuat tarik maksimumnya mencapai 310 MPa, dengan modulus elastisitas 68,9 Gpa (Anosike et al., 2023).

Simulasi pembebanan statis dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench. Beban total yang diterapkan adalah sebesar 320 kg, terdiri dari komponen kendaraan seperti baterai, motor listrik, struktur sasis, pengemudi, dan muatan. Beban ini diterapkan dalam arah vertikal dan didistribusikan sesuai dengan konfigurasi posisi roda depan dan belakang. Semua sambungan dalam model diasumsikan bersifat kaku tanpa deformasi relatif antar elemen.

Proses meshing dilakukan dengan penyesuaian ukuran elemen untuk memperoleh hasil simulasi yang akurat namun efisien secara komputasi. Evaluasi kualitas mesh dilakukan menggunakan parameter skewness dan orthogonal quality sebagaimana direkomendasikan dalam literatur (Alsaleh, 2023).



Gambar 2. Kondisi pembebanan dan boundary condition pada model sasis.

Simulasi dilakukan pada modul Static Structural dengan tiga parameter utama yang dianalisis, yaitu tegangan ekuivalen (Von-Mises), deformasi total, dan faktor keamanan (safety factor). Analisis ini digunakan untuk mengevaluasi apakah desain sasis mampu menahan beban yang diberikan tanpa mengalami kegagalan struktural, serta menjadi dasar untuk pengembangan desain selanjutnya.

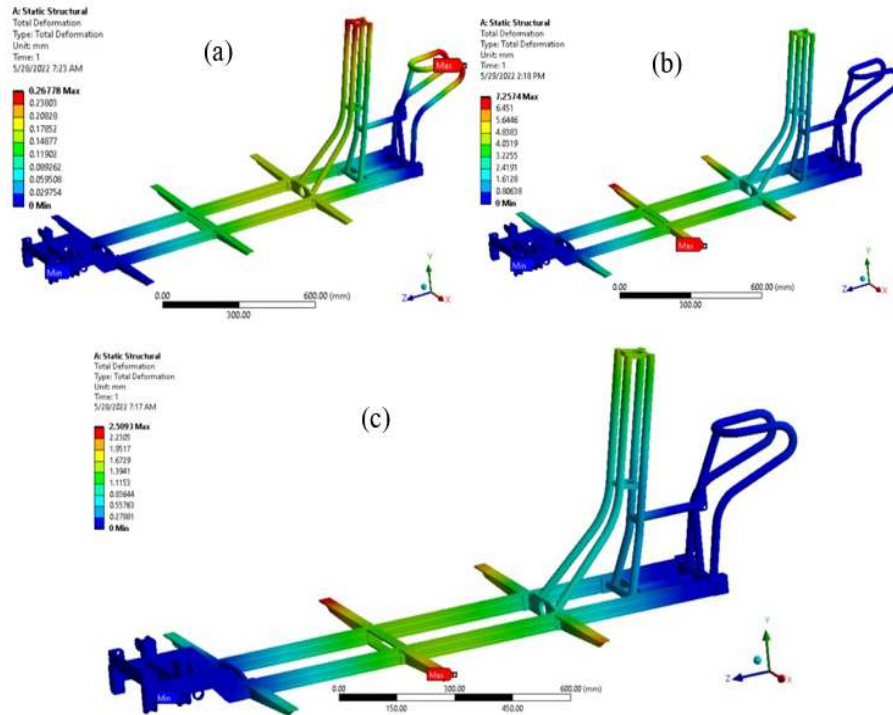
HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi statis dilakukan terhadap model sasis kendaraan listrik roda tiga berbahan aluminium alloy 6061 – T6 menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench. Variasi pembebanan vertikal diberikan mulai dari kondisi tanpa beban hingga kondisi overloading 600 kg, dengan konversi gaya antara 0 – 5884 N. Parameter analisis mencakup tegangan ekuivalen (Von-Mises), deformasi total, dan faktor keamanan (FoS). Hasil simulasi ditunjukkan pada Tabel 1, sedangkan visualisasi kontur digunakan untuk mengidentifikasi area kritis dan mengevaluasi performa desain.

Tabel 1. Simulasi struktur statis.

Struktur statis	Gaya (N)	Total deformasi (mm)	Max stress (MPa)	FOS
Tanpa beban	0	0.26778	20.961	3.9473
Beban normal 200 kg	1961.33	2.5093	95.941	0.8624
300 kg	2941.99	3.6963	143.38	0.57705
400 kg	3922.66	4.8834	190.83	0.43359
500 kg	4903.33	6.0704	238.27	0.34726
Overloading 600 kg	5883.99	7.2574	285.71	0.28959

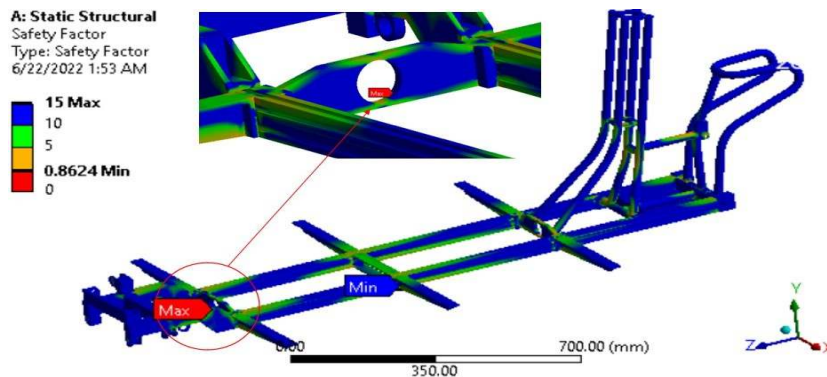
Deformasi total yang terjadi pada sasis meningkat seiring dengan bertambahnya beban. Pada kondisi tanpa beban, deformasi maksimum hanya sebesar 0.27 mm. Saat diberi beban normal 200 kg, deformasi meningkat menjadi 2.51 mm, dan mencapai 7.25 mm pada kondisi overloading 600 kg. Pola deformasi terbesar terjadi pada ujung dudukan kemudi dan sambungan tempat duduk pengemudi. Hal ini menunjukkan bahwa bagian depan sasis merupakan area yang paling rentan mengalami perubahan bentuk ketika menerima beban.



Gambar 3. Kontur deformasi sasis: (a) tanpa beban, (b) beban normal 200 kg, dan (c) overloading 600 kg.

Analisis tegangan Von-Mises memperlihatkan tren yang sama, yaitu meningkat seiring bertambahnya beban. Tegangan maksimum pada kondisi tanpa beban adalah 20.96 MPa, kemudian meningkat menjadi 95.94 MPa pada beban normal 200 kg, hingga 285.71 MPa pada kondisi overloading 600 kg. Nilai tegangan pada beban maksimum tersebut telah melampaui batas luluh material aluminium alloy 6061-T6 sebesar 275 MPa, sehingga sasis dalam kondisi kritis dan berpotensi mengalami kegagalan plastis.

Hasil faktor keamanan (FoS) juga memperkuat kesimpulan bahwa desain sasis dalam kondisi awal belum memenuhi standar keamanan. Pada kondisi tanpa beban, nilai FoS masih 3.95, namun turun drastis menjadi 0.86 pada beban normal 200 kg, dan mencapai nilai terendah 0.29 pada overloading 600 kg. Nilai $FoS < 1$ mengindikasikan bahwa sasis tidak aman untuk digunakan, bahkan pada kondisi beban normal.



Gambar 4. Kontur faktor keamanan (FoS) statis pada sasis kendaraan listrik roda tiga.S

Visualisasi kontur pada Gambar 4 menunjukkan bahwa area kritis dengan nilai FoS terendah berada pada cross members bagian depan sasis. Dengan demikian, hasil simulasi menegaskan bahwa meskipun deformasi yang terjadi relatif kecil, kekuatan material sasis aluminium alloy 6061-T6 pada konfigurasi desain awal tidak mencukupi. Perlu dilakukan optimasi desain, seperti memperkuat bagian

depan sasis atau menggunakan material dengan kekuatan luluh lebih tinggi agar kendaraan dapat beroperasi dengan aman sesuai kapasitas beban rencana.

SIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi struktur sasis kendaraan listrik roda tiga berbahan aluminium alloy 6061-T6 dengan metode elemen hingga. Berdasarkan hasil analisis, dapat disimpulkan bahwa desain awal sasis belum mampu memenuhi kriteria keamanan karena faktor keamanan berada di bawah nilai standar, bahkan pada kondisi beban normal. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis mengenai kelayakan desain sasis hanya dapat dipenuhi sebagian, yaitu sasis memiliki deformasi yang relatif kecil, tetapi tidak mampu menahan tegangan yang muncul pada kapasitas beban rencana. Dengan demikian, penelitian ini menjawab tujuan bahwa evaluasi struktur sasis melalui simulasi elemen hingga dapat mengidentifikasi area kritis yang berpotensi gagal, khususnya pada bagian cross members di sisi depan. Keterbatasan penelitian ini adalah analisis yang hanya dilakukan pada kondisi statis tanpa mempertimbangkan pembebanan dinamis, faktor kelelahan material, maupun kondisi jalan yang bervariasi. Untuk itu, penelitian lebih lanjut disarankan mencakup optimasi geometri rangka, penggunaan material alternatif dengan kekuatan luluh lebih tinggi, serta pengujian eksperimental untuk memvalidasi hasil simulasi. Upaya perbaikan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan desain sasis kendaraan listrik roda tiga yang lebih aman, efisien, dan sesuai kebutuhan industri. Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Azhar dkk. [6] yang melaporkan sasis kendaraan listrik roda tiga berbahan baja karbon masih mampu menahan beban normal dengan deformasi kurang dari 3 mm dan faktor keamanan lebih dari 1.5. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa meskipun aluminium alloy 6061-T6 memiliki keunggulan dari sisi bobot yang lebih ringan, material ini cenderung kurang mampu menahan beban statis tinggi. Penelitian Hastuti dkk. [7] pada sasis dengan material AISI 4130 juga memperlihatkan tegangan maksimum yang relatif lebih rendah dibanding tegangan luluh material, sehingga struktur tetap aman dalam kondisi operasional. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan aluminium 6061-T6 pada desain awal masih memerlukan perbaikan, baik melalui optimasi geometri dengan penambahan penguat pada bagian cross member maupun dengan mempertimbangkan material alternatif yang memiliki kekuatan luluh lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan penelitian ini, baik secara langsung maupun tidak langsung. Terima kasih kepada para ahli dan peneliti terdahulu yang karyanya menjadi landasan penting dalam memperkaya analisis dan pemahaman saya. Penghargaan mendalam juga saya tujukan kepada rekan-rekan yang telah memberikan masukan konstruktif selama proses penulisan berlangsung. Saya tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada lembaga dan institusi yang menyediakan akses literatur sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan baik. Semoga segala bentuk bantuan yang diberikan menjadi amal kebaikan dan membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

REFERENSI

- N. Fegde, "Challenges and Solutions in Managing Last-Mile Delivery in Urban Areas," *International Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, vol. 09, no. 01, pp. 1–9, Jan. 2025, doi: 10.55041/IJSREM40615.
- J. C. Ferreira and M. Esperança, "Enhancing Sustainable Last-Mile Delivery: The Impact of Electric Vehicles and AI Optimization on Urban Logistics," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, no. 5, p. 242, Apr. 2025, doi: 10.3390/wevj16050242.
- A. Anosike, H. Loomes, C. K. Udokporo, and J. A. Garza-Reyes, "Exploring the challenges of electric vehicle adoption in final mile parcel delivery," *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 26, no. 6, pp. 683–707, Jun. 2023, doi: 10.1080/13675567.2021.1978409.
- A. Alsaleh, "Electric and Autonomous Vehicles in Italian Urban Logistics: Sustainable Solutions for Last-Mile Delivery," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, no. 7, p. 338, Jun. 2025, doi: 10.3390/wevj16070338.

- H. Salafuddin and M. Fitri, "Review of Carbon Fiber Based on Physical and Mechanical Properties in Vehicle Frame," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 22, no. 1, pp. 10–18, Apr. 2025, doi: 10.9744/jtm.22.1.10-18.
- Y. Qian, X. Zhang, Z. Zhang, and J. Luo, "A Review of Customized Material Properties for Automotive Applications Considering Specific Strength and Corrosion Resistance," *Theoretical and Natural Science*, vol. 107, no. 1, pp. 1–13, May 2025, doi: 10.54254/2753-8818/2025.22652.
- F. E. Saldanha, S. de A. Sousa, G. L. de Gouveia, M. Dwek, and J. E. Spinelli, "Evaluation of 6000 Al Alloys for Application in Chassis of Electric Vehicles," *Materials Research*, vol. 25, 2022, doi: 10.1590/1980-5373-mr-2022-0275.
- W. Pian, Y. Zhou, and T. Xiao, "A review of the feasibility of aluminum alloys, carbon fiber composites and glass fiber composites for vehicle weight reduction in the automotive industry," *J Phys Conf Ser*, vol. 2608, no. 1, p. 012005, Oct. 2023, doi: 10.1088/1742-6596/2608/1/012005.
- T. Shantika, T. Kristiyadi, and H. Hendra, "Stress Simulation of Chassis Crossover Electric Vehicle," *JURNAL KAJIAN TEKNIK MESIN*, vol. 5, no. 1, pp. 15–21, Apr. 2020, doi: 10.52447/jktm.v5i1.2417.
- Mardji, Andoko, and D. Prasetyo, "Strenght analysis chassis of UM electric cars using finite element method," *MATEC Web of Conferences*, vol. 204, p. 07017, Sep. 2018, doi: 10.1051/mateconf/201820407017.
- O. Zamzam, A. A. Ramzy, M. Abdelaziz, T. Elnady, and A. A. A. El-Wahab, "Structural performance evaluation of electric vehicle chassis under static and dynamic loads," *Sci Rep*, vol. 15, no. 1, p. 5168, Feb. 2025, doi: 10.1038/s41598-025-86924-w.
- A. H. Astyanto, Y. R. Yanto, and A. B. W. Adi, "A Study of Statics on Driyarkara Electric Automobile Chassis Prototype," *International Journal of Applied Sciences and Smart Technologies*, vol. 02, no. 01, pp. 35–44, Jun. 2020, doi: 10.24071/ijasst.v2i1.1933.
- C. Ma, Z. Wang, T. Wu, and J. Su, "Investigation of the Smoothness of an Intelligent Chassis in Electric Vehicles," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, no. 4, p. 219, Apr. 2025, doi: 10.3390/wevj16040219.
- R. Tavares, J. V. Molina, M. Al Sakka, M. Dhaens, and M. Ruderman, "Modeling of an active torsion bar automotive suspension for ride comfort and energy analysis in standard road profiles," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 15, pp. 181–186, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.671.
- N. Ahirrao and S. Bhosle, "To Evaluate Chassis Frequency Harmonics of Vehicles by Modal Analysis and Measurement," 2020, pp. 685–693. doi: 10.1007/978-981-15-1124-0_59.
- A. S. Martyanov, V. D. Shepelev, and V. G. Mavrin, "Electric Vehicle Chassis Simulation Model in MATLAB/Simulink," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 666, no. 3, p. 032059, Mar. 2021, doi: 10.1088/1755-1315/666/3/032059.
- H.-M. Dai, B.-H. Chen, C.-M. Hsu, C.-L. Lin, and C.-F. Yang, "Analyses of Full-load, Modal, and Fatigue Life of Electric Motorcycle Frame Using Finite Element Software ANSYS," *Sensors and Materials*, vol. 35, no. 8, p. 2817, Aug. 2023, doi: 10.18494/SAM4461.
- I. L. Scurtu and D. Moldovanu, "Conceptual design of an electric vehicle chassis using topology optimization method," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1311, no. 1, p. 012022, Sep. 2024, doi: 10.1088/1757-899X/1311/1/012022.
- L. Huang and J. Wang, "Multi-objective Optimisation of Torsion Beam Structure of Driverless Vehicle Chassis for Improved Fatigue Resistance," *International Journal of Vehicle Structures and Systems*, vol. 13, no. 4, Dec. 2021, doi: 10.4273/ijvss.13.4.09.
- J. Li, G. Hu, and J. Chen, "Analysis and Optimization of Fatigue Caused by Vibrations in the Quick-Replacement Battery Box for Electric Vehicles," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 14, no. 8, p. 226, Aug. 2023, doi: 10.3390/wevj14080226.
- Maharani, S., Kholid, M. N., Pradana, L. N., & Nusantara, T. (2019). Problem Solving in the Context of Computational Thinking. *Infinity Journal of Mathematics Education*, 8(2), 109–116.
- Septyawan, A., Soleh, D. R., & Ricahyono, S. (2023). Publication Trends in Indonesian Language Teaching: Focus on "Making Effective Sentences" (2014-2023). *AL-ISHLAH: Jurnal Pendidikan*, 15(4).