

Desain Dan Analisis Crash Bodi Mobil Jeep Off-Road Menggunakan Software Ansys

Firnanda Faiq Iswanto¹, Asroful Abidin², Kosjoko³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Corresponding Author: faiqstyles@gmail.com, asrofulabidin@unmuhjember.ac.id,
kosjoko@unmuhjember.ac.id

Published: June, 2025

ABSTRAK

Dalam perkembangan industri otomotif, keselamatan kendaraan menjadi aspek yang semakin diperhatikan, khususnya pada kendaraan off-road yang beroperasi dalam kondisi ekstrem. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja struktur bodi enam jenis kendaraan Jeep off-road terhadap skenario kecelakaan menggunakan metode simulasi numerik. Proses analisis dilakukan melalui perangkat lunak ANSYS 2022 R2 dengan pendekatan Explicit Dynamics untuk mengevaluasi deformasi total, tegangan (von Mises), dan faktor keselamatan (safety factor) pada kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 80 km/jam. Model bodi kendaraan dirancang menggunakan SolidWorks 2018 dan dimaterialisasi dengan AISI 1045 (High Carbon Steel). Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan berdampak signifikan terhadap peningkatan deformasi dan tegangan pada setiap model bodi. Selain itu, tidak semua desain mampu mempertahankan nilai safety factor di atas ambang aman pada kecepatan tinggi. Desain Wrangler Rubicon dan Grand Vitara menunjukkan performa struktural yang lebih stabil dibanding desain lainnya, terutama pada kecepatan rendah dan menengah. Temuan ini dapat menjadi acuan dalam pengembangan desain kendaraan off-road yang lebih aman dan efisien.

Kata kunci: ANSYS, Crash Test, Deformasi, Tegangan Von Mises, Faktor Keselamatan, Jeep Off-Road, Explicit Dynamics.

ABSTRACT

In the development of the automotive industry, vehicle safety has become an increasingly important aspect, especially for off-road vehicles operating in extreme conditions. This study aims to analyze the performance of the body structure of six types of off-road Jeep vehicles against accident scenarios using a numerical simulation method. The analysis process was carried out using ANSYS 2022 R2 software with the Explicit Dynamics approach to evaluate total deformation, stress (von Mises), and safety factor at speeds of 20 km/h, 40 km/h, and 80 km/h. The vehicle body model was designed using SolidWorks 2018 and materialized with AISI 1045 (High Carbon Steel). The simulation results show that increasing speed has a significant impact on increasing deformation and stress in each body model. In addition, not all designs are able to maintain safety factor values above the safe threshold at high speeds. The Wrangler Rubicon and Grand Vitara designs show more stable structural performance than other designs, especially at low and medium speeds. These findings can be used as a reference in developing safer and more efficient off-road vehicle designs.

Keywords: ANSYS, Crash Test, Deformation, Von Mises Stress, Safety Factor, Off-Road Jeep, Explicit Dynamics.

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>

INTRODUCTION

Pada era modern ini, perkembangan teknologi otomotif terus mengalami kemajuan pesat, salah satunya dalam desain dan teknologi kendaraan off-road.

Kendaraan jenis ini dirancang untuk dapat melintasi medan ekstrem dan sering kali menghadapi risiko kecelakaan yang lebih tinggi akibat kondisi medan yang berat (Milford et al., 2020). Untuk mengurangi tingkat kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pengendara, berbagai penelitian dilakukan untuk menganalisis respons struktur kendaraan terhadap kecelakaan, dengan menggunakan metode simulasi komputer (Suryanto et al., 2023). Salah satu perangkat lunak yang banyak digunakan untuk analisis ini adalah Ansys, sebuah software simulasi yang menawarkan kemampuan untuk mensimulasikan berbagai jenis beban dan analisis respon struktural kendaraan terhadap benturan atau kecelakaan. Ansys memungkinkan para insinyur untuk menguji berbagai skenario tanpa perlu melakukan uji tabrak fisik, yang sering kali memerlukan biaya dan waktu yang sangat besar (Светличный, 2022).

Simulasi yang dilakukan dengan Ansys dapat menganalisis berbagai aspek, seperti deformasi, kerusakan, dan distribusi beban pada kendaraan. Penggunaan simulasi crash test pada kendaraan dapat mengurangi biaya dan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan uji tabrak nyata tanpa mengurangi akurasi hasil yang diperoleh. Dengan menggunakan software ini, para perancang kendaraan dapat memperkirakan dampak dari berbagai desain serta kecepatan yang digunakan dalam kecelakaan, yang pada gilirannya dapat meningkatkan tingkat keselamatan kendaraan (Muhammad et al., 2020).

Teknologi ini menjadi sangat relevan untuk kendaraan off-road, yang umumnya beroperasi pada kondisi yang jauh lebih ekstrem dibandingkan dengan kendaraan biasa. Kendaraan off-road membutuhkan desain yang tidak hanya kokoh dan tahan banting, tetapi juga mampu menyerap energi benturan dengan efektif saat terjadi kecelakaan. Dengan demikian, penelitian mengenai respons deformasi pada body kendaraan jeep off-road menggunakan simulasi Ansys menjadi sangat penting untuk memahami lebih dalam mengenai faktor keselamatan dan keandalan kendaraan dalam kondisi ekstrem (Rathore & Dwivedi, 2024).

Kecelakaan lalu lintas merupakan isu utama dalam industri otomotif yang memerlukan perhatian lebih dalam desain kendaraan untuk meningkatkan keselamatan penumpang. Salah satu cara untuk mengevaluasi keamanan adalah melalui uji tabrak, baik secara fisik maupun simulasi. Penggunaan simulasi berbasis perangkat lunak seperti ANSYS telah menjadi pendekatan yang hemat biaya dan efisien dibandingkan dengan uji fisik langsung (Dhana & Ariatedja, 2020; Jaiswal, 2011).

Studi ini berfokus pada analisis deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan pada body kendaraan Jeep off-road dengan variasi desain body dan kecepatan. Metode yang digunakan adalah simulasi eksplisit dinamis menggunakan ANSYS, dengan tujuan mengevaluasi performa desain body terhadap dampak kecelakaan (Jaiswal, 2011; Mezzalira, 2022).

LANDASAN TEORI

Explicit Dynamics dalam Analisis Crash Test

Explicit dynamics adalah metode analisis yang digunakan untuk memodelkan fenomena yang terjadi dalam waktu singkat, seperti kecelakaan kendaraan, di mana perubahan posisi dan interaksi antar objek berlangsung dalam hitungan detik atau bahkan milidetik. Dalam konteks crash test, metode ini memungkinkan simulasi pergerakan kendaraan dan gaya yang diterima pada setiap elemen struktur kendaraan, yang sangat berguna dalam merancang kendaraan yang lebih aman. Software seperti ANSYS Workbench mendukung simulasi crash test dengan pendekatan explicit dynamics, yang efektif untuk mengatasi masalah dengan waktu interaksi yang sangat singkat (Cai et al., 2021).

Penggunaan metode explicit dynamics untuk simulasi tabrakan kendaraan memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode lainnya, karena dapat menangani perubahan bentuk secara dinamis (Antonova & Looman, 2024). Simulasi ini membantu dalam mengidentifikasi titik kritis di kendaraan yang rentan terhadap kerusakan atau deformasi saat terjadi kecelakaan.

Software ANSYS dalam Simulasi Crash Test

Simulasi crash test menggunakan ANSYS dilakukan untuk memprediksi deformasi dan tegangan dengan kondisi batas tertentu. Pendekatan eksplisit dinamis sering digunakan untuk menganalisis tumbukan pada struktur kendaraan (Jaiswal, 2011; Mezzalira, 2022). ANSYS Workbench menyediakan berbagai alat dan fitur untuk mendukung analisis semacam ini, salah satunya adalah Toolbox Workbench (Workbench Toolbox) yang memiliki fitur khusus untuk menangani simulasi crash test (Prasad et al., 2014).

Materials and Method

Penelitian ini menggunakan pendekatan simulasi numerik untuk menganalisis dampak kecelakaan pada kendaraan jeep offroad dengan berbagai desain menggunakan software ANSYS 2022 R2. Metode yang digunakan adalah *Finite Element Analysis* (FEA) dengan simulasi explicit dynamics untuk memodelkan tabrakan kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan yang dialami oleh body kendaraan dengan enam desain yang berbeda serta pengaruh kecepatan tabrakan yang bervariasi.

Simulasi akan dilakukan pada enam desain kendaraan jeep offroad dengan parameter yang telah ditentukan, seperti material yang digunakan dan kecepatan tabrakan yang bervariasi. Analisis dilakukan dengan mengamati deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan pada body kendaraan, yang kemudian dievaluasi untuk menentukan desain mana yang paling optimal dalam menjaga keselamatan kendaraan.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dipaparkan sebagai berikut: Software ANSYS Workbench 2022 R2: Digunakan untuk melakukan simulasi crash test dengan metode finite element analysis (FEA) dan explicit dynamics. ANSYS digunakan untuk menghitung deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan selama simulasi tabrakan. Software Solidwork 2018: Digunakan untuk desain 6 body jeep . Laptop dengan spesifikasi tinggi: Digunakan untuk menjalankan simulasi dengan kapasitas komputasi yang diperlukan untuk proses simulasi crash test yang intensif.

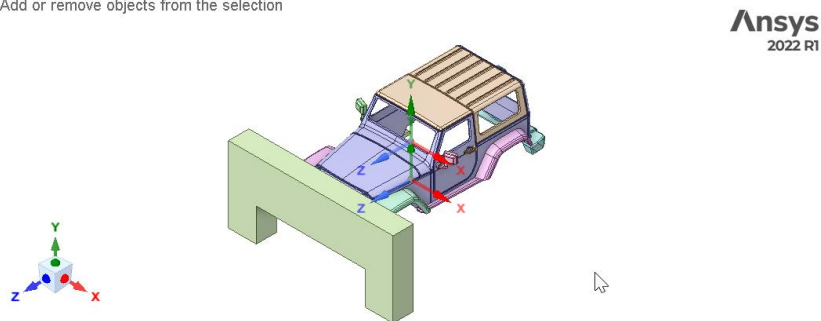
Results

Hasil Perbaikan Desain Bodi Mobil

Bodi mobil didesain menggunakan software SolidWorks2018, perbaikan desain dan simulasi menggunakan software Ansys2022, dengan enam model bodi dan menggunakan kecepatan yang berbeda, yaitu 20km/jam, 40km/jam dan 80km/jam dengan menggunakan material yang sama AISI 1045 untuk mendapatkan hasil simulasi nilai minimum dan nilai maksimum tegangan (von mises), total deformasi dan faktor keamanan (safety factory) dari hasil analisis. Maka perlu dilakukan perbaikan desain agar saat melakukan simulasi tidak terjadi kegagalan pada meshing, Dan simulasi menggunakan software Ansys Workbench2022. Detail perbaikan desain dan analisisnya dapat dilihat pada analysis report yang penulis susun.

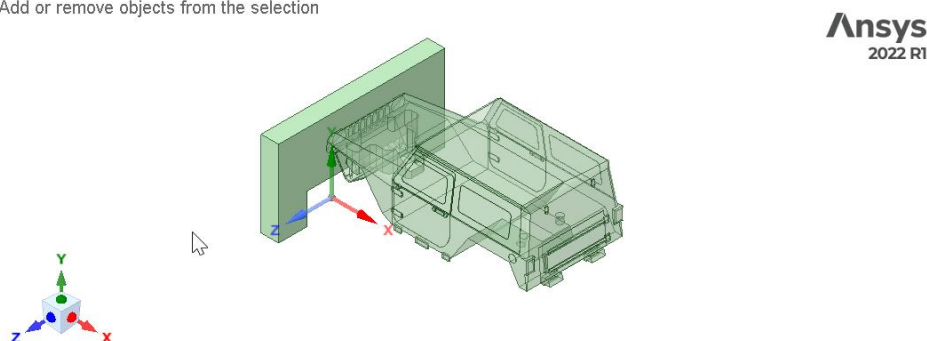
Hasil Repair Desain Bodi Jeep Off-Road

Add or remove objects from the selection



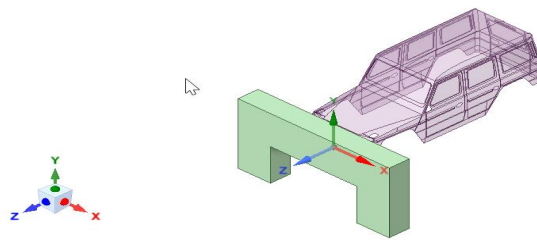
Gambar 1 Hasil *Repair* Desain Bodi Wrangler Rubicon 2010

Add or remove objects from the selection



Gambar 2 Hasil *Repair* Desain Bodi Wrangler Modification

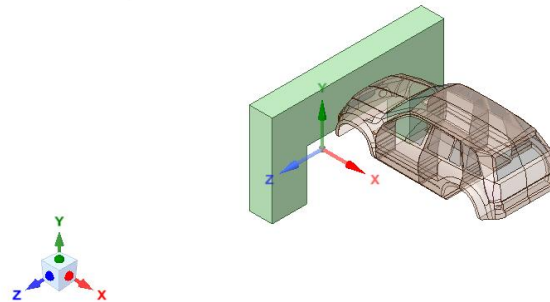
Add or remove objects from the selection



Ansys
2022 R1

Gambar 3 Hasil Repair Desain Bodi G class g63 amb

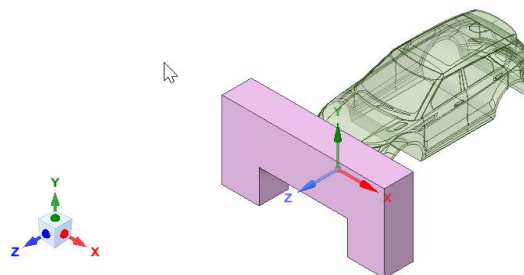
Add or remove objects from the selection



Ansys
2022 R1

Gambar 4 Hasil Repair Desain Bodi Grand Vitara

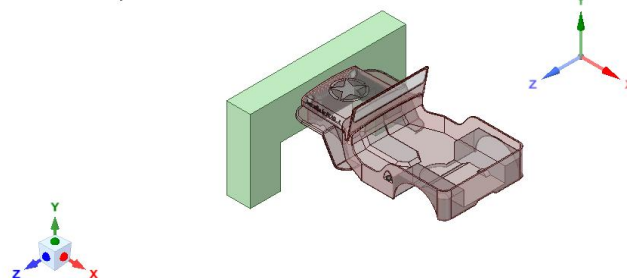
Add or remove objects from the selection



Ansys
2022 R1

Gambar 5 Hasil Repair Desain Bodi Evoque 2020

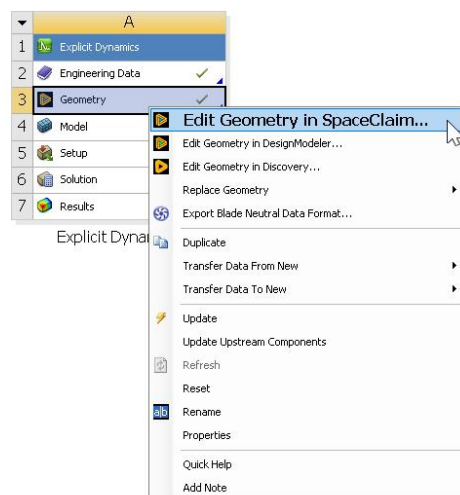
Add or remove objects from the selection



Ansys
2022 R1

Gambar 6 Hasil Repair Desain Bodi willys mb 1942

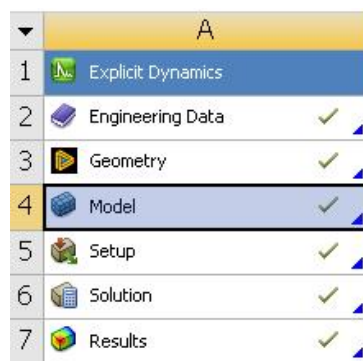
Edit Geometry SpaceClaim



Gambar 7 Menu Repair Ansys

Proses repair pada setiap desain di lakukan pada ansys di menu spaceclaim, menu ini di perlukan untuk menghindari proses *failed mesh* dan sering terjadi karena ada bagian part pada bodi yang mengakibatkan pembagian element size tidak sesuai dengan semestinya. Maka untuk menghindari kegagalan simulasi, menu repair ini sangat membantu saat mensimulasikan desain tidak perlu menggunakan software lain untuk memperbaikinya cukup menggunakan ansys.

Model



Gambar 8 Menu Model Explicit Dynamics

Menu Model pada *Explicit Dynamics* di software *ANSYS* berfungsi sebagai tempat untuk mendefinisikan meshing (jaringan elemen) dan atribut fisik pada geometri yang akan dianalisis. Tahapan ini sangat penting karena akan menentukan bagaimana geometri akan dipecah menjadi elemen-elemen finite (hingga) untuk proses komputasi.

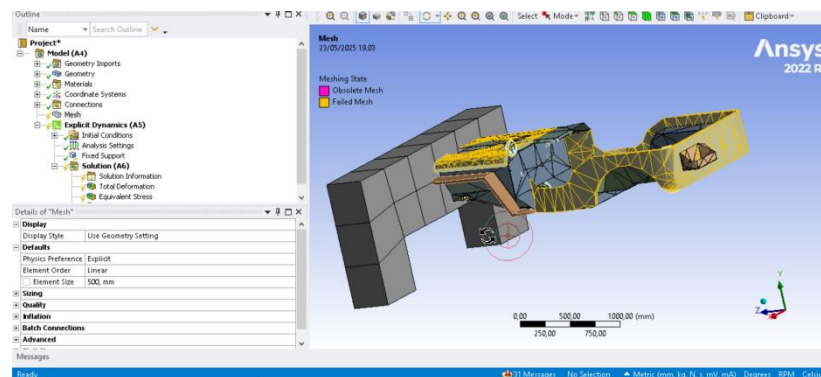
Meshing

Proses Meshing dilakukan pada beberapa desain tertentu dengan perbedaan element size yang diterima. Diasumsikan element size yang diberikan yaitu:

1. element size wrangler rubicon 2010 = 150,42mm

2. element size wrangler modification = 500mm
3. element size g class g63 amb = 500mm
4. element size grand Vitara = 100mm
5. element size Evoque 2020 = 100mm
6. element size jeep willys mb 1942 = 90mm

Masing-masing elemen size dibedakan sesuai dengan ukurannya, dimana setiap desain memiliki dimensi ukuran yang berbeda. Maka perlu penyesuaian elemen size agar tidak ada mesh yang failed.



Gambar 9 Proses Meshing Failed

Proses *meshing* dari model simulasi yang dilakukan menggunakan modul *Explicit Dynamics* pada perangkat lunak ANSYS 2022 R1. Pada gambar 4.9, tampak bahwa model terdiri dari beberapa komponen yang memiliki bentuk geometri kompleks.

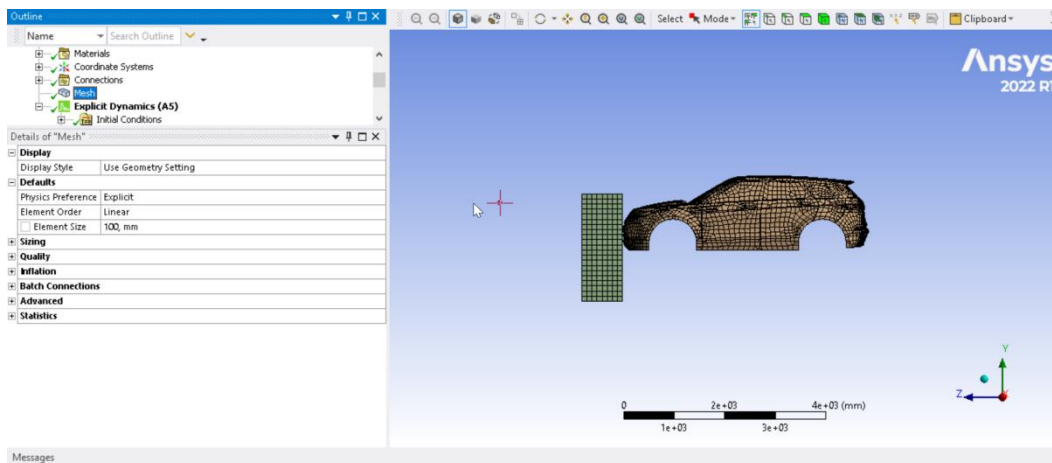
Proses *meshing* menghasilkan dua kondisi:

1. Warna abu-abu menunjukkan bagian model yang berhasil di-*mesh* dengan baik.
2. Warna kuning (Failed Mesh) menunjukkan bahwa bagian tersebut mengalami kegagalan dalam proses *meshing*, yang berarti elemen finite element tidak dapat dibentuk secara valid pada area tersebut.

Kegagalan *meshing* ini disebabkan oleh:

1. Ukuran elemen yang terlalu besar (500 mm), sehingga tidak mampu mengikuti bentuk geometri yang detail.
2. Kompleksitas bentuk komponen tertentu seperti lengkungan, lekukan sempit, dan detail kecil.

Mengatasi hal tersebut, perbaikan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran elemen (*element size*), menyederhanakan bentuk geometri pada menu repair, atau menggunakan pengaturan *mesh* lokal yang lebih sesuai.

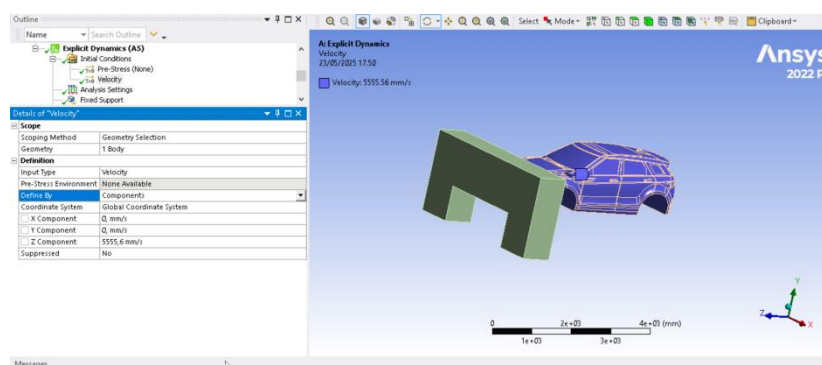


Gambar 10 *Proses Meshing Berhasil*

Hasil *meshing* model mobil dan penghalang (*barrier*) pada gambar 4.10 menunjukkan proses *meshing* berhasil dilakukan, ditunjukkan oleh tampilan elemen mesh yang terbentuk rapi di seluruh permukaan model. Ukuran elemen yang digunakan adalah 100 mm, yang cukup kecil untuk menangkap detail bentuk geometri dan mendukung hasil simulasi yang lebih akurat. Elemen yang terbentuk terlihat terdistribusi merata, baik pada bagian mobil maupun penghalangnya. Keberhasilan *meshing* ini menunjukkan bahwa geometri sudah sesuai dan parameter *mesh* telah diatur dengan baik untuk keperluan simulasi tabrakan (*impact simulation*).

Velocity

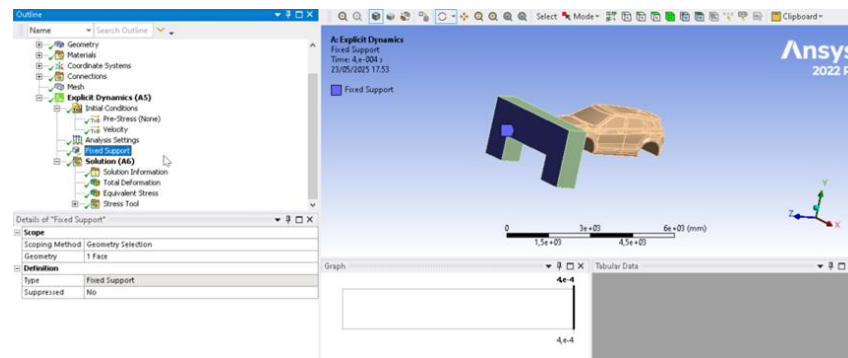
Tahap pemberian kecepatan awal (initial velocity) pada objek mobil dalam simulasi tabrakan, pada gambar 4.11 menunjukkan mobil diberikan kecepatan awal sebesar 5555,56 mm/s (atau 20km/jam) pada arah sumbu Z+, yang ditunjukkan pada kolom Z Component. Kecepatan ini bertujuan untuk mensimulasikan kondisi mobil bergerak menuju penghalang (wall) guna menganalisis dampak tabrakan.



Gambar 11 *Details of velocity*

Pemberian kecepatan awal sangat penting dalam simulasi eksplisit karena menentukan kondisi awal pergerakan objek yang dianalisis. Penghalang (berwarna hijau) ditetapkan

sebagai benda diam (fixed support) seperti pada gambar 4.12, sedangkan mobil bergerak ke arahnya sesuai kecepatan yang diberikan.



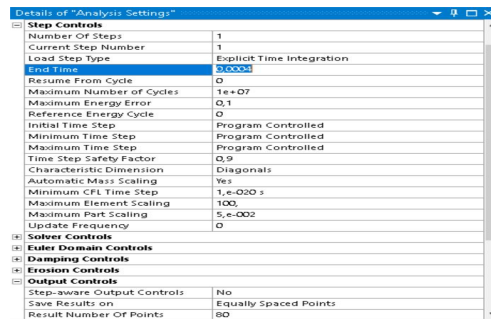
Gambar 12 Fixed Support

Analysis Settings

Pengaturan ini penting untuk menentukan bagaimana proses simulasi akan dijalankan secara numerik. Penjelasan beberapa parameter utama adalah sebagai berikut:

1. *Number of Steps*: Jumlah langkah analisis ditetapkan sebanyak 1 langkah (step).
2. *Load Step Type*: Menggunakan metode Explicit Time Integration, yaitu metode eksplisit untuk menyelesaikan simulasi dinamika waktu.
3. *End Time*: Waktu akhir simulasi adalah 0,0004 detik, menandakan bahwa simulasi berlangsung sangat singkat, cocok untuk simulasi tabrakan berdurasi pendek.
4. *Maximum Number of Cycles*: Batas maksimum jumlah siklus adalah 10 juta, memberi kelonggaran iterasi agar simulasi tidak berhenti prematur.
5. *Maximum Energy Error*: Batas kesalahan energi ditetapkan pada 0,1, untuk menjaga kestabilan hasil simulasi.
6. *Time Step Safety Factor*: Faktor keamanan waktu adalah 0,9, digunakan untuk memastikan waktu langkah yang digunakan cukup kecil untuk kestabilan numerik.
7. *Characteristic Dimension*: Pengaturan ini menggunakan Diagonals, menentukan ukuran karakteristik elemen untuk menghitung waktu langkah eksplisit.
8. *Automatic Mass Scaling*: Aktif (Yes), digunakan untuk memperbesar waktu langkah dengan menambahkan massa kecil secara otomatis tanpa mengganggu hasil signifikan.
9. *Minimum CFL Time Step*: Batas minimum waktu langkah Courant-Friedrichs-Lewy (CFL) adalah sangat kecil ($1e-20$ s), untuk kestabilan.
10. *Output Controls - Result Number of Points*: Jumlah titik hasil (output data) yang disimpan adalah 80, sehingga data output memiliki resolusi yang baik untuk dianalisis lebih lanjut.

Pengaturan ini bertujuan untuk memastikan bahwa simulasi berjalan stabil dan efisien, serta memberikan hasil yang akurat pada kasus tabrakan antara mobil dan penghalang.



Gambar 13 *Details of Analysis Setting*

Solution

Pada bagian ini, data hasil simulasi ditampilkan untuk dianalisis lebih lanjut. Penjelasan bagian penting:

1. Solution (A6): Merupakan tahap akhir dari simulasi di mana hasil dihitung berdasarkan kondisi awal dan pengaturan analisis.
2. Total Deformation: Menampilkan hasil deformasi total dari struktur akibat gaya atau tumbukan. Ini digunakan untuk mengetahui seberapa besar perubahan bentuk pada objek (mobil).
3. Equivalent Stress (von-Mises): Menunjukkan distribusi tegangan ekuivalen yang terjadi pada model. Ini penting untuk mengetahui titik-titik kritis yang berisiko gagal.
4. Stress Tool: Tool ini digunakan untuk menambahkan analisis faktor keamanan (Safety Factor) secara langsung. ANSYS akan membandingkan tegangan aktual yang terjadi pada struktur terhadap tegangan izin material (yield strength) untuk menghitung Safety Factor (SF) menggunakan rumus:

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Tegangan Izin (Yield Strength)}}{\text{Tegangan Ekuivalen (von-Mises)}}$$

Hasil yang ditampilkan bisa berupa:

SF < 1: Struktur gagal/tidak aman

SF = 1–2: Kurang aman

SF > 2: Aman

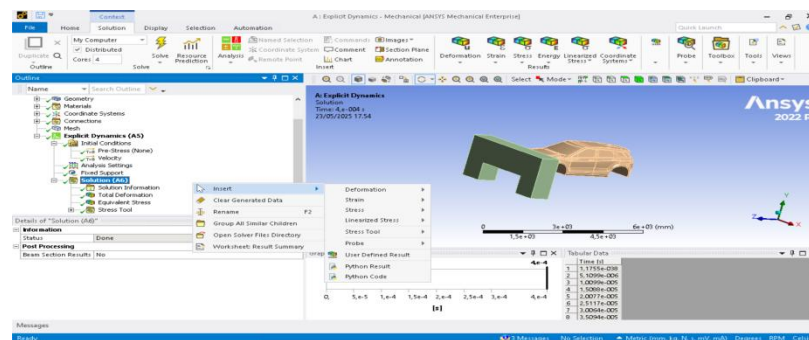
1. Waktu Simulasi (Time = 4e-004 s): Hasil ditampilkan pada waktu akhir simulasi, yaitu 0,0004 detik, sesuai dengan pengaturan waktu sebelumnya.
2. Tabular Data (di kanan bawah): Menyediakan data numerik yang berisi nilai deformasi, tegangan, atau parameter lain berdasarkan waktu. Ini dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut atau grafik.

Fitur Insert (klik kanan pada Solution), Menu Insert digunakan untuk menambahkan hasil analisis tambahan seperti:

- a. Deformation (deformasi total, arah X/Y/Z)

- b. Stress dan Strain (tegangan dan regangan)
- c. Probe (menampilkan hasil pada titik tertentu)
- d. User Defined Result / Python Code: Memberikan fleksibilitas untuk hasil kustom melalui perhitungan tambahan atau skrip.

Dengan tampilan dan hasil dari Solution, peneliti dapat mengevaluasi dampak tumbukan pada mobil secara visual dan numerik, membantu dalam pengambilan keputusan desain atau peningkatan keamanan struktur.



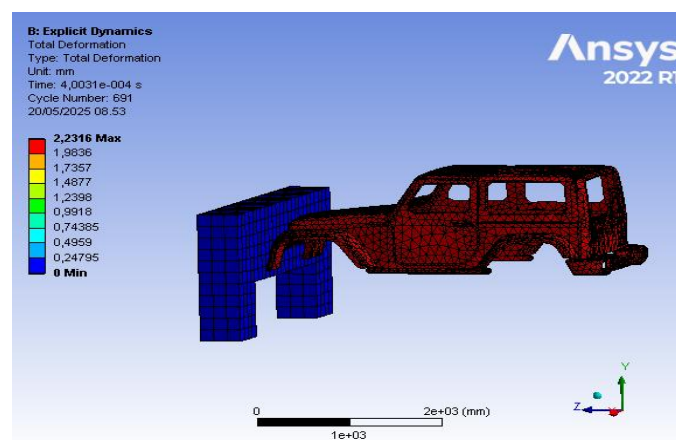
Gambar 4. 14 *Details of Solution (A6)*

Hasil Simulasi Desain Bodi Wrangler Rubicon 2010

Setelah melalui beberapa tahap simulasi tabrakan pada perangkat lunak ANSYS Workbench 2022 menggunakan metode Explicit Dynamics, diperoleh hasil berupa nilai minimum dan maksimum tegangan (*von-Mises*), total deformasi, serta faktor keamanan (*safety factor*) pada struktur bodi mobil. Nilai-nilai ini dihasilkan setelah proses input material, pembuatan mesh, dan pengaturan kecepatan tumbukan, yang kemudian dianalisis dalam skenario crash test. Hasil simulasi dapat diamati melalui toolbar Solution setelah proses simulasi selesai dijalankan.

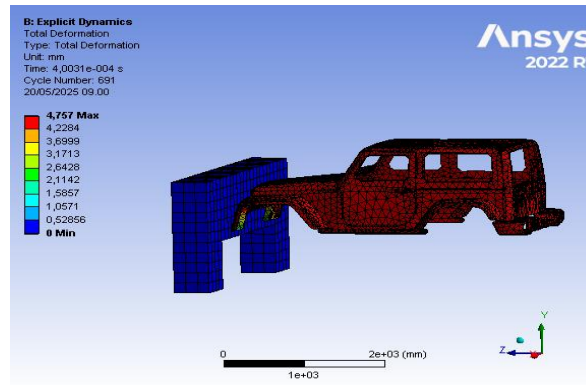
Hasil uji simulasi total deformasi

Pengujian simulasi total deformasi pada kecepatan 20km/jam atau 5555,56 mm/detik



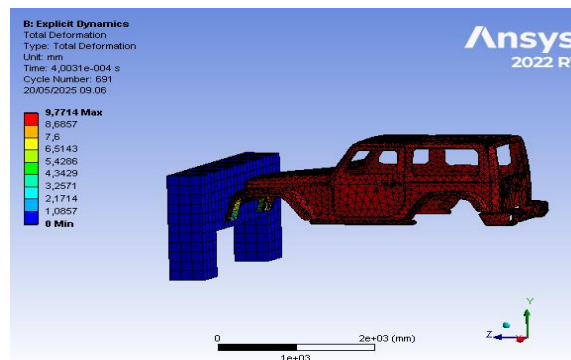
Gambar 15 *Uji Total Deformasi Bodi Wrangler Rubicon 2010 Kecepatan 20km/jam*

Pengujian simulasi total deformasi pada kecepatan 40km/jam atau 11111,11mm/detik



Gambar 16 Uji Total Deformasi Bodi Wrangler Rubicon 2010 Kecepatan 40km/jam

Pengujian simulasi total deformasi pada kecepatan 80km/jam atau 22222,22 mm/detik



Gambar 4. 17 Uji Total Deformasi Bodi Wrangler Rubicon 2010 Kecepatan 80km/jam

Dari hasil analisis nilai total deformasi pada Bodi Wrangler Rubicon 2010 menggunakan material AISI 1045 (*High Carbon Steel*), dengan kecepatan 20km/jam mengalami tegangan maksimum 2,2316 mm dan tegangan minimum 0 mm. Pada nilai total deformasi bodi dengan kecepatan 40km/jam mengalami tegangan maksimum 4,757 mm dan tegangan minimum 0 mm. Sedangkan Pada nilai total deformasi bodi dengan kecepatan 80km/jam mengalami tegangan maksimum 9,7714 mm dan tegangan minimum 0 mm. Bodi bagian depan kendaraan mengalami deformasi akibat tumbukan langsung dengan penghalang (*fix support*), yang berfungsi menahan gaya benturan. Deformasi yang terjadi masih dalam kategori kecil mengingat tegangan yang terjadi berada dibawah tegangan luluh material AISI 1045. Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan (Dhana & Ariatedja, 2020). Total deformasi mendapatkan 371.52mm pada struktur pintu kiri. Deformasi maksimum yang terjadi juga masih dalam kategori kecil mengingat tegangan yang terjadi berada di bawah tegangan luluh material.

Dari hasil analisis nilai uji simulasi safety factory pada bodi willys mb 1942 menggunakan material AISI 1045 dengan kecepatan 20 km/jam mengalami tegangan maksimum 15 dan tegangan minimum 2,6044, kecepatan 40 km/jam mengalami tegangan

maksimum 15 dan tegangan minimum 1,7088, dan kecepatan 80 km/jam mengalami tegangan maksimum 15 dan tegangan minimum 0,0028825.

Tabel 1. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi Wrangler Rubicon 2010

Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
20 km/jam	2,2316 mm	0 mm	292,33 Mpa	0 Mpa	15	1,5394
40 km/jam	4,757 mm	0 mm	326,63 Mpa	0 Mpa	15	1,3777
80 km/jam	9,7714 mm	0 mm	545,89 Mpa	0 Mpa	15	0,82434

Tabel 2. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi Wrangler Modification

Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
20 km/jam	2,2225 mm	0 mm	2,191e-7 Mpa	0 Mpa	15	15
40 km/jam	4,6497 mm	0 mm	536,05 Mpa	0 Mpa	15	0,83947
80 km/jam	9,2882 mm	0 mm	1834,2 Mpa	0 Mpa	15	0,24533

Tabel 3. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi G class g63 amb

Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min

20 km/jam	2,6852 mm	0 mm	65,621 Mpa	0 Mpa	15	3,8098
40 km/jam	5,2821 mm	0 mm	374,45 Mpa	0 Mpa	15	0,66765
80 km/jam	10,367 mm	0 mm	876,17 Mpa	0 Mpa	15	0,28533

Tabel 4. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi Grand Vitara

Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
20 km/jam	2,4401 mm	0 mm	188,99 Mpa	0 Mpa	15	2,381
40 km/jam	5,3018 mm	0 mm	450,78 Mpa	0 Mpa	15	0,99827
80 km/jam	11,284 mm	0 mm	845,86 Mpa	0 Mpa	15	0,532

Tabel 5. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi Evoque 2020

Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
20 km/jam	2,2371 mm	0 mm	137,23 Mpa	0 Mpa	15	3,2793
40 km/jam	4,5904 mm	0 mm	842,41 Mpa	0 Mpa	15	0,53418
80 km/jam	9,8549 mm	0 mm	1842,5 Mpa	0 Mpa	15	0,24424

Tabel 6. Hasil Analisis Uji Simulasi Bodi willys mb 1942

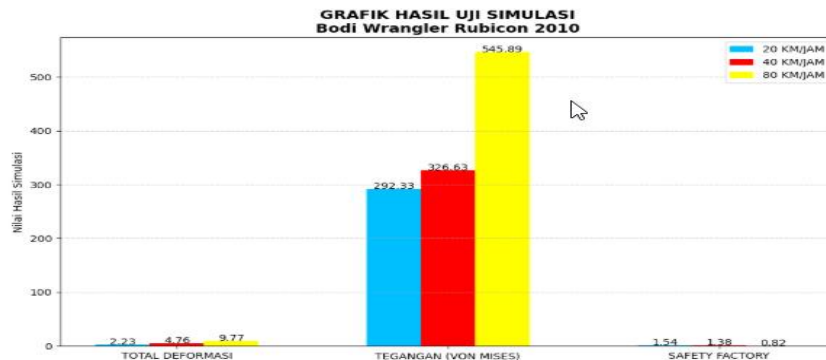
Nama	Hasil Uji					
	Deformasi		Tegangan		Safety Factory	
	Max	Min	Max	Min	Max	Min
20 km/jam	2,2376 mm	0 mm	172,78 Mpa	0 Mpa	15	2,6044
40 km/jam	4,4536 mm	0 mm	263,35 Mpa	0 Mpa	15	1,7088
80 km/jam	2436,7 mm	0 mm	1,5611e5 Mpa	0 Mpa	15	0,0028825

Dari hasil simulasi yang mencakup analisis deformasi total, tegangan *von Mises*, dan faktor keselamatan (*safety factor*) untuk enam desain bodi mobil Jeep off-road pada tiga variasi kecepatan (20 km/jam, 40 km/jam, dan 80 km/jam). Semua desain menunjukkan peningkatan deformasi seiring bertambahnya kecepatan tabrakan. Deformasi paling rendah wrangler rubicon 2010 dan wrangler modification menunjukkan nilai deformasi yang relatif kecil (<10 mm hingga kecepatan 80 km/jam), menandakan ketahanan struktural yang baik. Deformasi paling tinggi: willys MB 1942 memiliki deformasi sangat tinggi pada kecepatan 80 km/jam (mencapai 2436,7 mm), menunjukkan potensi kegagalan struktural yang besar. Pada hasil tegangan semua desain mengalami tegangan yang meningkat seiring bertambahnya kecepatan. Tegangan melebihi batas pada beberapa desain (seperti Wrangler Modification dan Evoque 2020), tegangan melampaui tegangan luluh AISI 1045 (sekitar 530 MPa) pada kecepatan 80 km/jam, menunjukkan bahwa material mulai mencapai batas plastis. Desain paling stabil wrangler rubicon 2010 memiliki tegangan maksimum di bawah batas luluh material hingga kecepatan 40 km/jam, dan mendekati batas pada 80 km/jam (545 MPa). Sedangkan untuk hasil faktor keselamatan hampir semua desain memiliki nilai SF > 1 pada 20 km/jam dan sebagian pada 40 km/jam, menandakan desain masih aman pada kecepatan rendah hingga sedang. Desain yang Tidak Aman pada Kecepatan Tinggi (80 km/jam) yaitu:

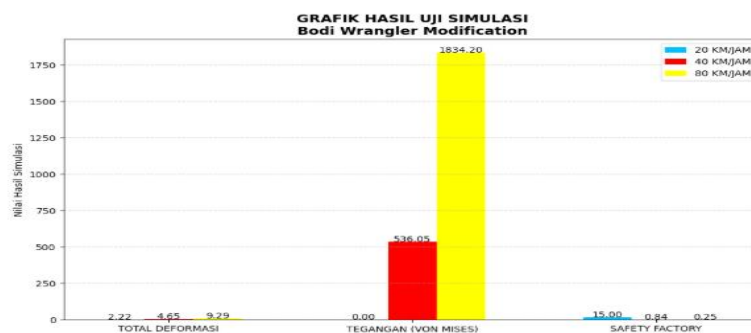
1. Wrangler Modification: SF minimum 0,24 → tidak aman
2. G-Class G63: SF minimum 0,28 → tidak aman
3. Grand Vitara: SF minimum 0,53 → berisiko tinggi
4. Evoque 2020: SF minimum 0,24 → tidak aman

5. Willys MB 1942: Deformasi sangat tinggi → gagal total

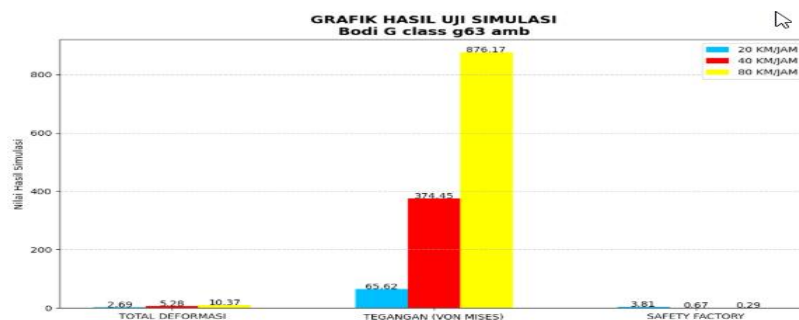
Desain paling konsisten Wrangler Rubicon 2010 tetap dalam batas aman hingga kecepatan 40 km/jam, tetapi menunjukkan penurunan performa pada 80 km/jam. Dari hasil uji simulasi di atas dapat dilihat perbandingan antara enam desain enam desain bodi mobil Jeep off-road pada grafik di bawah ini :



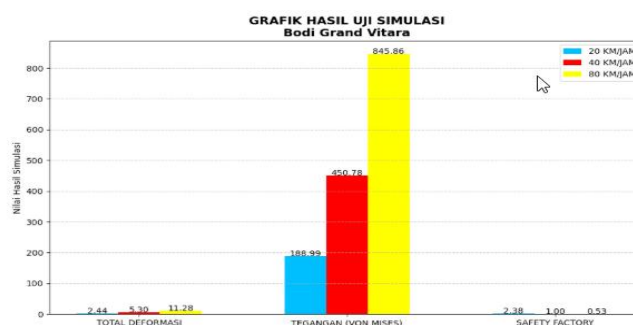
Gambar 18 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi Wrangler Rubicon 2010



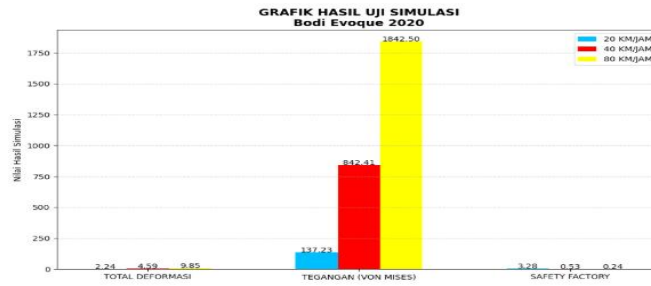
Gambar 20 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi Wrangler Modification



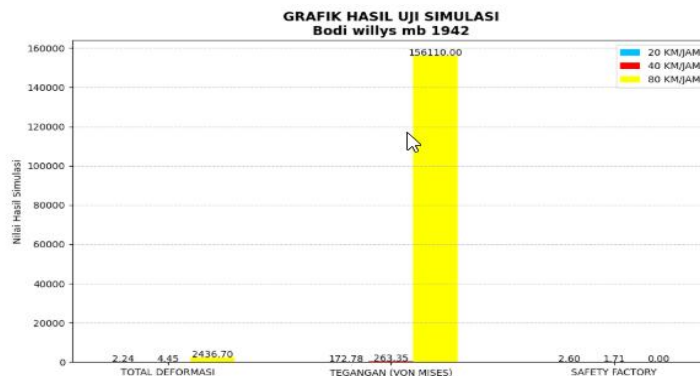
Gambar 21 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi G class g63 amb



Gambar 22 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi Grand Vitara



Gambar 23 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi Evoque 2020



Gambar 24 Grafik Hasil Uji Simulasi Bodi willys mb 1942

Conclusions

Berdasarkan hasil penelitian simulasi uji tabrak pada enam desain bodi mobil jeep off-road menggunakan perangkat lunak ANSYS dengan variasi kecepatan 20 km/jam, 40 km/jam, dan 80 km/jam serta material AISI 1045, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Respon setiap desain menunjukkan pola deformasi yang berbeda tergantung pada bentuk geometri dan kecepatan tumbukan. Pada kecepatan rendah, deformasi relatif kecil dan merata di bagian depan kendaraan. Namun, pada kecepatan tinggi (80 km/jam), sebagian besar desain mengalami peningkatan deformasi signifikan, terutama pada area struktur depan.
2. Distribusi tegangan (*von mises*) desain bodi yang memiliki struktur lebih kompleks dan luas permukaan lebih besar cenderung mendistribusikan tegangan dengan lebih merata. Nilai tegangan maksimum tertinggi dicapai oleh desain Evoque 2020 pada kecepatan tinggi, melebihi tegangan luluh material AISI 1045, menandakan potensi kegagalan struktur.
3. Faktor keselamatan (*safety factor*) hanya beberapa desain yang mempertahankan nilai faktor keselamatan di atas 1 pada seluruh rentang kecepatan. Desain seperti Wrangler Rubicon dan Grand Vitara terbukti lebih andal pada uji crash, dengan nilai SF yang stabil, sedangkan desain seperti Evoque dan Willys MB menunjukkan ketidakamanan pada kecepatan tinggi dengan $SF < 1$.

4. Pengaruh kecepatan tabrakan peningkatan kecepatan berbanding lurus dengan kenaikan deformasi dan tegangan yang terjadi. Desain yang pada kecepatan rendah tergolong aman bisa berubah menjadi tidak aman saat kecepatan meningkat.

References

- Abebe, B. A., Seçgin, Ö., & Kolip, A. (2022). ENSET FIBER REINFORCED COMPOSITE VEHICLE BODY CRASH ANALYSIS USING ANSYS.
- Afnison, W., & Alwi, E. (2020). Program Pelatihan CAD "SOLIDWORKS" Bagi Guru SMK N 2 Payakumbuh Sebagai Upaya Peningkatan Kompetensi dan Daya Saing SMK Daerah di Tingkat Nasional. *Suluah Bendang: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 20, 10–20.
- Akin, J. E. (2009). Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks.
- Antonova, E. E., & Looman, D. C. (2024). Finite Elements for Thermoelectric Device Analysis in ANSYS.
- Astori, P., Zanella, M., & Bernardini, M. (2020). Validation of numerical models of a rotorcraft crashworthy seat and subfloor. *Aerospace*, 7(12), 1–17. <https://doi.org/10.3390/aerospace7120174>
- Babre, P. S., Mutagekar, R. R., Mujawar, N. A., Tinguria, A. A., Pendor, H. N., Somatkar, A. A., & Ramtirthkar, C. R. (2023). Crash test analysis of an All-Terrain Vehicle (ATV) chassis. *Journal of Physics: Conference Series*, 2604(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2604/1/012006>
- Berretti, S., Thampi, S. M., & Dasgupta, S. (2015). *Advances in Intelligent Systems and Computing* 385 Volume 2. <http://www.springer.com/series/11156>
- Cai, C., Zheng, H., & Hung, K. C. (2021). Modeling of Material Damping Properties in ANSYS.
- Cekus, D., Posiadała, B., & Warys, P. (2014). Integration of modeling in solidworks and matlab/simulink environments. *Archive of Mechanical Engineering*, 61(1), 57–74. <https://doi.org/10.2478/meceng-2014-0003>
- Dhana, R. K., & Ariatedja, J. B. (2020). Analisis Kekuatan Body Terhadap Impact pada Mobil Flood Rescue Vehicle dengan Menggunakan Metode Elemen Hingga. *JURNAL TEKNIK ITS*, 9, 2337–3539.
- Dharmadhikari, S. R., G Mahakalkar, S., P Giri, J., & D Khutafale, N. (2013). Design and Analysis of Composite Drive. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 3(2249–6645), 490–496.
- Dwi Sujudz Saputra, A., Fawaid, M., Abdillah, H., Keguruan dan Ilmu, F., & Sultan Ageng Tirtayasa, U. (2020). Desain dan pembuatan bodi mobil listrik menggunakan fiberglass dengan metode hand lays up. <https://doi.org/10.30738/jtv.vXiY.0000>

- Fauzi Hanafi, A., Bhisma, P., Wardhana, W., Lazuardi Umar, M., Finali, A., & Saputra, W. (2024). SINERGI Polmed : JURNAL ILMIAH TEKNIK MESIN DESAIN DAN ANALISIS AERODINAMIS BODY MOBIL HEMAT ENERGI JOGOPATI TIPE PROTOTYPE MENGGUNAKAN METODE COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS I N F O A R T I K E L. <http://ojs.polmed.ac.id/index.php/Sinergi/index>
- Kudi, J., Mohamed, N., & Khalid, iAmiri. (2021). Usage iof iFinite iElement iMethod iand iAnalysisiof iCar iHood iModel iwith iDifferent iMaterial iand iSpeed ifor iCrash iTest iby iusing iAbaqus iExplicit iSoftwareiiniAutomotiveiApplication. *Progress in Engineering Application and Technology*, 2, 1001–1015.
- Kumar, K. S. (2014). Analytical Modeling of Temperature Distribution, Peak Temperature, Cooling Rate and Thermal Cycles in a Solid Work Piece Welded by Laser Welding Process. *Procedia Materials Science*, 6, 821–834. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.099>
- KUMARA DHANA, R. (2020). ANALYSIS OF BODY STRENGTH TO IMPACT ON FLOOD RESCUE VEHICLE USING FINITE ELEMENT METHOD.
- Prasad, T. S., Krishnaiah, T., Iliyas, J. M., & Reddy, M. J. (2014). A Review on Modeling and Analysis of Car Wheel Rim using CATIA & ANSYS.
- Prasetyo, E., Hermawan, R., Ridho, M. N. I., Hajar, I. I., Hariri, H., & Pane, E. A. (2020). Analisis Kekuatan Rangka Pada Mesin Transverse Ducting Flange (TDF) Menggunakan Software Solidworks. *Rekayasa*, 13(3), 299–306. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v13i3.8872>
- Praveen, L., & Sandeep Kumar, N. (2018). Crash Analysis of a Composite Car Body. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 455(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/455/1/012099>
- Rathore, S., & Dwivedi, V. K. (2024). A Comprehensive Review of Stress and Strain Analysis in Pistons Utilizing Composite Materials via ANSYS Software. *International Journal of Innovative Research in Technology and Science Wwww.Ijirts.Org*, 12, 278. www.ijirts.org
- Rayhan, S. Bin, & Rahman, M. M. (2020). Modeling elastic properties of unidirectional composite materials using ansys material designer. *Procedia Structural Integrity*, 28, 1892–1900. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.11.012>
- Sahil R. Jaiswal, Dr. Rajeshkumar U. Sambhe, Harsh V. Wakekar, Dushant K. Chaudhary, & Mohammad Zaid Mohammad A. (2022). Virtual Crash Test Analysis of Modern Car through ANSYS Software. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 118–124. <https://doi.org/10.32628/ijrst229327>
- Santhakumar, J. (2020). DESIGN AND CRASH ANALYSIS OF CAR BODY USING FRP MATERIALS ADOPTING FEM. www.ijiser.com

- Sharad, M., Chauhan, J., Dubey, M. A., Parth, M., Patel, K., & Deepkumar, M. (2017). A Review Paper on Design & Development of Helical Gear by using ANSYS & AGMA Standards. www.ijert.org
- Sofyan, A., Glusevic, J., Zulfikar, A. J., & Umroh, B. (2019). ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR RANGKA MESIN PENGGERING BAWANG MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK ANSYS APDL 15.0. JOURNAL OF MECHANICAL ENGINEERING MANUFACTURES MATERIALS AND ENERGY, 3(1), 20. <https://doi.org/10.31289/jmemme.v3i1.2417>
- Sungkono, I., Irawan, H., Patriawan, D. A., Adhi, I. T., & Surabaya, T. (2019). Analisis Desain Rangka Dan Penggerak Alat Pembulat Adonan Kosmetik Sistem Putaran Eksentrik Menggunakan Solidwork.
- Suresh Kumar, P. (2017). Crash Analysis of Car Chassis Frame Using Finite Element Method. International Journal of Engineering and Scientific Research, 5. <http://www.ijmra.us>,<http://www.ijmra.us>,
- Suryanto, H., Hertnacahyani Herraprastanti Sekolah Tinggi Teknologi Ronggolawe Jl Kampus Ronggolawe Blok No, E. B., & Cepu, M. (2023). Analisis Tegangan Pada Rangka Mobil Off Road Menggunakan Metode Elemen Hingga Dengan Software SolidWorks (Vol. 17, Issue 1).
- Systemes, D. (2019). SolidWorks 2012 SOFTWARE REVIEW. www.solidworks.com
- Tawaf, N., & Asroni. (2023). ANALISA DEFORMASI CRASH BOX DENGAN VARIASI DIAMETER DENGAN SIMULASI SOFTWARE ANSYS 14.5. TURBO, 2.
- Umurani, K., Taufik Amri, dan, & Kapten Muchtar Basri No, J. (2018). Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi Desain Dan Simulasi Suspensi Sepeda Motor Dengan Solidwork 2012. Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 1(1), 47–56. <https://doi.org/10.30596/rmme.v1i1.2435>
- Vaallaayyiill Tony punnoose, & Issac, Dr. J. C. (2013). CRASH SIMULATION IN ANSYS LS-DYNA TO EXPLORE THE CRASH PERFORMANCE OF COMPOSITE AND METALLIC MATERIALS. <http://www.ijser.org>
- Yadav, S., & Pradhan, S. K. (2014). Investigations into dynamic response of automobile components during crash simulation. Procedia Engineering, 97, 1254–1264. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.12.404>