

The Effect of Design on the Chassis Strength of Energy-Efficient Vehicles with Material Variations Against Static Loading **[Pengaruh Desain Pada Kekuatan Chassis Kendaraan Hemat Energi Dengan Variasi Material Terhadap Pembebanan Statis]**

Muhammad Zakky Al Yaminy¹⁾, A'rasy Fahrudin²⁾

¹⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Email coresponding author: arasy.fahrudin@umsida.ac.id

Abstract. *This research analyzes the static loading strength of energy efficient car chassis, crucial for the Energy Efficient Car Contest (KMHE), using a quantitative approach based on the Finite Element Method (FEM) via Autodesk Inventor 2024 simulation. The study evaluated two chassis designs (A and B, where B includes additional rollbar supports to enhance rigidity) and three material variations (Alluminium 6061, Carbon fiber, and Titanium). The simulation results indicate that chassis concept B consistently provides superior performance across all tested materials, demonstrating lower stress values (minimum 170.2 MPa with Titanium) and minimal displacement (0.4411 mm with Titanium), signifying a more rigid structure. Although all combinations meet the safety requirement (minimum safety factor > 1 ul, ranging from 1.44 ul to 2.46 ul), the combination of Chassis B and Titanium material is proven to be the most optimal choice, offering the highest structural integrity and minimal deformation.*

Keywords – Chassis strength; Static loading; Finite Element Method (FEM)

Abstrak. *Penelitian ini berfokus pada analisis kekuatan mobil hemat energi terhadap pembebanan statis, yang merupakan aspek krusial dalam Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode Finite Element Method (FEM) yang disimulasikan melalui perangkat lunak Autodesk Inventor 2024. Variabel yang diuji meliputi dua konsep desain (A dan B, di mana B memiliki penopang tambahan) dan tiga variasi material (Alluminium 6061, Carbon fiber, dan Titanium). Hasil simulasi menunjukkan bahwa konsep chassis B memberikan kinerja yang lebih unggul pada semua material, karena menghasilkan nilai tegangan terendah (minimum 170,2 MPa pada Titanium) dan perpindahan paling minimal (0,4411 mm pada Titanium), sehingga menunjukkan desain yang lebih kaku. Meskipun semua rancangan memiliki faktor keamanan minimum di atas batas aman (nilai > 1 ul), kombinasi chassis B dan material Titanium terbukti paling optimal karena menghasilkan deformasi yang paling kecil dan memberikan struktur tertinggi.*

Kata Kunci – Kekuatan chassis; Pembebanan statis; Metode Elemen Hingga (FEM)

I. PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan ramah lingkungan terus mengalami peningkatan seiring meningkatnya perhatian terhadap pemanfaatan energi alternatif serta upaya penurunan emisi gas buang. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor yang pesat menyebabkan konsumsi bahan bakar fosil terus meningkat, sehingga cadangannya semakin menipis[1]. Salah satu upaya untuk menjawab permasalahan tersebut diwujudkan melalui Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE), yang mendorong pengembangan kendaraan dengan efisiensi energi tinggi dan konsumsi energi yang minimal[2].

Chassis merupakan struktur utama kendaraan yang berfungsi sebagai penopang seluruh komponen, sehingga memiliki peranan penting terhadap performa, tingkat keselamatan, dan efisiensi energi kendaraan[3]. Pemilihan material yang tepat sangat berpengaruh terhadap kinerja kendaraan, terutama pada mobil hemat energi yang mengutamakan efisiensi bahan bakar menghasilkan chassis yang ringan dan kuat[4]. Bentuk dan struktur rangka chassis juga menentukan tingkat kekuatan saat menahan beban kendaraan, dan dapat mengurangi hambatan gelindingnya[5].

Dalam pengembangan mobil hemat energi, desain chassis yang optimal harus memperhitungkan berbagai faktor, termasuk pembebanan statis yang terjadi selama kendaraan beroperasi. Pembebanan statis digunakan untuk mengevaluasi kapasitas chassis sehingga pengemudi dapat menetapkan batasan aman untuk mencegah kecelakaan[6]. Analisis aspek pengujian *von misses stress*, *displacement*, dan *safety factor* dapat digunakan untuk mencapai nilai kekuatan material[3]. Oleh karena itu, analisa kekuatan chassis terhadap pembebanan statis menjadi aspek krusial.

Sejalan dengan kemajuan teknologi, metode elemen hingga (*finite element method*/FEM) semakin luas digunakan untuk menganalisis kekuatan struktur pada kendaraan. Metode ini memungkinkan evaluasi distribusi tegangan dan deformasi struktur secara numerik dengan bantuan perangkat lunak berbasis CAD[7]. Penelitian ini diperlukan distribusi tegangan statik dan tegangan maksimum yang terjadi pada setiap pembebanan dengan cara melakukan analisis menggunakan *Software Autodesk Inventor 2024*. Mengetahui hasil dari simulasi secara statik pengaruh beban yang diterima terhadap kinerja dari chassis dengan menggunakan bantuan *Software Autodesk Inventor 2024* seperti

Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

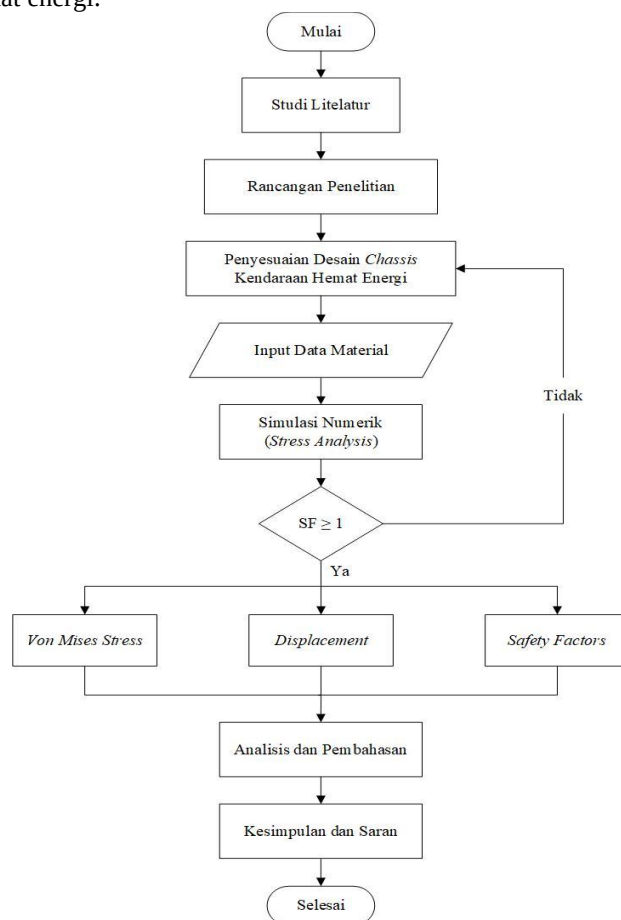
Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

analisa *safety factor*, *displacement*, dan *von mises stress* dari *chassis* yang telah dirancang[8]. Dengan metode ini, rancangan *chassis* dapat diuji secara virtual untuk mengetahui responnya terhadap pembebanan statis. Metode elemen hingga (*finite element*) dapat digunakan sebagai prediksi awal tegangan, serta distribusi beban pada *chassis* sebelum dibuat dalam bentuk aktual[9][10]. Dengan demikian, desain yang dihasilkan lebih optimal, efisien, dan aman sebelum dilakukan pembuatan bentuk aktual.

Penelitian ini berfokus pada perancangan chassis mobil hemat energi serta analisis kekuatan struktur terhadap pembebanan statis menggunakan simulasi berbasis CAD. Tujuan penelitian adalah memperoleh konfigurasi desain dan material chassis yang mampu menghasilkan struktur ringan, kuat, dan aman, sehingga dapat dijadikan acuan dalam pengembangan chassis kendaraan hemat energi dengan tingkat akurasi yang lebih baik[11].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif secara simulasi numerik. Proses melibatkan pembuatan model CAD, *assembly*, *weld simulation*, *bolt simulation*, *loads*, *meshing*, dan *static analysis*. Dengan menggunakan program *autodesk inventor 2024*, metode ini memberikan prediksi awal yang dapat diandalkan untuk optimalisasi desain chassis kendaraan yang hemat energi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Variabel terikat pada penelitian ini berupa analisa kekuatan struktur *chassis* terhadap pembebanan statis, yang dievaluasi berdasarkan parameter *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor*. Sementara itu, variabel bebas meliputi variasi desain *chassis* dan jenis material yang digunakan.

Tabel 1. Variabel penelitian

Variabel Penelitian	Variasi desain	
	Chassis A	Chassis B
Jenis Material	alluminium 6061, carbon fiber, titanium	
Penopang rollbar	Penopang hanya di ruang engine	Penopang di ruang driver dan di ruang engine

Karakteristik mekanik dari material ditetapkan sebagai data input dalam simulasi *Finite Element Method* (FEM) menggunakan *autodesk inventor* 2024.

Tabel 2. Sifat mekanik material

Material	Yield strength	Young's modulus	Mass density	Poisson's ratio
Alluminium 6061	275 MPa	68,9 GPa	2714 kg/m ³	0,33
Carbon fiber	350 MPa	72 GPa	1606 kg/m ³	0,28
Titanium	275,6 MPa	102,8 GPa	4512 kg/m ³	0,36

Perancangan konsep *chassis* dilakukan secara sistematis untuk menentukan titik distribusi beban dari setiap komponen kendaraan. Nilai massa komponen diubah ke dalam satuan gaya (Newton) dengan mengalikan massa dengan percepatan gravitasi, sebelum dimasukkan ke dalam perangkat lunak simulasi[12].

Tabel 3. Distribusi pembebanan

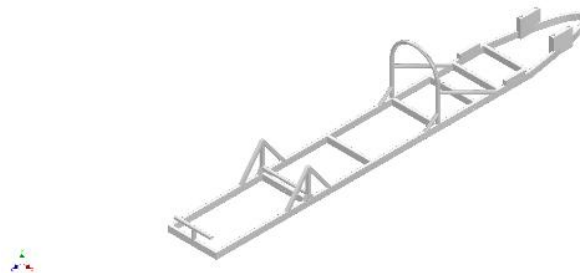
Komponen	Massa (Kg)	Total Massa (N)
Body	3	117,72
Steering	1,5	14,715
Driver	56	549,36
Engine	9	176,58

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pembahasan Desain

Hasil perancangan menggunakan *autodesk inventor* 2024 menghasilkan dua konsep desain *chassis* dengan karakteristik yang berbeda, berikut adalah pembahasannya:

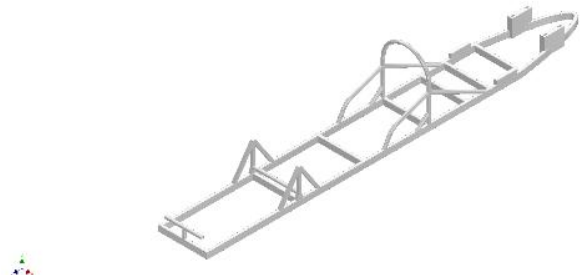
1. Desain *chassis* A



Gambar 2. Desain *chassis* A

Konsep desain *chassis* A menggunakan dimensi berbentuk *rectangular long member* 40 x 20 x 2 mm, *circular cross member* 21,3 x 2 mm, *square cross member* 18 x 18 mm, dengan massa yang lebih ringan dan lebih efisiensi dalam proses *assembly*.

2. Desain *chassis* B



Gambar 3. Desain *chassis* B

Konsep desain *chassis* B menggunakan dimensi berbentuk *rectangular long member* 40 x 20 x 2 mm, *circular cross member* 21,3 x 2 mm, *square cross member* 18 x 18 mm, dibandingkan desain *chassis* A pada desain *chassis* B memiliki massa yang sedikit lebih berat tetapi terdapat kelebihan dari segi kenyamanan dan keamanan terhadap pengemudi.

Tabel berikut menunjukkan perbandingan relatif massa antara dua konsep desain *chassis*:

Tabel 4. Perbandingan massa

Konsep	Massa Material		
	Alluminium 6061	Carbon Fiber	Titanium
Desain A	8,344 Kg	4,944 kg	13,937 kg
Desain B	8,528 Kg	5,053 Kg	14,244 Kg

Konsep desain *chassis* A dirancang untuk menghasilkan massa yang ringan dan lebih efisien dalam proses perakitan (*assembly*). Sementara itu, konsep desain *chassis* B memiliki massa yang sedikit lebih berat dibandingkan desain A. Penambahan berat pada *chassis* B diimbangi dengan kelebihan dari segi peningkatan kenyamanan dan keamanan bagi pengemudi.

B. Hasil pengujian *stress analyst* pada *chassis*

Berikut merupakan hasil dari analisa kekuatan material *chassis* mobil hemat energi terhadap pembebanan statis pada *software autodesk inventor* 2024.

Tabel 5. Hasil *stress analyst* pada desain *chassis* A

No	Data Stress Analyst	Hasil Stress Analyst					
		Alluminium 6061		Carbon Fiber		Titanium	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min
1.	Von Misses Stress (Mpa)	187,3	0	216,4	0	187,8	0
2.	Displacement (mm)	0,9073	0	0,8848	0	0,6075	0
3.	Safety Factors (ul)	15	1,44	15	2,45	15	1,6

Tabel 6. Hasil *stress analyst* pada desain *chassis* B

No	Data Stress Analyst	Hasil Stress Analyst					
		Alluminium 6061		Carbon Fiber		Titanium	
		Max	Min	Max	Min	Max	Min
1.	Von Misses Stress (Mpa)	172,9	0	212,6	0	170,2	0
2.	Displacement (mm)	0,6583	0	0,6433	0	0,4411	0
3.	Safety Factors (ul)	15	1,56	15	2,46	15	1,68

1. Tegangan von mises (*Von Misses Stress*)

Von misses stress mengukur tegangan maksimum yang dialami struktur saat menahan beban statis. Semakin rendah nilai tegangan maksimum, semakin efektif *chassis* mengurangi konsentrasi tegangan.

Chassis B menghasilkan nilai tegangan maksimum yang lebih rendah pada semua material, menunjukkan bahwa *chassis* B lebih efektif dalam mengurangi konsentrasi tegangan. Titanium adalah pilihan paling aman karena menghasilkan nilai tegangan yang relatif rendah dikombinasikan dengan kekuatan material yang sangat tinggi.

2. Perpindahan (*Displacement*)

Displacement mengukur defleksi atau deformasi maksimum yang terjadi pada *chassis* akibat pembebanan statis. Nilai perpindahan yang lebih kecil mengindikasikan desain yang lebih kaku (*rigid*).

Chassis B secara konsisten menghasilkan perpindahan yang relatif lebih kecil dibandingkan *chassis* A. Kombinasi *chassis* B dan material titanium menghasilkan deformasi paling minimal, menjadikannya pilihan terbaik untuk struktur paling tinggi dan kaku.

3. Faktor Keamanan (*Safety Factors*)

Faktor keamanan adalah rasio antara tegangan luluh material dengan tegangan maksimum yang dialami oleh struktur. Agar rancangan desain aman, nilai faktor keamanan harus lebih dari 1 ul.

Meskipun semua kombinasi material dan desain menghasilkan faktor keamanan minimum di atas batas aman (> 1 ul), *chassis* B memiliki nilai faktor keamanan yang sedikit lebih tinggi dibandingkan Konsep A pada semua material yang diuji.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi analisis kekuatan struktur yang meliputi parameter *von mises stress*, *displacement*, dan *safety factor* pada desain *chassis* A dan *chassis* B dengan variasi material aluminium 6061, *carbon fiber*, dan titanium, diperoleh beberapa temuan utama yang menjadi dasar penarikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan konsep desain *chassis* secara keseluruhan, konsep *chassis* B menunjukkan kinerja yang lebih unggul dibandingkan konsep *chassis* A pada semua material yang diuji. Hal ini dikarenakan:
 - a. Konsep *chassis* B menghasilkan nilai tegangan maksimum (*von mises stress*) yang lebih rendah dibandingkan konsep *chassis* A, sehingga lebih efektif dalam mengurangi konsentrasi tegangan.
 - b. Konsep *chassis* B memberikan nilai perpindahan (*displacement*) yang relatif lebih kecil, yang mengindikasikan desain yang lebih *rigid* (kaku).
2. Analisis berdasarkan material bervariasi terhadap parameter yang diuji:
 - a. Tegangan *von mises stress*: Titanium menunjukkan nilai tegangan yang relatif rendah. Dikombinasikan dengan kekuatan materialnya yang sangat tinggi, titanium menjadi pilihan yang paling aman. *Carbon fiber* menghasilkan tegangan tertinggi, namun material ini tetap dianggap aman karena memiliki *yield strength* yang besar.
 - b. Perpindahan (*displacement*): Titanium menunjukkan perpindahan paling kecil di antara ketiga material (0,6075 mm pada *chassis* A dan 0,4411 mm pada *chassis* B). *Aluminium 6061* memiliki perpindahan paling besar, diikuti oleh *carbon fiber*.
 - c. Faktor keamanan (*safety factor*)
Nilai faktor keamanan minimum terjadi pada *Aluminium 6061* (1,44 ul untuk konsep A dan 1,56 ul untuk konsep B). Semua hasil *safety factor* untuk semua material dan desain berada di atas batas aman (nilai > 1 ul).
3. Material *carbon fiber* memberikan keunggulan dalam aspek efisiensi massa dengan total berat paling ringan (sekitar 5,053 kg) namun tetap menjamin keamanan struktur dengan faktor keamanan (*safety factor*) tertinggi sebesar 2,46 ul.

REFERENSI

- [1] M. Sariski Dwi Ellianto And Y. Eko Nurcahyo, "Rancang Bangun Dan Simulasi Pembebanan Statik Pada Sasis Mobil Hemat Energi Kategori Prototype," 2020.
- [2] M. Y. Wibowo, I. Maulana, A. A. Ghyferi, B. A. Kurniawan, And M. Nuril, "Perancangan Chassis Prototype Mobil Warak Dan Simulasi Statik Dengan Metode Finite Element Analysis," *Jurnal Mekanik Terapan*, Vol. 3, No. 3, Pp. 86–92, Dec. 2022, Doi: 10.32722/Jmt.V3i3.5138.
- [3] Eka Adji Setya Pangestu And A'rasy Fahrudin, "Perancangan Desain Dan Analisa Chassis Mobil Hemat Energi Tipe Prototype Dengan Material Aluminium 6061," *R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur)*, Vol. 6, No. 1, Pp. 1–11, 2021.
- [4] N. Izza, Y. Yetri, And P. Negeri Padang, "Manutech : Jurnal Teknologi Manufaktur Perhitungan Ulang Chassis Mobil Marapi Evo 1 Untuk Kontes Mobil Hemat Energi 2021".
- [5] Andhi Pradhana Brimadhatu Narendra, Fuad Hilmy, And Ikhwan Taufik, "Perbandingan Frame Untuk Kontes Mobil Hemat Energi Kategori Prototype," *Majamecha*, Vol. 6, No. 2, Pp. 247–253, Dec. 2024.
- [6] R. B. Setiawan, P. Hartono, M. Basjir, F. Teknik, And J. T. Mesin, "Perancangan Design Chassis Kendaraan Mobil Hemat Energi 'Haizum.'"
- [7] M. I. Fakhri And T. Sukarnoto, "Analisis Chassis Mobil Hemat Energi Untuk Kontes Kmhe Tipe Prototype Team Hmm Usakti," *Jurnal Penelitian Dan Karya Ilmiah Lembaga Penelitian Universitas Trisakti*, Vol. 8, No. 2, Pp. 330–336, Jul. 2023, Doi: 10.25105/Pdk.V8i2.15812.
- [8] N. A. Puspitasari And P. Nugraha, "Seminar Nasional-Xx Simulasi Stress Analysis Pembebanan Statis Dengan Bantuan Software Solidworks Pada Hasil Perancangan Ladder Frame Chassis Mobil Listrik Menggunakan Material Aisi 4340," 2021.
- [9] R. Kresna, N. Suprpto, And L. A. Nendra Wibawa, "Desain Dan Analisis Tegangan Rangka Alat Simulasi Pergerakan Kendali Terbang Menggunakan Metode Elemen Hingga," Vol. 5, No. 1, 2021.
- [10] S. Yuniadi And I. Kurniawan, "Analisis Design Chassis Alat Angkut Buah Sawit Kapasitas 500 Kg Dengan Metode Elemen Hingga Chassis Design Analysis Of Oil Palm Fruit Transportation Equipment Capacity 500 Kg Using Finite Element Method," *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, Vol. 8, Pp. 86–93, 2023.
- [11] A. Faishol, Mulyadi, And E. Widodo, "Capacity And Power Analysis On Inclined Screw Conveyor Using Dem Simulation," *Journal Of Energy, Mechanical, Material, And Manufacturing Engineering*, Vol. 8, No. 1, Pp. 1–6, Jul. 2023, Doi: 10.22219/Jemmme.V8i1.25229.
- [12] Jenggolo Team 2024, "Laporan Desain Kendaraan Kontes Mobil Hemat Energi Tahun 2024 Jenggolo Team Dan Arshaka V1," 2024.