

Perancangan dan Analisis Desain *Chassis* Mobil Hemat Energi Kategori *Urban Concept* dengan Variasi Material Aluminium

Pisky Awan Saputra¹, Deri Teguh Santoso^{2*}, Ratna Dewi Anjani³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang

*Penulis Korespondensi, email: deri.teguh@ft.unsika.ac.id

Received: 15/04/2026

Revised: 26/04/2026

Accepted: 27/04/2026

Abstract. *Advances in manufacturing and automotive technology have driven innovations toward more efficient, lightweight, and environmentally friendly vehicles, one of which is represented by the Energy-Efficient Car Contest (KMHE). The chassis, as the main structural component of a vehicle, must possess adequate strength and stiffness while maintaining a lightweight design. This study aims to determine the most optimal aluminum alloy material for the chassis design of an Urban Concept energy-efficient vehicle based on structural strength analysis. The method used is a static simulation employing the Finite Element Analysis (FEA) approach using Solidworks software, with evaluation parameters including von mises stress, displacement, and factor of safety. The simulation results show that all materials produce the same maximum stress of 198.893 MPa, which remains within the allowable limits. Aluminum 2014-T6 demonstrates the best performance, with the lowest maximum deformation of 3.27 mm and a minimum safety factor of 2.1, satisfying structural safety criteria. Based on these results, Aluminum 2014-T6 is recommended as the most optimal material, as it provides the best balance between strength and stiffness for the chassis of an energy-efficient vehicle.*

Keywords: *Chassis, Aluminium Alloy, Urban concept, KMHE*

Abstrak. Perkembangan teknologi di bidang manufaktur dan otomotif mendorong inovasi kendaraan yang lebih efisien, ringan, dan ramah lingkungan, salah satunya melalui Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE). *Chassis* sebagai struktur utama kendaraan harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai dengan bobot yang ringan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan material *Aluminium Alloy* yang paling optimal untuk desain *chassis* mobil hemat energi kategori *Urban Concept* berdasarkan analisis kekuatan struktur. Metode yang digunakan adalah simulasi statik dengan pendekatan *Finite Element Analysis* (FEA) menggunakan perangkat lunak *Solidworks*, dengan parameter evaluasi berupa *von mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa seluruh material menghasilkan tegangan maksimum sebesar 198,893 MPa yang masih berada dalam batas aman. Material Aluminium 2014-T6 menunjukkan performa terbaik dengan deformasi maksimum terendah sebesar 3,27 mm serta minimum faktor keamanan sebesar 2,1, yang memenuhi kriteria keamanan struktur. Berdasarkan hasil tersebut, Aluminium 2014-T6 direkomendasikan sebagai material paling optimal karena mampu memberikan keseimbangan terbaik antara kekuatan dan kekakuan pada *chassis* kendaraan hemat energi.

Kata Kunci: *Chassis, Aluminium Alloy, Urban concept, KMHE*

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir menunjukkan kemajuan yang pesat, khususnya pada sektor industri manufaktur dan otomotif. Kemajuan ini mendorong munculnya berbagai inovasi dalam perancangan kendaraan yang lebih efisien, ringan, dan ramah lingkungan. Salah satu implementasi nyata dari perkembangan tersebut adalah penyelenggaraan Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE), yang

menjadi ajang kompetisi mahasiswa dalam merancang dan mengembangkan kendaraan dengan konsumsi energi seefisien mungkin [1].

Dalam kendaraan hemat energi kategori *Urban Concept*, *chassis* merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai struktur penopang seluruh sistem kendaraan serta pengemudi. Peran *chassis* menjadi sangat penting karena secara langsung memengaruhi *massa* total kendaraan, yang berkontribusi terhadap tingkat efisiensi energi. Oleh

karena itu, optimasi desain *chassis* menjadi salah satu aspek utama dalam meningkatkan performa kendaraan. Selain ringan, *chassis* juga harus memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk menahan beban statik maupun dinamik selama pengujian dan perlombaan berlangsung [2], [3].

Secara umum, *chassis* dapat dirancang dalam beberapa konfigurasi seperti *ladder frame*, *space frame*, dan *monocoque*, yang masing-masing memiliki karakteristik distribusi beban dan tingkat kekakuan yang berbeda [4]. *Ladder frame* memiliki konstruksi sederhana dan mudah diproduksi, sedangkan *space frame* menawarkan rasio kekakuan terhadap *massa* yang lebih baik sehingga banyak digunakan pada kendaraan dengan target efisiensi tinggi. Evaluasi performa struktur *chassis* umumnya dilakukan melalui parameter tegangan maksimum, deformasi, serta kekakuan torsional sebagai indikator utama keamanan struktur [5].

Selain konfigurasi struktur, pemilihan material merupakan faktor yang sangat menentukan dalam performa *chassis*. Aluminium menjadi salah satu material yang banyak digunakan dalam kendaraan hemat energi karena memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang tinggi serta ketahanan terhadap korosi yang baik [6]. Namun demikian, aluminium bukan merupakan material tunggal, melainkan terdiri dari berbagai jenis paduan dengan karakteristik mekanik yang berbeda. Beberapa jenis aluminium seperti 5052, 6061-T6, dan 7075 memiliki perbedaan pada kekuatan tarik, modulus elastisitas, serta kemampuan deformasi plastis [7].

Perbedaan sifat mekanik tersebut menyebabkan *respons* struktur terhadap pembebanan menjadi berbeda, meskipun digunakan pada desain *chassis* yang sama. Material dengan kekuatan tinggi belum tentu menghasilkan deformasi yang kecil, dan sebaliknya material yang lebih ulet belum tentu mampu menahan tegangan maksimum yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pemilihan material tidak dapat didasarkan hanya pada asumsi umum bahwa aluminium bersifat ringan, melainkan perlu mempertimbangkan karakteristik spesifik dari masing-masing jenis paduan [8]-[9].

Seiring dengan perkembangan teknologi komputasi, analisis struktur dapat dilakukan menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) untuk memprediksi distribusi tegangan, deformasi, serta faktor keamanan secara numerik sebelum proses manufaktur dilakukan [10]. Melalui pendekatan ini, variasi material pada *chassis* dapat dibandingkan secara kuantitatif dalam kondisi pembebanan yang sama. Hal ini menjadi penting terutama dalam kompetisi KMHE, di mana desain kendaraan harus memenuhi standar keselamatan tertentu seperti batas deformasi dan kekakuan struktur yang telah ditetapkan [11].

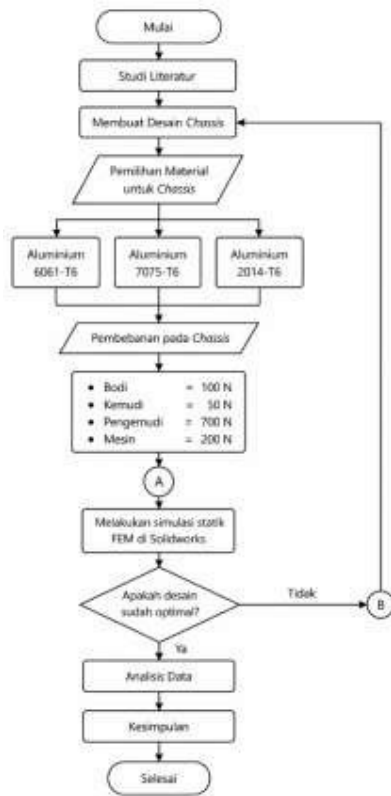
Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan terkait analisis *chassis* kendaraan, sebagian besar masih berfokus pada penggunaan satu jenis material aluminium atau perbandingan dengan material lain seperti baja dan komposit [12]. Pendekatan tersebut belum sepenuhnya menunjukkan bagaimana perbedaan antar jenis aluminium memengaruhi performa struktur dalam konfigurasi desain yang sama. Akibatnya, pemilihan material sering kali dilakukan berdasarkan pertimbangan umum, bukan hasil analisis komparatif yang terukur. Oleh karena itu, diperlukan kajian yang secara khusus membandingkan beberapa jenis aluminium dalam desain *chassis* yang identik untuk memperoleh pemahaman yang lebih komprehensif [13].

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang *chassis* kendaraan kategori *Urban Concept* pada kompetisi KMHE dengan mempertimbangkan kekuatan struktur dengan variasi material aluminium. Analisis numerik berbasis FEA digunakan untuk mengevaluasi tegangan maksimum, deformasi, serta faktor keamanan dari masing-masing material. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi pemilihan material *chassis* yang lebih ringan, efisien, serta tetap memenuhi standar keselamatan struktural.

II. METODOLOGI

Untuk memastikan proses penelitian berjalan secara sistematis dan terstruktur, maka disusun diagram alir (*flowchart*) yang menggambarkan

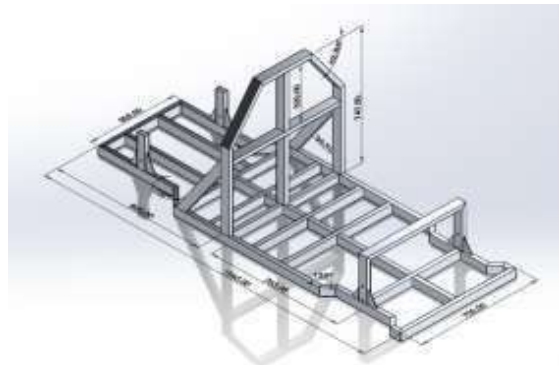
tahapan penelitian secara keseluruhan yang digambarkan pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Desain chassis

Pemodelan desain *chassis Urban Concept* dibuat menggunakan perangkat lunak *Solidworks 2020*. Pemodelan dilakukan dalam bentuk tiga dimensi (3D) untuk menghasilkan geometri rangka yang presisi dan sesuai dengan regulasi KMHE. Desain dirancang agar posisi pengemudi nyaman ketika mengendarai. Profil yang digunakan untuk merancang *chassis* mobil *Urban Concept* ini berjenis *rectangular hollow* dengan ketebalan 1.2 mm yang memiliki dimensi panjang 50 mm dan lebar 25 mm. profil *rectangular hollow* dipilih karena dipercaya mendistribusikan tegangan merata dibanding struktur *solid* [14].



Gambar 2. Pemodelan 3D Chassis

B. Material

Pada penelitian ini, analisis dilakukan dengan membandingkan tiga jenis material yang termasuk dalam kelompok *Aluminium Alloy*, Aluminium 6061-T6, Aluminium 7075-T6, dan Aluminium 2014-T6. Ketiga material tersebut dipilih untuk dianalisis karena memiliki sifat mekanik yang baik serta sering digunakan pada komponen struktur yang membutuhkan kekuatan dan efisiensi *massa* yang tinggi.

Penggunaan *Aluminium Alloy* pada *chassis* kendaraan kategori *Urban Concept* didasarkan pada beberapa keunggulan sifat materialnya, seperti memiliki ketahanan korosi yang baik, *massa* jenis yang relatif rendah, serta kemampuan menahan beban yang cukup tinggi. Kombinasi sifat tersebut menjadikan *Aluminium Alloy* sebagai material yang tepat untuk menghasilkan struktur *chassis* yang kuat namun tetap ringan, sehingga dapat mendukung peningkatan efisiensi energi kendaraan [15].

Tabel 1. Material Properties

Jenis Material	Yield Strength	Tensile Strength	Density
Aluminium 6061-T6	275 MPa	310 MPa	2,7 g/cm ³
Aluminium 7075-T6	505 MPa	570 MPa	2,81 g/cm ³
Aluminium 2014-T6	415 MPa	470 MPa	2,8 g/cm ³

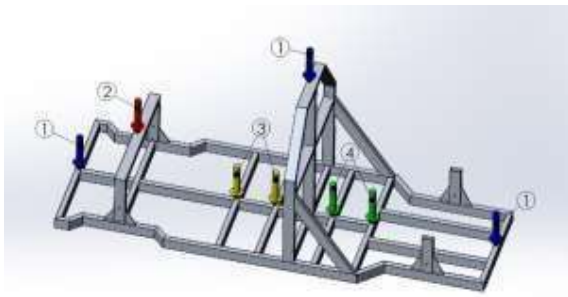
C. Pembebanan pada chassis

Pembebanan pada struktur *chassis* dalam penelitian ini diberikan berdasarkan asumsi yang mendekati kondisi operasional sebenarnya pada

kendaraan. Beban yang bekerja pada *chassis* dibagi ke dalam beberapa komponen utama kendaraan, yaitu beban pengemudi, sistem kemudi (*steering*), bodi kendaraan, serta mesin. Pembagian beban ini bertujuan untuk merepresentasikan distribusi gaya yang diterima oleh *chassis* selama kendaraan digunakan, sehingga analisis yang dilakukan dapat menggambarkan kondisi kerja struktur secara lebih realistis [16]. Adapun keterangan pembebanan yang ditunjukkan pada gambar simulasi ditandai dengan perbedaan warna sebagai berikut:

Tabel 2. Macam-Macam Gaya yang Bekerja ada *Chassis*

Warna	Beban	Gaya (N)
Biru	Bodi	100 N
Merah	Kemudi	50 N
Kuning	Pengemudi	700 N
Hijau	Mesin	200 N



Gambar 3. Titik-Titik Pembebanan yang Bekerja pada *Chassis*

D. Simulasi desain chassis pada Solidworks

Simulasi desain *chassis* bertujuan untuk mengetahui distribusi *von mises stress*, *displacement*, dan *factor of safety* pada struktur rangka kendaraan. Proses simulasi dilakukan menggunakan *Solidworks Simulation* agar analisis dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien dalam mengevaluasi respon pembebanan pada *chassis*. Tahapan simulasi meliputi pembuatan model yang akan dianalisis, penentuan material sesuai variasi penelitian, pengaturan tingkat kehalusan *mesh*, pemberian beban (*load*) yang merepresentasikan kondisi kerja aktual, serta penentuan tumpuan (*fixed constraint*). Hasil

simulasi kemudian digunakan untuk mengevaluasi kekuatan struktur berdasarkan distribusi tegangan, deformasi, dan nilai faktor keamanan. *Factor of safety* digunakan sebagai indikator tingkat keamanan struktur, di mana desain *chassis* kendaraan umumnya dinyatakan aman apabila memiliki nilai *factor of safety* di atas kisaran 1,5–2, sehingga struktur masih memiliki cadangan kekuatan terhadap variasi beban selama pengoperasian kendaraan [17].

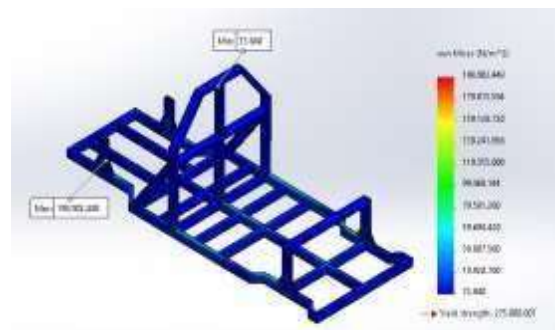
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil simulasi *chassis* KMHE kategori *Urban Concept* yang telah dianalisis menggunakan *software Solidworks 2020*. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi berupa tegangan, deformasi, dan faktor keamanan pada *chassis* dengan ketiga material yang berbeda. Setelah itu dilakukan ringkasan data hasil simulasi guna mendapatkan *chassis* dengan dengan struktur terkuat.

A. Analisis statik pada chassis dengan material aluminium 6061-T6

1. Tegangan (*von mises stress*)

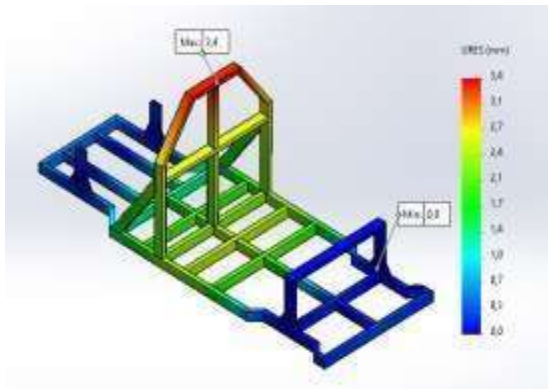
Berdasarkan hasil simulasi, tegangan maksimum sebesar 198,893 MPa terjadi pada area lubang *shaft* roda belakang (warna merah) karena merupakan titik tumpuan roda yang menerima beban utama dan gaya reaksi. Sementara itu, tegangan minimum sebesar 33,939 MPa terjadi pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil sehingga distribusi tegangannya lebih merata.



Gambar 4. Von Mises Stress (Aluminium 6061-T6)

2. Deformasi (*displacement*)

Berdasarkan hasil simulasi, deformasi maksimum sebesar 3,4 mm terjadi pada area *rollbar* (warna merah) karena posisinya jauh dari titik tumpuan sehingga mengalami lendutan terbesar. Sementara itu, deformasi minimum sebesar 0 mm terjadi pada area lubang *ball joint* pada rangka bagian depan (warna biru) karena merupakan titik tumpuan yang tidak mengalami perpindahan.



Gambar 5. Deformation (Aluminium 6061-T6)

3. Faktor keamanan (*factor of safety*)

Berdasarkan hasil simulasi, faktor keamanan minimum sebesar 1,6 terjadi pada area *lubang shaft* roda belakang (warna merah) karena menerima beban dan tegangan paling besar. Sementara itu, faktor keamanan maksimum sebesar 8,1 terdapat pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil. Nilai faktor keamanan minimum yang berada di bawah batas aman ($SF > 2$) menunjukkan bahwa struktur belum aman dan berisiko mengalami kegagalan.

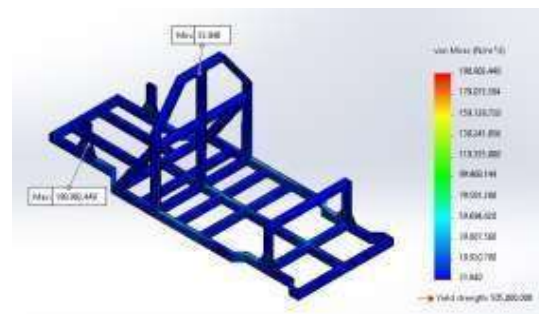


Gambar 6. Factor of Safety (Aluminium 6061-T6)

B. Analisis statik pada chassis dengan material aluminium 7075-T6

1. Tegangan (*von mises stress*)

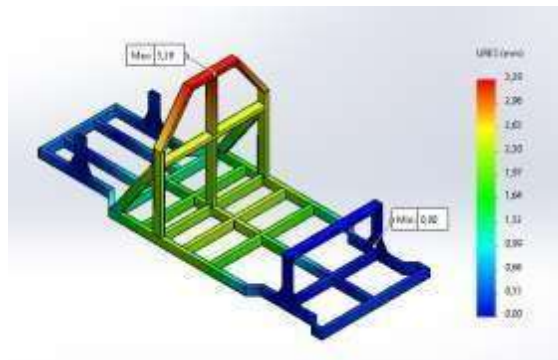
Berdasarkan hasil simulasi, tegangan maksimum sebesar 198,893 MPa terjadi pada area lubang *shaft* roda belakang (warna merah) karena merupakan titik tumpuan roda yang menerima beban utama dan gaya reaksi. Sementara itu, tegangan minimum sebesar 33,894 MPa terjadi pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil sehingga distribusi tegangannya lebih merata.



Gambar 7. Von Mises Stress (Aluminium 7075-T6)

2. Deformasi (*displacement*)

Berdasarkan hasil simulasi, deformasi maksimum sebesar 3,29 mm terjadi pada area *rollbar* (warna merah) karena posisinya jauh dari titik tumpuan sehingga mengalami lendutan terbesar. Sementara itu, deformasi minimum sebesar 0 mm terjadi pada area lubang *ball joint* pada rangka bagian depan (warna biru) karena merupakan titik tumpuan yang tidak mengalami perpindahan.



Gambar 8. Deformation (Aluminium 7075-T6)

3. Faktor keamanan (*factor of safety*)

Berdasarkan hasil simulasi, faktor keamanan minimum sebesar 2,5 terjadi pada area *lubang shaft* roda belakang (warna merah) karena menerima beban dan tegangan lebih besar. Sementara itu, faktor keamanan maksimum sebesar 14,8 terdapat pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil. Nilai faktor keamanan minimum yang berada di atas batas aman ($SF > 2$) menunjukkan bahwa struktur rangka masih aman dan mampu menahan beban kerja.

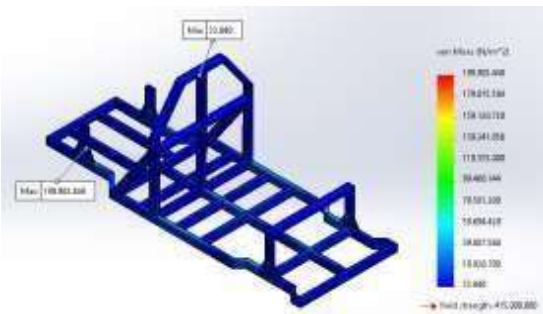


Gambar 9. *Factor of Safety* (Aluminium 7075-T6)

C. Analisis statik pada chassis dengan material aluminium 2014-T6

1. Tegangan (*von mises stress*)

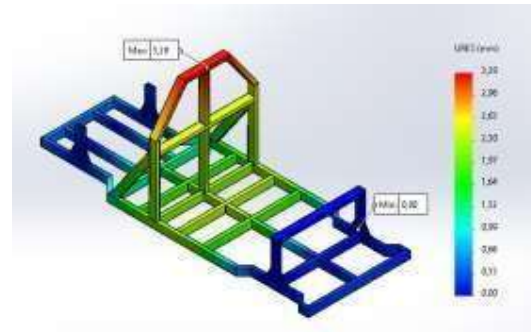
Berdasarkan hasil simulasi, tegangan maksimum sebesar 198,893 MPa terjadi pada area lubang *shaft* roda belakang (warna merah) karena merupakan titik tumpuan roda yang menerima beban utama dan gaya reaksi. Sementara itu, tegangan minimum sebesar 33,894 MPa terjadi pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil sehingga distribusi tegangannya lebih merata.



Gambar 10. *Von Mises Stress* (Aluminium 2014-T6)

2. Deformasi (*displacement*)

Berdasarkan hasil simulasi, deformasi maksimum sebesar 3,27 mm terjadi pada area *rollbar* (warna merah) karena posisinya jauh dari titik tumpuan sehingga mengalami lendutan terbesar. Sementara itu, deformasi minimum sebesar 0 mm terjadi pada area lubang *ball joint* pada rangka bagian depan (warna biru) karena merupakan titik tumpuan yang tidak mengalami perpindahan.



Gambar 11. *Deformation* (Aluminium 2014-T6)

3. Faktor keamanan (*factor of safety*)

Berdasarkan hasil simulasi, faktor keamanan minimum sebesar 2,1 terjadi pada area *lubang shaft* roda belakang (warna merah) karena menerima beban dan tegangan lebih besar. Sementara itu, faktor keamanan maksimum sebesar 12,2 terdapat pada area *rollbar* (warna biru) karena beban yang diterima lebih kecil. Nilai faktor keamanan minimum yang berada di atas batas aman ($SF > 2$) menunjukkan bahwa struktur rangka masih aman dan mampu menahan beban kerja.



Gambar 12. *Factor of Safety* (Aluminium 2014-T6)

Berdasarkan hasil simulasi dari ketiga material yang berbeda didapatkan data-data berupa tegangan, deformasi, faktor keamanan yang menjadi acuan untuk menentukan material yang

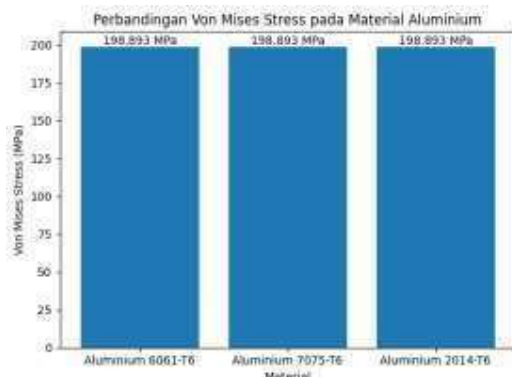
tepat untuk *chassis*. Nilai yang ditampilkan berupa nilai maksimum pada setiap hasil. Berikut data-data hasil simulasi diperlihatkan pada tabel dan grafik di bawah

D. Perbandingan data tegangan (von mises stress) dari ketiga material

Setelah didapatkan nilai hasil tegangan pada setiap material, tahap selanjutnya yaitu membandingkan material dengan membuat sebuah tabel dan grafik seperti yang diperlihatkan di bawah.

Tabel 3. Hasil Tegangan (*Von Mises Stress*) dari Keseluruhan Simulasi pada *Chassis*

Jenis Material	Maksimum von mises stress
Aluminium 6061-T6	198,893 MPa
Aluminium 7075-T6	198,893 MPa
Aluminium 2014-T6	198,893 MPa



Grafik 1. Perbandingan Tegangan (*Von Mises Stress*) dari Ketiga Material

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa hasil dari simulasi di *Solidworks* yaitu berupa tegangan yang terjadi pada *chassis* dengan material yang berbeda menghasilkan kesamaan nilai yaitu sebesar 198,893 MPa yang di mana nilai tersebut masih berada jauh di bawah kekuatan luluhnya (*yield strength*). Dari ketiga material tersebut tegangan yang terjadi pada *chassis* masih memenuhi batas aman.

E. Perbandingan data deformasi (displacement) dari ketiga material

Setelah didapatkan nilai hasil tegangan pada setiap material, tahap selanjutnya yaitu

membandingkan material dengan membuat sebuah tabel dan grafik seperti yang diperlihatkan di bawah.

Tabel 4. Hasil Deformasi (*Displacement*) dari Keseluruhan Simulasi pada *Chassis*

Jenis Material	Maksimum displacement
Aluminium 6061-T6	3,4 mm
Aluminium 7075-T6	3,29 mm
Aluminium 2014-T6	3,27 mm



Grafik 2. Perbandingan Deformasi (*Displacement*) dari Ketiga Material

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa hasil simulasi menggunakan *software Solidworks* menunjukkan nilai maksimum deformasi yang berbeda pada setiap material yang digunakan pada *chassis*. Material Aluminium 6061-T6 menghasilkan deformasi terbesar yaitu 3,4 mm, sedangkan Aluminium 7075-T6 memiliki deformasi sebesar 3,29 mm, dan Aluminium 2014-T6 memiliki deformasi paling kecil yaitu 3,27 mm. Perbedaan nilai deformasi ini menunjukkan bahwa setiap material memiliki tingkat kekakuan yang berbeda dalam menahan beban yang bekerja pada *chassis*. Material dengan nilai deformasi yang lebih kecil menunjukkan deformasi struktur yang lebih rendah sehingga struktur menjadi lebih kaku. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa Aluminium 2014-T6 memiliki deformasi paling kecil, sehingga secara struktural lebih baik dalam menahan pembebanan dibandingkan material yang lain.

F. Perbandingan data faktor keamanan (factor of safety) dari ketiga material

Setelah didapatkan nilai membandingkan material dengan membuat sebuah tabel dan grafik seperti yang diperlihatkan di bawah.

Tabel 5. Hasil Faktor Keamanan (*Factor Of Safety*) dari Keseluruhan Simulasi pada *Chassis*

Jenis Material	<i>Minimum factor of safety</i>
Aluminium 6061-T6	1,6
Aluminium 7075-T6	2,5
Aluminium 2014-T6	2,1



Grafik 3. Perbandingan Faktor Keamanan (*Factor of Safety*) dari Ketiga Material

Berdasarkan grafik di atas dapat diketahui bahwa hasil simulasi menunjukkan nilai faktor keamanan yang berbeda pada setiap material yang digunakan pada *chassis*. Material Aluminium 6061-T6 memiliki nilai faktor keamanan sebesar 1,6 sedangkan Aluminium 7075-T6 memiliki nilai sebesar 2,5, dan Aluminium 2014-T6 sebesar 2,1. Perbedaan nilai ini menunjukkan bahwa setiap material memiliki kemampuan yang berbeda dalam menahan beban yang bekerja pada struktur *chassis*. Dalam perancangan struktur mekanik, nilai faktor keamanan yang aman umumnya ($SF > 2$) agar struktur mampu menahan beban kerja dengan aman tanpa mengalami kegagalan. Berdasarkan hasil simulasi tersebut dapat diketahui bahwa Aluminium 7075-T6 dan Aluminium 2014-T6 berada dalam batas aman, karena memiliki nilai *factor of safety* di atas 2. Sementara itu Aluminium 6061-T6 memiliki nilai *factor of safety* di bawah 2, sehingga tingkat keamanannya relatif lebih rendah dibandingkan kedua material lainnya pada kondisi pembebanan yang sama.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis numerik menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* terhadap struktur *chassis* mobil hemat energi kategori *Urban Concept* dengan variasi material aluminium, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Tegangan (*von mises stress*)

Hasil nilai tegangan maksimum pada seluruh variasi material sebesar 198,893 MPa dan masih berada di bawah batas kekuatan luluh masing-masing material. Hal ini menunjukkan bahwa secara kekuatan statik, desain *chassis* yang dianalisis masih mampu menahan beban kerja yang diberikan tanpa mengalami kegagalan material atau deformasi plastis.

2. Deformasi (*displacement*)

Hasil nilai deformasi maksimum pada seluruh variasi material menunjukkan perbedaan yang relatif kecil, di mana Aluminium 6061-T6 sebesar 3,4 mm, Aluminium 7075-T6 sebesar 3,29 mm, dan Aluminium 2014-T6 sebesar 3,27 mm. Nilai deformasi terkecil dihasilkan oleh Aluminium 2014-T6, yang menunjukkan bahwa material tersebut memiliki kekakuan struktur paling baik dalam menahan pembebanan. Perbedaan ini mengindikasikan bahwa meskipun geometri dan beban yang diberikan sama, karakteristik material berpengaruh terhadap tingkat lendutan yang terjadi. Dengan demikian, secara performa kekakuan, Aluminium 2014-T6 lebih mampu menjaga stabilitas struktur *chassis* dibandingkan material lainnya.

3. Faktor keamanan (*factor of safety*)

Hasil faktor keamanan menunjukkan bahwa Aluminium 7075-T6 memiliki nilai tertinggi (2,5), diikuti Aluminium 2014-T6 (2,1), sedangkan Aluminium 6061-T6 memiliki nilai terendah (1,6). Jika dikaitkan dengan hasil deformasi, Aluminium 2014-T6 lebih optimal karena memiliki deformasi paling kecil dengan faktor keamanan yang masih memenuhi batas aman, sehingga Aluminium 2014-T6 menjadi material yang paling direkomendasikan untuk digunakan pada *chassis*.

Berdasarkan hasil analisis, parameter tegangan menunjukkan bahwa seluruh material berada dalam kondisi aman sehingga tidak menjadi faktor penentu dalam pemilihan material optimal. Penentuan material lebih dipengaruhi oleh deformasi dan faktor keamanan, di mana Aluminium 2014-T6 menunjukkan deformasi paling kecil serta memiliki faktor keamanan yang masih memenuhi batas aman. Hal ini menunjukkan bahwa Aluminium 2014-T6 memiliki keseimbangan terbaik antara kekakuan dan kekuatan struktur. Dengan demikian, Aluminium 2014-T6 dapat direkomendasikan sebagai material paling optimal untuk desain *chassis* kendaraan hemat energi kategori *Urban Concept*.

Sebagai pengembangan dari penelitian ini, disarankan untuk melakukan analisis pembebanan dinamis guna merepresentasikan kondisi operasional kendaraan yang lebih realistis, karena beban yang bekerja pada *chassis* tidak hanya bersifat statik. Selain itu, analisis kelelahan (*fatigue*) perlu dilakukan untuk mengetahui umur pakai struktur akibat pembebanan berulang selama penggunaan. Optimasi desain geometri *chassis* juga direkomendasikan agar dapat mengurangi *massa* struktur tanpa mengorbankan kekuatan dan kekakuan. Selanjutnya, validasi eksperimental sangat penting dilakukan untuk membandingkan hasil simulasi dengan kondisi nyata sehingga meningkatkan keandalan model yang digunakan. Penelitian selanjutnya juga dapat mempertimbangkan penggunaan variasi material lain atau kombinasi material guna memperoleh performa struktur yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Ir. Deri Teguh Santoso, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I dan Ibu Ratna Dewi Anjani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran dalam memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat berharga selama proses penyusunan penelitian ini. Segala bentuk bimbingan, saran, kritik yang membangun, serta motivasi yang diberikan sangat membantu peneliti dalam memahami permasalahan penelitian,

menyusun metodologi, hingga menyelesaikan penulisan laporan penelitian ini dengan baik.

Peneliti juga menyampaikan apresiasi yang setinggi-tingginya atas kesabaran dan perhatian yang diberikan selama proses konsultasi dan revisi penelitian. Berkat dukungan, ilmu, serta pengalaman yang dibagikan oleh para pembimbing, peneliti dapat menyelesaikan penelitian ini dengan lebih terarah dan sistematis. Semoga segala bantuan dan kebaikan yang telah diberikan mendapatkan balasan yang setimpal dan menjadi amal kebaikan yang bermanfaat.

REFERENSI

- [1] Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi, *Pedoman Kontes Mobil Hemat Energi (KMHE) 2025*. Jakarta: Direktorat Pembelajaran dan Kemahasiswaan, 2025.
- [2] M. I. Fakhri and K. Kunci, "ANALISIS CHASSIS MOBIL HEMAT ENERGI UNTUK KONTES KMHE TIPE PROTOTYPE TEAM HMM USAKTI," vol. 8, pp. 330–336, 2023.
- [3] E. Adji, S. Pangestu, A. Fahrudin, A. Akbar, R. Firdaus, and N. Suryaman, "Perancangan Desain dan Analisa Chassis Mobil Hemat Energi Tipe Prototype dengan Material Aluminium 6061," vol. 9, no. 2, 2024.
- [4] G. S. Ram, K. V. S. Prasad, H. K. Vuddagiri, A. Pradesh, and A. Pradesh, "Structural Design Optimization of Monocoque Car Chassis," vol. 6, no. 4, pp. 212–218, 2021.
- [5] F. Budi, "ScienceDirect ScienceDirect Structural Assessment of Ladder Frame Chassis using FE Analysis : A Designed Construction referring to Ford AC Cobra," *Procedia Struct. Integr.*, vol. 33, pp. 35–42, 2021, doi: 10.1016/j.prostr.2021.10.006.
- [6] O. Asghar, M. Franceschi, P. Ferro, and F. Bonollo, "DEVELOPMENT OF NEW ALUMINIUM ALLOYS FOR FUTURE AUTOMOTIVE STRUCTURAL COMPONENTS WITH LESS CRITICALITY AND HIGHER CASTING PROCESSABILITY," *Int. J. Met.*, no. March, 2025, doi: 10.1007/s40962-025- 01715-3.
- [7] K. Dhonde, M. Mirhassani, and E. Tam, "Design of a Real-Time Corrosion Detection

- and Quantification Protocol for Automobiles,” pp. 1–13, 2022.
- [8] A. D. Shieddieque and R. Kuswandi, “Pengaruh Variasi Holding Time pada Proses Single Stage Aging Terhadap Kekerasan dan Mikrostruktur pada Material Paduan Al-Si-Cu-Fe,” vol. 18, no. 1, pp. 40–48, 2025.
- [9] S. Gunawan, “Analisis Laju Korosi Paduan Aluminium ASTM G4A Setelah Memperoleh Perlakuan Panas Quenching,” vol. 4, no. 4, pp. 2515–2522, 2024.
- [10] S. Aten, P. Ledi, F. Y. Utama, Y. S. Widoretno, and D. Wulandari, “Analisis Pembebanan Statis Chassis Ladder Frame Pada Mobil Hemat Energi Tipe Urban GARNESA,” vol. 09, no. 01, pp. 277–283, 2024.
- [11] Y. Liu, C. Liu, X. Gao, and J. Tan, “Multiphysics Finite Element Analysis and Optimization of Load-Bearing Frame for Pure Electric SUVs,” pp. 1–32, 2025.
- [12] D. G. Matthews *et al.*, “Numerical investigation on air-cooling enhancement of a motor cycle engine by varying fins geometry Numerical investigation on air-cooling enhancement of a motor cycle engine by varying fins geometry,” pp. 0–7, doi: 10.1088/1757-899X/1123/1/012045.
- [13] A. Deshmukh, B. Thakur, S. Mane, T. Dhekane, A. Mane, and N. Totla, “Comparative Analysis of Aluminum Alloy Grades : Properties , Applications , and Performance,” vol. 9, no. 3, pp. 1–13, 2024.
- [14] X. Wan and Y. Tang, “Investigation of the Residual Structural Performance of Hollow Section Stub Columns Under Eccentric Axial Compression Following Fire Exposure,” no. September, 2025, doi: 10.56748/ejse.26876.
- [15] T. I. Almudhaf, “Nanostructured Aluminum Alloys for Chassis Weight Reduction,” vol. 15, no. 10, pp. 63–78, 2025, doi: 10.9790/9622-15106378.
- [16] M. A. Fauzy, A. Sulistiawan, and A. D. Ardianti, “Static and dynamic load analysis on the structural strength of energy- efficient vehicle chassis in the prototype category,” vol. 7, no. 1, pp. 41–50, 2026, doi: 10.37373/jttm.v7i1.1937.
- [17] M. Bayu and M. Choifin, “Analisis Stress, Displacement dan Safety Factor pada Rangka Mobil Listrik Jeep Mini Sys-8,” vol. 05, no. 01, pp. 3–9, 2025.