

OPTIMALISASI DESIGN CHASSIS LADDER FRAME DUMP TRUCK MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

* Muhammad Farel¹, Toni Prahasto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas

Diponegoro Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp.

+62247460059 E-mail: mfaarel@students.undip.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan desain chassis ladder frame dump truck menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak ANSYS 2024. Dua desain dengan variasi ketebalan plat dan jumlah cross member dianalisis untuk mengetahui pengaruhnya terhadap deformasi, tegangan von-Mises, dan safety factor. Model 3D dibuat dengan SolidWorks 2022 dan dianalisis secara statik menggunakan beban vertikal 48.000 kg. Hasil menunjukkan bahwa desain pertama menghasilkan deformasi 10,477 mm dan tegangan von-Mises 890,6 MPa dengan safety factor 0,73231, yang melebihi batas aman material. Sebaliknya, desain kedua menunjukkan performa lebih baik dengan deformasi 7,3156 mm, tegangan von-Mises 366,57 MPa, dan safety factor 1,7792. Oleh karena itu, desain kedua direkomendasikan untuk diterapkan karena menawarkan kekakuan dan keamanan struktural yang lebih baik.

Kata Kunci: chassis ladder frame; deformasi; dump truck; metode elemen hingga; tegangan von-mises

Abstract

This study aims to optimize the dump truck ladder frame chassis design using the finite element method via ANSYS 2024. Two designs with different plate thicknesses and cross member counts were analyzed to observe their impact on deformation, von-Mises stress, and safety factor. The 3D model was built using SolidWorks 2022 and analyzed under a 48,000 kg vertical static load. Results show the first design generated 10.477 mm deformation and 890.6 MPa von-Mises stress with a safety factor of 0.73231, exceeding the material limit. Conversely, the second design yielded 7.3156 mm deformation, 366.57 MPa stress, and a safety factor of 1.7792, indicating better structural reliability. Thus, the second design is recommended due to its improved stiffness and safety.

Keywords: deformation; dump truck; finite element method; ladder frame chassis; von-mises stress

1. Pendahuluan

Dump truck merupakan kendaraan berat yang vital dalam industri konstruksi dan pertambangan. Salah satu komponen paling krusial adalah chassis, khususnya tipe ladder frame yang berfungsi sebagai struktur utama penopang beban kendaraan, muatan, dan sistem mekanik lainnya. Desain chassis yang baik harus memenuhi syarat kekuatan, kekakuan, dan keamanan agar dapat beroperasi secara optimal dalam berbagai kondisi lapangan (Reimpell et al., 2001; Gillespie, 1992).

Dalam kondisi beban maksimum, chassis sangat rentan mengalami deformasi berlebih atau bahkan kegagalan struktural jika tidak dirancang dengan baik. Oleh karena itu, penggunaan metode analisis seperti Finite Element Method (FEM) menjadi penting untuk mengevaluasi performa struktur sebelum prototipe fisik dibuat (Logan, 2017). FEM memungkinkan analisis mendetail terhadap tegangan, deformasi, dan distribusi beban yang tidak dapat diperoleh hanya melalui perhitungan manual (Hutton, 2004).

Dalam studi ini, dilakukan optimasi terhadap desain chassis dump truck Mercedes Benz Arocs 4845. Dua model dengan variasi ketebalan plat dan jumlah cross member dibandingkan untuk mengevaluasi performa mekanik menggunakan perangkat lunak ANSYS 2024. Pemodelan 3D dilakukan di SolidWorks 2022 dan simulasi statik dilakukan dengan pembebanan vertikal merata 48.000 kg. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan desain chassis yang aman dan efisien untuk aplikasi kendaraan berat dengan mempertimbangkan deformasi, tegangan von-Mises, dan safety factor sebagai parameter evaluasi utama (Budynas & Nisbett, 2015; Gere & Goodno, 2012). Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan rancangan pemodelan 3D pada *frame chassis truck*.
2. Menganalisis deformasi, tegangan von-mises, dan safety factor yang terjadi pada chassis truck saat menerima beban statis akibat gaya vertikal maksimum sesuai kapasitas muatan kendaraan.
3. Membandingkan hasil analisis struktur chassis antara pembebanan sesuai spesifikasi dan pembebanan realita.

2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode simulasi numerik berbasis Finite Element Method (FEM). Objek studi adalah chassis ladder frame dump truck yang dimodelkan dalam dua variasi desain. Perangkat lunak SolidWorks 2022 digunakan untuk pemodelan 3D dan ANSYS 2024 untuk simulasi analisis statik.

Bahan utama yang digunakan adalah baja AISI 4140 dengan yield strength sebesar 680 MPa (Totten, 2006). Beban kerja berupa gaya vertikal merata sebesar 48.000 kg, yang terdiri atas beban kendaraan dan muatan. Tumpuan diasumsikan fixed pada enam titik sesuai titik pemasangan suspensi. Parameter analisis meliputi deformasi total, tegangan von-Mises, dan safety factor.

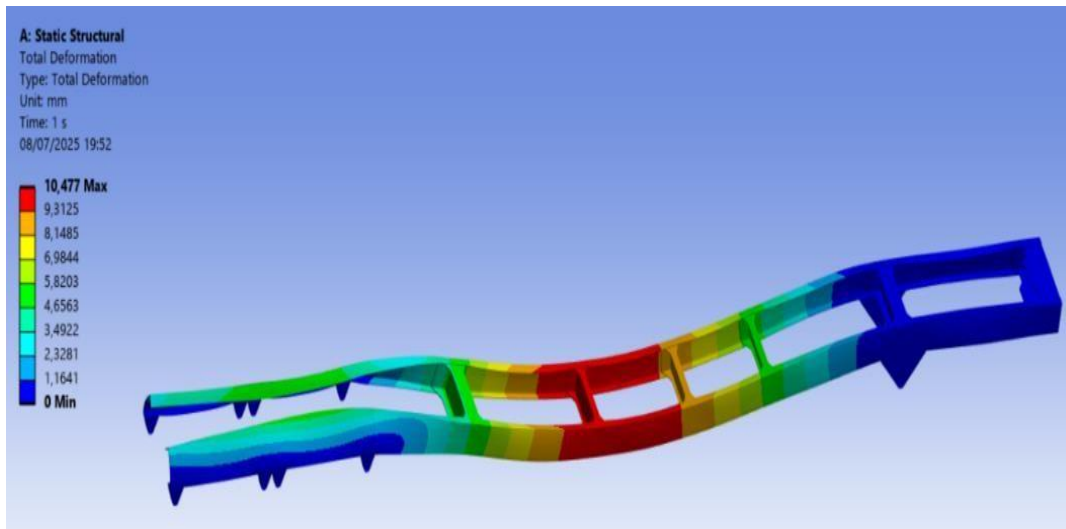
Simulasi dilakukan dengan ukuran meshing 19 untuk desain pertama dan 20 untuk desain kedua berdasarkan hasil grid independence test. Validasi hasil diperoleh dari kesesuaian antara distribusi tegangan dan deformasi pada titik-titik kritis yang logis secara struktur.

3. Hasil dan Pembahasan

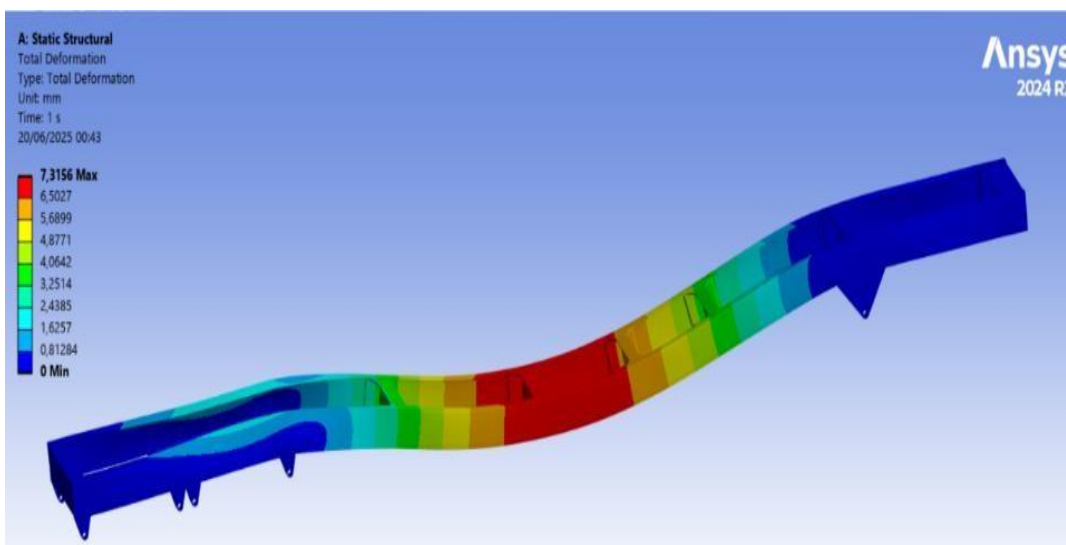
3.1 Deformasi Total

Deformasi merupakan respons struktural akibat beban kerja, ditinjau dari perubahan bentuk geometri rangka. Pada desain pertama, deformasi maksimum terjadi sebesar 10,477 mm, dengan nilai rata-rata 3,9435 mm. Lokasi deformasi tertinggi berada di bentang tengah chassis, area tanpa penguat tambahan, mengindikasikan kelemahan struktural dan kekakuan rendah (Budynas & Nisbett, 2015).

Sebaliknya, desain kedua menghasilkan deformasi maksimum 7,3156 mm, dengan nilai rata-rata 2,7834 mm. Penambahan cross member dan ketebalan plat secara signifikan meningkatkan kekakuan struktur dan mengurangi defleksi (Gere & Goodno, 2012). Hal ini menunjukkan bahwa desain kedua mampu mendistribusikan beban dengan lebih merata dan efektif.



Gambar 1. Deformasi Design Chassis 1

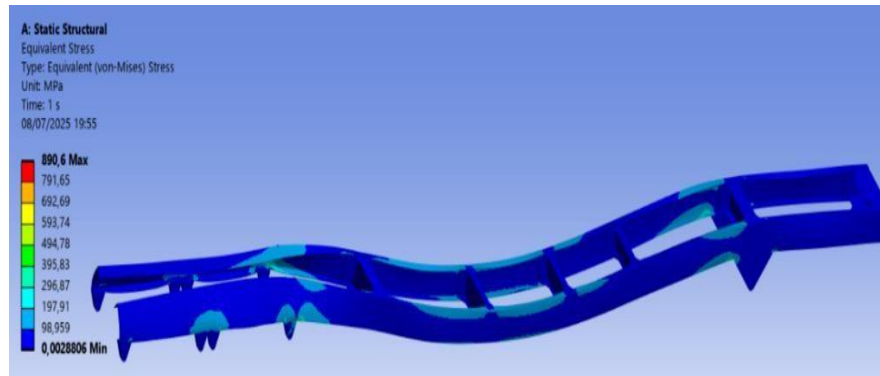


Gambar 2. Deformasi Design Chassis 2

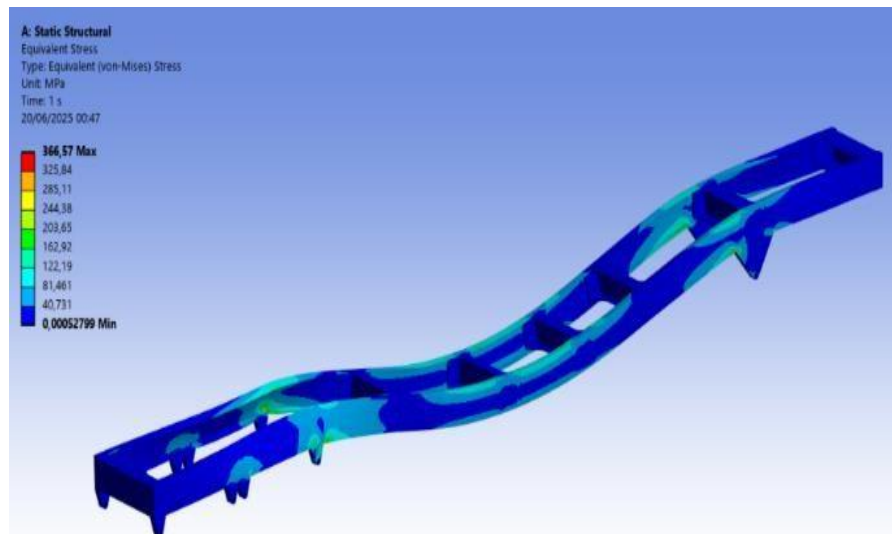
3.2 Tegangan von-Mises

Tegangan von-Mises menggambarkan distribusi beban internal akibat kombinasi tegangan tarik, tekan, dan geser. Desain pertama menunjukkan tegangan maksimum 890,6 MPa, yang melampaui yield strength AISI 4140 sebesar 680 MPa. Artinya, chassis berisiko mengalami deformasi plastis dan kerusakan permanen di titik kritis, khususnya di area sambungan tengah (Callister & Rethwisch, 2014).

Desain kedua menunjukkan tegangan maksimum sebesar 366,57 MPa, masih jauh di bawah batas leleh material. Nilai ini mengindikasikan bahwa struktur tidak mengalami tegangan berlebih dan tetap berada dalam kondisi elastis, aman digunakan untuk operasi jangka panjang (Hibbeler, 2011).



Gambar 3. Von-Mises Stress Design Chassis 1

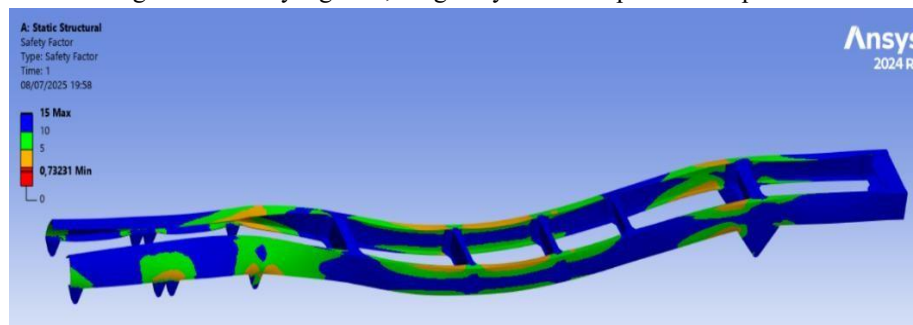


Gambar 4. Von-Mises Stress Design Chassis 2

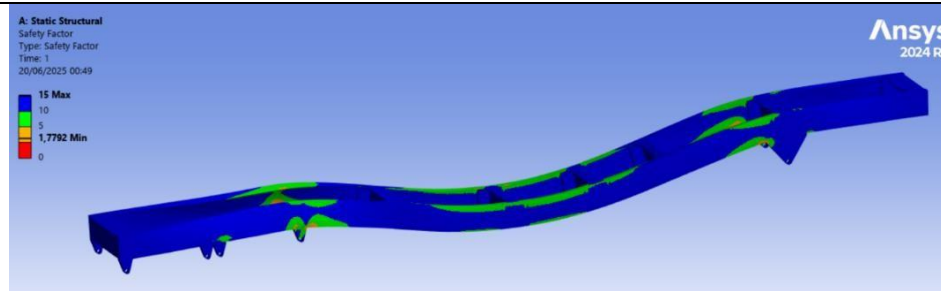
3.3 4.3 Faktor Keamanan (Safety Factor)

Safety factor mencerminkan margin keamanan struktur terhadap kegagalan. Pada desain pertama, nilai minimum 0,73231 menunjukkan bahwa tegangan kerja telah melebihi kapasitas material. Konsekuensinya, struktur tidak layak digunakan dalam kondisi beban penuh, bahkan berisiko gagal secara permanen (Jovinall & Marshek, 2012).

Desain kedua menunjukkan safety factor minimum 1,7792, lebih tinggi dari batas aman umum $\geq 1,5$ (Beer, 2012). Distribusi safety factor pada desain ini merata, dan sebagian besar berada di atas 2. Ini membuktikan bahwa desain kedua memiliki cadangan kekuatan yang baik, sangat layak untuk aplikasi dump truck di medan berat.



Gambar 5. Safety Factor Design Chassis 1



Gambar 6. Safety factor Design Chassis 2

4. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa desain kedua dari chassis ladder frame dump truck memiliki performa mekanik yang lebih baik dibanding desain pertama. Dengan nilai deformasi yang lebih kecil, tegangan yang tidak melebihi batas yield material, serta safety factor yang lebih tinggi dari 1.5, desain kedua dianggap aman dan efisien secara struktural. Hasil ini mendukung penerapan metode elemen hingga dalam optimasi desain kendaraan berat untuk menjamin keamanan dan keandalan operasional.

5. Daftar Pustaka

- [1] Beer, F. P. (2012). *Mechanics of Materials*. McGraw-Hill.
- [2] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Mechanical Engineering Design*. McGraw-Hill Education.
- [3] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. Wiley.
- [4] Gere, J. M., & Goodno, B. J. (2012). *Mechanics of Materials*. Cengage Learning.
- [5] Gillespie, T. D. (1992). *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. SAE International.
- [6] Hibbeler, R. C. (2011). *Mechanics of Materials*. Pearson.
- [7] Hutton, D. V. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. McGraw-Hill.
- [8] Juvinall, R. C., & Marshek, K. M. (2012). *Fundamentals of Machine Component Design*. Wiley.
- [9] Logan, D. L. (2017). *A First Course in the Finite Element Method*. Cengage Learning.
- [10] Totten, G. E. (2006). *Steel Heat Treatment Handbook*. CRC Press.