

ANALISIS STATIK KEKUATAN *CHASSIS* TRUK XCMG XT400DT 6X4 AKIBAT MODIFIKASI VESSEL UNTUK INDUSTRI PERTAMBANGAN MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

*Muhammad Rio Revanza Imawanto¹, 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: muhammadriorevanza@students.undip.ac.id

Abstrak

Modifikasi struktur pada kendaraan tambang, seperti penambahan kapasitas muatan melalui modifikasi vessel, dapat memberikan dampak signifikan terhadap kekuatan dan keandalan *chassis*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan statik *chassis* truk XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC akibat modifikasi vessel yang dilakukan untuk meningkatkan kapasitas muatan. Metode yang digunakan adalah pemodelan 3D menggunakan SolidWorks dan simulasi statik dengan bantuan perangkat lunak ANSYS 2024. Simulasi dilakukan terhadap dua kondisi pembebanan, yaitu beban sesuai spesifikasi awal (GVW = 41.500 kg) dan beban setelah modifikasi vessel (GVW ≈ 47.332 kg). Hasil analisis menunjukkan bahwa pada pembebanan *setelah* modifikasi, deformasi maksimum meningkat sebesar 12%, tegangan Von-Mises maksimum mencapai 370,49 MPa, dan nilai *safety factor* menurun menjadi 1,7. Meskipun nilai-nilai tersebut masih dalam batas aman, penurunan *safety factor* menunjukkan adanya potensi risiko jika kendaraan digunakan dalam kondisi ekstrim. Oleh karena itu, evaluasi lebih lanjut atau perkuatan struktur disarankan untuk menjamin keselamatan operasional di industri pertambangan.

Kata kunci: ansys; metode elemen hingga (fem); modifikasi vessel; safety factor; von-mises stress

Abstract

Structural modifications on mining vehicles, such as increasing load capacity by modifying the vessel, can significantly impact the strength and reliability of the chassis. This study aims to analyze the static strength of the XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC truck chassis due to vessel modification intended to increase its payload capacity. The method involves 3D modeling using SolidWorks and static simulation with ANSYS 2024 software. Simulations are conducted under two loading conditions: the original load specification (GVW = 41,500 kg) and the increased load after vessel modification (GVW ≈ 47,332 kg). The analysis results indicate that after modification, the maximum deformation increased by 12%, the maximum Von-Mises stress reached 370.49 MPa, and the safety factor decreased to 1.7. Although these values are still within safe limits, the reduction in the safety factor indicates a potential risk, especially under extreme operational conditions. Therefore, further structural evaluation or reinforcement is recommended to ensure operational safety in mining applications.

Keywords: ansys; finite element method (fem); safety factor; vessel modification; von-mises stress

1. Pendahuluan

Sektor pertambangan memiliki peran yang sangat penting dalam ekonomi global karena menyediakan bahan baku untuk berbagai industri, seperti konstruksi dan energi (Ane & Prataxis, 2016). Dalam kegiatan pertambangan, peralatan yang digunakan harus mampu menghadapi medan berat dan sering kali berada di lokasi terpencil (Vicky, 2020). Salah satu alat utama yang digunakan adalah dump truck, yang berfungsi untuk mengangkut material tambang, seperti batu bara dan bijih nikel (Vicky, 2020). Truk seperti XCMG XT400DT 6x4 dirancang untuk memenuhi tuntutan operasional yang sangat berat, dengan memperhatikan kekuatan dan ketahanan *chassis* yang menjadi komponen utama dalam menopang beban selama operasi (Anggara Syinta, 2021).

Chassis truk merupakan elemen penting yang mendukung seluruh beban yang diterima selama operasi kendaraan. *Chassis* berfungsi untuk mentransfer beban vertikal dan lateral yang dihasilkan oleh muatan kendaraan dan memastikan struktur tetap kokoh dan stabil (Fadila & Syam, 2013). Dalam industri pertambangan, truk sering dimodifikasi untuk meningkatkan kapasitas angkutnya guna memenuhi tuntutan operasional yang lebih tinggi, seperti menambah volume muatan atau menyesuaikan truk dengan medan yang lebih ekstrem (Arun et al., 2021). Modifikasi

ini pada umumnya dilakukan dengan menambah kapasitas vessel atau bak truk (Ane & Pratas, 2016).

Namun, modifikasi vessel yang bertujuan meningkatkan kapasitas angkut dapat memengaruhi distribusi beban dan gaya yang bekerja pada *chassis*, yang berpotensi memengaruhi kekuatan dan stabilitas struktural truk (Vicky, 2020). Oleh karena itu, penting dilakukan analisis statik untuk mengevaluasi kekuatan *chassis* truk setelah modifikasi tersebut, guna memastikan bahwa struktur tetap mampu menahan beban yang lebih besar dan berfungsi secara aman (Budynas & Nisbett, 2015). Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekuatan statik *chassis* truk XCMG XT400DT 6x4 setelah dilakukan modifikasi vessel dengan menggunakan metode elemen hingga (FEM) untuk mengidentifikasi deformasi, tegangan, dan faktor keselamatan pada struktur tersebut (Hutton, 2004). Diharapkan hasil dari penelitian ini dapat memberikan rekomendasi yang berguna untuk perbaikan desain *chassis* truk agar lebih aman dan efisien dalam operasional pertambangan (Fawaaid, 2017). Dengan demikian hasil dari simulasi dapat ditampilkan dan memudahkan interpretasi hasilnya. Adapun tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan pemodelan 3D *chassis* truk XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC.
2. Mengetahui nilai equivalent von-Mises stress, deformasi, dan *safety factor* pada *chassis* truk XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC terhadap pembebanan vessel sebelum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi menggunakan metode FEM.
3. Mengetahui dampak yang terjadi pada *chassis* truk XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC akibat pembebanan vessel yang telah dimodifikasi.

2. Bahan dan Metode Penelitian

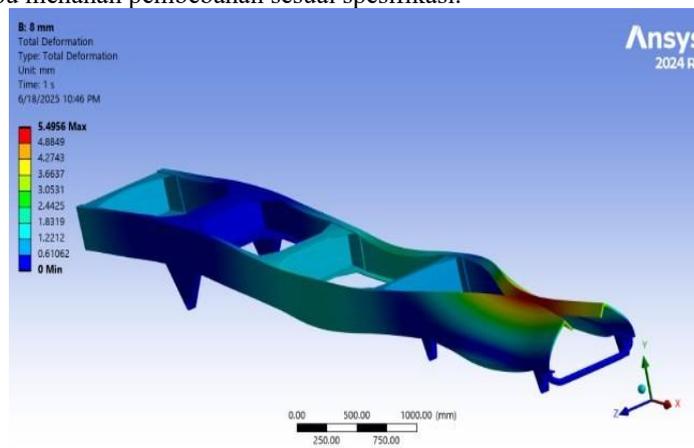
Penelitian ini menggunakan truk XCMG XT400DT 6x4 XGA3251D2WC sebagai objek penelitian. Data teknis truk dan modifikasi vessel, seperti penambahan kapasitas muatan dengan menambahkan plat baja vertikal setinggi 300 mm, digunakan untuk membuat model CAD 3D *chassis* menggunakan perangkat lunak SolidWorks 2022. Simulasi analisis statik dilakukan dengan software ANSYS 2024 untuk menghitung deformasi, tegangan Von-Mises, dan *safety factor* dengan dua kondisi pembebanan: sesuai spesifikasi truk (GVW = 41.500 kg) dan setelah modifikasi vessel (GVW \approx 47.332 kg). Material yang digunakan pada *chassis* adalah Alloy Steel AISI 4140, yang memiliki ketahanan tinggi terhadap kelelahan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Finite Element Method* (FEM), dengan tahapan mulai dari pemodelan geometri truk, pembuatan model FEM, hingga penentuan pembebanan pada sasis truk. Simulasi dilakukan dengan asumsi pembebanan statis yang merata (*uniform loading*). Setelah hasil simulasi didapatkan, analisis dilakukan untuk mengevaluasi apakah *chassis* truk masih aman dan mampu menahan beban yang lebih besar setelah modifikasi. Hasil simulasi akan digunakan untuk memberikan rekomendasi terkait perbaikan desain dan peningkatan kekuatan struktur truk untuk operasional pertambangan.

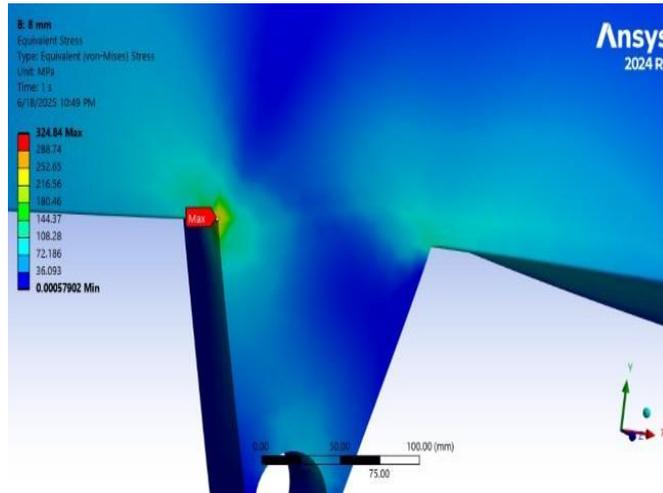
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Simulasi Pembebanan Sesuai Spesifikasi

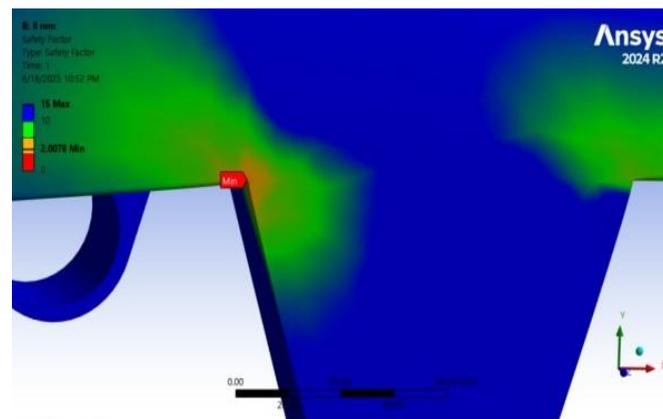
Simulasi pertama dilakukan dengan pembebanan sesuai spesifikasi awal truk, dengan GVW = 41.500 kg. Hasil simulasi menunjukkan bahwa deformasi maksimal pada *chassis* adalah 5,49 mm, yang terjadi pada bagian atas main rail di bagian depan *chassis*. Meskipun deformasi ini masih dalam batas elastis, bagian tersebut menunjukkan potensi area yang lebih lemah, karena tidak adanya penguatan *cross member* di lokasi tersebut. Tegangan Von-Mises maksimum yang dihasilkan pada bagian mounting suspensi depan adalah 324,84 MPa, yang masih jauh di bawah tegangan luluh material yang sebesar 680 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa struktur *chassis* tetap berada dalam kondisi aman. *Safety factor* yang diperoleh pada simulasi ini adalah 2, yang berarti *chassis* truk memiliki margin keamanan yang cukup tinggi, mampu menahan pembebanan sesuai spesifikasi.



Gambar 1. Deformasi Pembebanan Sesuai Spesifikasi



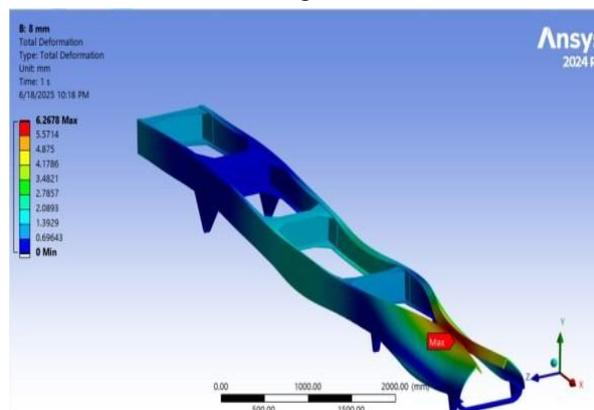
Gambar 2. Von-Mises Stress Maksimal Pembebanan Sesuai Spesifikasi



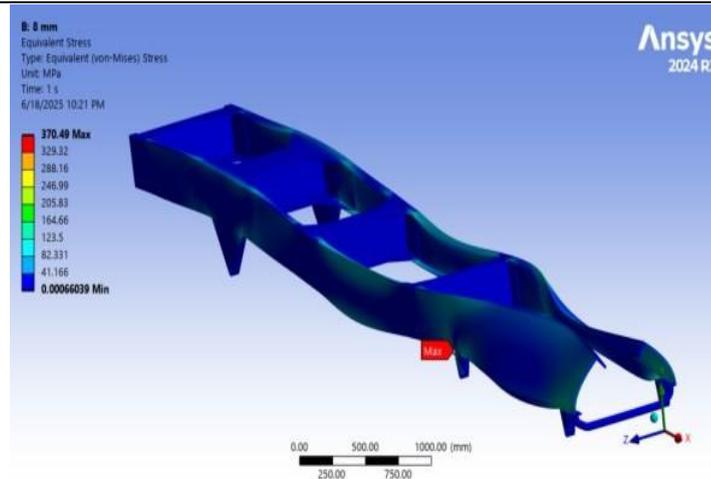
Gambar 3. Safety factor Minimal Pembebanan Sesuai Spesifikasi

3.2 Hasil Simulasi Pembebanan Setelah Modifikasi Vessel

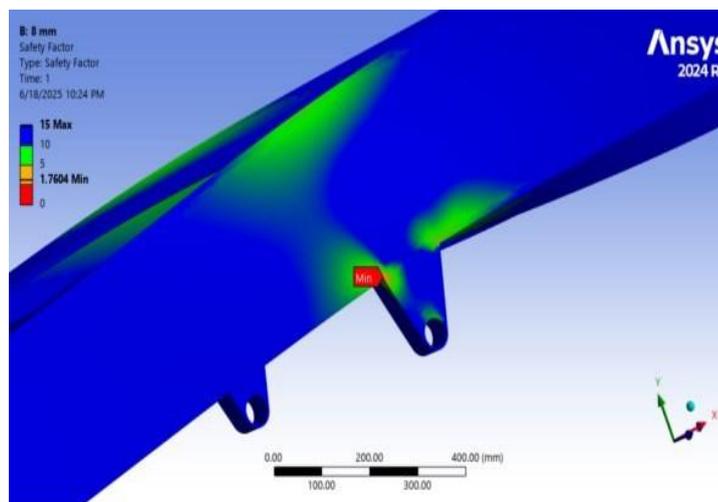
Simulasi kedua dilakukan setelah modifikasi vessel yang meningkatkan kapasitas muatan dengan $GVW \approx 47.332$ kg, bertujuan untuk menguji kemampuan struktur *chassis* dalam menahan beban yang lebih besar. Hasil simulasi menunjukkan kenaikan deformasi sebesar 12%, dengan deformasi maksimal mencapai 6,26 mm. Kenaikan ini menunjukkan bahwa penambahan kapasitas muatan memberi dampak pada peningkatan beban yang diterima oleh struktur *chassis*. Tegangan Von-Mises maksimum tercatat sebesar 370,49 MPa, yang masih lebih rendah dari tegangan luluh material (680 MPa), namun lebih tinggi dibandingkan dengan simulasi pembebanan awal. *Safety factor* menurun menjadi 1,7, menunjukkan penurunan margin keamanan setelah modifikasi. Walaupun masih berada dalam rentang aman, penurunan *safety factor* ini menunjukkan adanya peningkatan risiko terhadap kegagalan struktural, terutama jika truk digunakan dalam kondisi ekstrem atau overloading.



Gambar 4. Deformasi Pembebanan Penambahan Kapasitas Muatan



Gambar 5. *Von-Mises Stress* Pembebanan Penambahan Kapasitas Muatan



Gambar 6. *Safety factor Minimum* Pembebanan Penambahan Kapasitas Muatan

3.3 Pembahasan

Hasil simulasi yang diperoleh menunjukkan bahwa setelah modifikasi vessel, terjadi peningkatan deformasi dan tegangan pada chassis truk XCMG XT400DT 6x4. Peningkatan kapasitas muatan akibat modifikasi vessel memberikan dampak langsung pada distribusi beban dan gaya yang bekerja pada struktur chassis. Meskipun nilai-nilai deformasi dan tegangan Von-Mises masih berada dalam batas aman, penurunan safety factor dari 2 menjadi 1,7 mengindikasikan adanya penurunan margin keamanan. Penurunan safety factor ini mengindikasikan bahwa struktur chassis menjadi lebih rentan terhadap deformasi berlebihan atau kegagalan struktural jika truk digunakan dalam kondisi lebih ekstrem atau dengan muatan lebih berat.

Oleh karena itu, sangat disarankan untuk melakukan penguatan pada area-area yang menunjukkan konsentrasi tegangan tinggi, terutama pada bagian mounting suspensi depan yang memainkan peran penting dalam kestabilan struktural chassis. Penguatan desain pada bagian-bagian ini, seperti dengan menambahkan cross member atau menggunakan material yang lebih kuat, dapat meningkatkan daya tahan struktur terhadap beban lebih besar dan memperbaiki distribusi beban. Dengan demikian, penguatan pada area kritis ini akan meningkatkan faktor keselamatan dan keandalan truk, menjadikannya lebih aman untuk digunakan dalam industri pertambangan yang sering menghadapi kondisi medan berat dan muatan yang lebih tinggi.

3.4 Perbandingan Hasil Simulasi

Dibandingkan dengan hasil simulasi pembebanan sesuai spesifikasi, peningkatan kapasitas muatan menunjukkan perubahan yang signifikan pada hasil simulasi. Meskipun tegangan Von-Mises dan safety factor masih berada dalam batas yang dapat diterima, kenaikan deformasi yang tercatat pada chassis sebesar 12% menunjukkan adanya peningkatan beban yang lebih besar akibat modifikasi vessel. Deformasi maksimum yang meningkat menjadi 6,26 mm ini mengindikasikan bahwa struktur chassis tidak sepenuhnya siap menahan beban tambahan tanpa mempengaruhi kestabilan dan integritasnya. Hal ini perlu menjadi perhatian, terutama pada bagian-bagian chassis yang mengalami konsentrasi tegangan lebih tinggi, seperti pada area mounting suspensi.

Penurunan safety factor menjadi 1,7 setelah modifikasi vessel juga menunjukkan bahwa meskipun truk masih aman digunakan dalam kondisi operasional standar, margin keamanan telah berkurang. Dalam industri pertambangan, di mana kendaraan sering beroperasi di medan yang lebih berat dan dengan beban yang lebih besar dari yang ditentukan dalam spesifikasi standar, penurunan safety factor ini berisiko menyebabkan kerusakan struktural atau kegagalan kendaraan. Oleh karena itu, disarankan untuk memperkuat desain struktur chassis, baik dengan memperbaiki distribusi beban atau dengan menambahkan penguatan pada area-area yang rawan mengalami konsentrasi tegangan tinggi, agar truk dapat beroperasi lebih aman dan efisien dalam jangka panjang.

3.5 Dampak Modifikasi Vessel

Modifikasi vessel yang dilakukan untuk meningkatkan kapasitas muatan pada truk XCMG XT400DT 6x4 memberikan dampak langsung pada distribusi beban yang diterima oleh chassis. Penambahan kapasitas muatan ini menyebabkan peningkatan deformasi dan tegangan yang lebih tinggi pada beberapa bagian chassis, terutama di bagian depan dan mounting suspensi. Meskipun nilai tegangan Von-Mises dan deformasi masih berada dalam batas aman, peningkatan ini menunjukkan bahwa struktur chassis mengalami perubahan signifikan akibat beban tambahan yang diterima setelah modifikasi. Hal ini berisiko menurunkan kinerja struktural truk jika terus digunakan dalam kondisi ekstrem atau berlebihan.

Penurunan safety factor yang terjadi setelah modifikasi vessel menunjukkan bahwa meskipun masih aman untuk penggunaan standar, margin keamanan telah berkurang. Untuk memastikan keandalan truk dalam jangka panjang, sangat disarankan untuk melakukan penguatan pada bagian chassis yang terpengaruh, seperti pada bagian mounting suspensi dan area-area dengan konsentrasi tegangan tinggi. Penguatan ini akan meningkatkan kemampuan chassis untuk menahan beban lebih besar dan memperpanjang umur operasional truk. Oleh karena itu, analisis lebih lanjut mengenai distribusi tegangan dan deformasi yang lebih rinci akan sangat bermanfaat dalam merancang solusi penguatan yang optimal.

3.6 Rekomendasi Desain

Berdasarkan hasil simulasi, disarankan untuk memperkuat desain chassis pada bagian-bagian yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi, terutama pada area mounting suspensi depan dan bagian-bagian utama yang menerima beban lebih besar setelah modifikasi vessel. Bagian-bagian ini menunjukkan peningkatan tegangan yang signifikan, yang dapat mempengaruhi integritas struktural jika tidak ditangani dengan baik. Penguatan pada area tersebut sangat penting untuk memastikan bahwa chassis tetap dapat berfungsi secara optimal meskipun mengalami beban yang lebih tinggi. Dengan demikian, langkah ini dapat mengurangi risiko kerusakan atau kegagalan struktural yang mungkin terjadi selama operasional truk.

Untuk meningkatkan kekuatan struktur, penggunaan material dengan kekuatan lebih tinggi atau penambahan penguatan struktural seperti cross member tambahan sangat dianjurkan. Penggunaan material dengan sifat mekanik yang lebih baik dapat meningkatkan ketahanan chassis terhadap tegangan yang lebih besar, sementara penambahan cross member dapat mendistribusikan beban dengan lebih merata, sehingga mengurangi konsentrasi tegangan yang berisiko menyebabkan kerusakan. Penguatan ini juga akan meningkatkan safety factor, yang pada gilirannya akan memperbaiki keandalan dan keselamatan truk dalam menghadapi kondisi operasional pertambangan yang lebih ekstrem. Dengan demikian, penguatan pada bagian-bagian kritis ini akan memastikan bahwa truk dapat beroperasi dengan lebih aman dan efisien dalam jangka panjang.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis statik yang dilakukan pada chassis truk XCMG XT400DT 6x4 menggunakan metode elemen hingga dengan perangkat lunak ANSYS 2024, dapat disimpulkan bahwa modifikasi vessel untuk meningkatkan kapasitas muatan pada truk XCMG XT400DT 6x4 berdampak signifikan terhadap performa struktur chassis. Pada kondisi pembebanan sesuai spesifikasi ($GVW = 41.500$ kg), truk menunjukkan deformasi maksimum sebesar 5,49 mm, tegangan Von-Mises maksimum 324,84 MPa, dan safety factor 2, yang menunjukkan bahwa struktur chassis masih dalam kondisi aman. Namun, setelah modifikasi vessel yang meningkatkan kapasitas muatan menjadi sekitar 47.332 kg, deformasi maksimum meningkat menjadi 6,26 mm, tegangan Von-Mises maksimum mencapai 370,49 MPa, dan safety factor menurun menjadi 1,7. Penurunan safety factor ini menunjukkan adanya penurunan margin keamanan pada struktur, yang berisiko menyebabkan kegagalan struktural jika digunakan dalam kondisi ekstrem atau dengan beban yang lebih besar. Oleh karena itu, disarankan untuk memperkuat desain chassis, terutama pada area-area yang mengalami konsentrasi tegangan tinggi, seperti bagian mounting suspensi depan, guna meningkatkan daya tahan dan keamanan struktur. Secara keseluruhan, meskipun truk masih aman untuk digunakan setelah modifikasi, penguatan pada beberapa bagian chassis sangat diperlukan untuk memastikan keandalan truk dalam operasional pertambangan yang lebih berat dan ekstrem.

5. Daftar Pustaka

- [1] Ane, P., & Pratas, K. (2016). Kelayakan Investasi Studi Kasus Alat Berat Bulldozer, Excavator Dan Dump Truck Di Kota Manado. *Jurnal Sipil Statik*, 4(9), 533–539.
- [2] Anggara Syinta, R. (2021). Analisis Dan Pembuatan Chassis Tipe Ladder Frame Mobil KMHE Urban Concept Menggunakan Metode Simulasi Dan Pahl And Beitz. *ENOTEK: Jurnal Energi Dan Inovasi Teknologi*, 1(01), 14–

-
18. <https://doi.org/10.30606/enotek.v1i01.1000>
- [3] Arun, Kumar, K., & V., (2021). Structural Analysis of *Chassis* using AISI 4130 and AA 7068. s.l.:s.n.
- [4] Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2015). *Shigley's Mechanical Engineering Design* (10th ed.). s.l.: Raghathan Srinivasan.
- [5] Fadila, A., & Syam, B. (2013). Analisis Simulasi Struktur *Chassis* Mobil Mesin Usu Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Ansys 14.5. *Jurnal E-Dinamis*, 6(2), 70–79.
- [6] Fawaid, U. (2017). Design and Finite Element Analysis of 100 Tons. s.l.: s.n.
- [7] Gere, J. M. & Goodno, B. J., 2013. *MECHANICS OF MATERIAL*. 8th ed. s.l.:s.n.
- [8] Hibbeler, R. C., 2011. *Mechanics of Materiala*. 8th ed. s.l.:s.n.
- [9] Hutton, D. V. (2004). *Fundamentals of Finite Element Analysis*. s.l.: Elizabeth A. Jones.
- [10] Vicky, M. (2020). Sistem Pendeteksi Objek Pada Area Blind Spot Dump Truck Menggunakan Fuzzy Logic Dengan Metode Sugeno. Skripsi, 103. Retrieved from http://repository.uinjkt.ac.id/dspace/bitstream/123456789/53776/1/MUHAMAD_VICKY-FST.pdf