

OPTIMALISASI DESAIN TRUK JUNGKIT CATERPILLAR 777D UNTUK PENGANGKUTAN BATU BARA

Optimization of Caterpillar 777D Dump Truck Design for Coal Transporter

Yaziz Zidan Yusniansyah^{1*}, Iwan Kurniawan¹

¹ Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jl. Meruya Selatan No. 1 Kembangan, Jakarta Barat, Indonesia.

* Email Korespondensi : yaziz.zidan.y@gmail.com

Artikel Info - : Diterima : 28-01-2023; Direvisi : 28-05-2023; Disetujui : 31-05-2023

ABSTRAK

Dalam dunia pertambangan batu bara penggunaan alat berat merupakan hal yang mutlak. Penggunaan alat berat pada penambangan batu bara merupakan pekerjaan yang membutuhkan kemampuan produksi alat berat yang optimal, karena terdapat pekerjaan galian, timbunan dan pengangkutan material dengan volume yang besar. Desain bak standar pada *dump* truk Caterpillar 777D belum dikhususkan untuk mengangkut material batu bara sehingga belum ideal. Penelitian ini bertujuan untuk membuat rancangan bak *dump* truk dengan menambahkan kapasitas bak yang lebih besar dari bak standarnya. Standar yang digunakan untuk penentuan massa material yang akan diangkut sesuai dengan ISO 6483: 1980. Setelah didapatkan desain bak yang baru dengan menggunakan *software* Autodesk Inventor, maka akan diketahui berat bak dan berat batu bara yang akan diangkut, setelah itu dilakukan perhitungan distribusi beban pada *axle* depan dan *axle* belakang. Distribusi beban akan dibatasi oleh beban maksimal yang diizinkan pada *axle* depan dan *axle* belakang sesuai dengan regulasi yang ditentukan pada unit Caterpillar 777D. Setelah didapatkan desain bak yang baru dengan kapasitas volume angkut yang lebih optimal, maka akan sangat berguna untuk pengangkutan batu bara yang lebih efisien. Sehingga disimpulkan bahwa hasil analisis bak Caterpillar 777D khusus untuk pengangkutan batu bara dapat melebihi kapasitas volume standar dengan kapasitas volume 120 m³.

Kata Kunci: Caterpillar 777D, Autodesk Inventor, Distribusi Beban

ABSTRACT

In the world of coal mining the use of heavy equipment is absolute. The use of heavy equipment in coal mining is a job that requires optimal production capabilities of heavy equipment, because there are large volumes of excavation work, stockpiling and transportation of material. The standard body design on the Caterpillar 777D dump truck has not been specifically designed for transporting coal materials, so it is not ideal. This study aims to design a dump truck body by adding a larger body capacity than the standard body. The standard used for determining the mass of material to be transported is in accordance with ISO 6483: 1980. After obtaining a new body design using Autodesk Inventor software, the weight of the body and the weight of the coal to be transported will be known, after that the load distribution calculation on the axles will be carried out. front and rear axles. Load distribution will be limited by the maximum load allowed on the front axle and rear axle according to the regulations specified on the Caterpillar 777D unit. Having obtained a new body design with a more optimal transport volume capacity, it will be very useful for more efficient coal transportation. So it was concluded that the results of the analysis of the Caterpillar 777D tub specifically for coal transportation can exceed the standard volume capacity with a volume capacity of 120 m³.

Keywords: Caterpillar 777D, Autodesk Inventor, Load Distribution

1. Pendahuluan

Kebutuhan energi di Indonesia terus mengalami peningkatan seiring dengan tumbuhnya ekonomi [1]. Salah satunya yaitu batu bara sebagai energi dan aset tambang [2]. Industri pertambangan akhir-akhir ini telah mengalami akselerasi peningkatan kemampuan yang didorong atas dasar kompetisi yang semakin ketat [3]. Harga batu bara saat ini mengalami peningkatan, peningkatan harga batu bara disebabkan oleh sumber daya alam dan jumlah pasokan batu bara yang menipis [4]. Agar mampu bersaing, perusahaan pertambangan dituntut untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi serta melakukan perbaikan yang berkesinambungan dalam proses produksinya. Dalam proses penambangan, ketersediaan peralatan *dump* truk dan alat muat akan menentukan keberlangsungan produksi yang berdampak pada produktivitas dan efisiensi [5]. Pertambangan adalah kegiatan, teknologi dan bisnis yang dimulai dari prospeksi, eksplorasi, evaluasi, penambangan, pengolahan, pemurnian, pengangkutan, sampai dengan pemasaran. Tahapan kegiatan penambangan terdiri atas kegiatan yang meliputi pembabatan (*clearing*), pengupasan tanah penutup (*stripping*), penggalian bahan galian (*mining*), pemuatan (*loading*), pengangkutan (*hauling*) dan penumpahan (*waste dump*) [6]-[8].

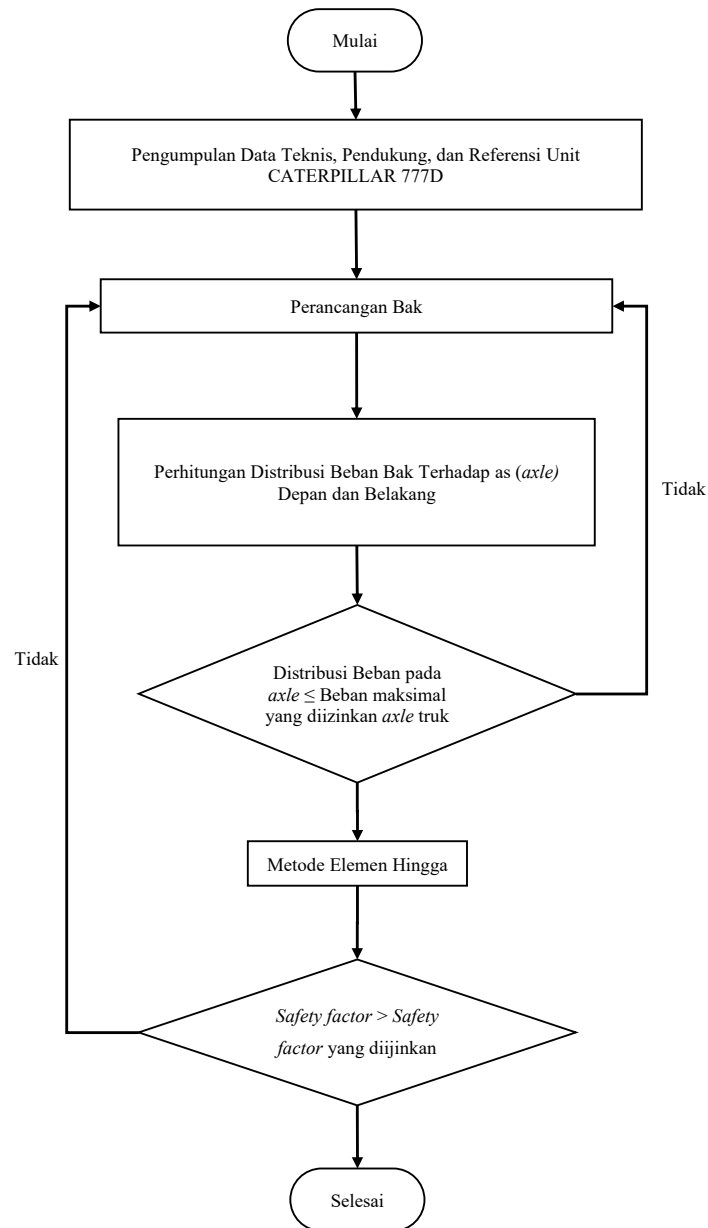
Truk jungkit (*dump truck*) merupakan salah satu komponen utama untuk mengangkut material dari area tambang ke kapal tongkang atau tempat pengolahan batu bara [9]. Terdapat banyak jenis truk jungkit untuk mengangkut material batu bara salah satunya yaitu *off-highway truck* (OHT) yang penggunaannya untuk di luar jalan raya.

Caterpillar 777D dari Caterpillar merupakan salah satu jenis OHT yang digunakan untuk mengangkut material batu bara. Caterpillar 777D memiliki volume kapasitas angkut sebesar 60.1 m³ (2:1 SAE) kapasitas tersebut tidak ideal, karena bak didesain untuk mengangkut material secara umum tidak dikhususkan untuk mengangkut batu bara. Dengan kondisi tersebut kondisi ideal pada proses efisiensi pengangkutan material batu bara sangat sulit dicapai.

Dalam rangka mencapai tingkat produksi yang tinggi dengan harga satuan yang rendah serta efisien, maka para pelaku tambang (kontraktor) perlu menggunakan peralatan seefektif dan seproduktif mungkin [10]. Untuk mencapai kondisi ideal pada proses produksi batu bara khususnya dalam pengangkutan material maka diperlukan upaya dengan melakukan efisiensi pada *dump* truk yaitu dengan meningkatkan volume kapasitas angkut pada unit Caterpillar 777D. Dengan meningkatnya volume kapasitas angkut diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dari kegiatan pemindahan material sehingga produktivitas pada produksi batu bara dapat meningkat. Peningkatan volume kapasitas angkut pada unit Caterpillar 777D dapat dilakukan dengan cara mengganti bak yang digunakan saat ini dengan desain yang baru. Pada bak yang baru ini desain dilakukan secara optimal dengan meningkatkan volume dari kapasitas sebelumnya hingga mendekati kapasitas beban yang diizinkan pada Caterpillar 777D. Diharapkan dengan desain bak yang baru kemampuan dari unit Caterpillar 777D dapat dimanfaatkan secara maksimal.

2. Metodologi Penelitian

Tahapan penelitian dapat di jelaskan dengan diagram alir pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Pengumpulan data

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan dasar-dasar dalam melakukan desain dan perhitungan. Sedangkan data yang dibutuhkan untuk perhitungan diperoleh melalui gambar desain *dump* truk, spesifikasi teknik, data dari jurnal dan buku referensi untuk Caterpillar 777D.

2. Perancangan bak

Setelah data dikumpulkan, maka selanjutnya dilakukan perancangan model bak menggunakan *software* Autodesk Inventor.

3. Menghitung distribusi beban

Setelah berat dan material sudah ditentukan, dilakukan perhitungan distribusi berat total truk, bak dan material yang diangkut pada *axle* depan dan *axle* belakang dengan metode kesetimbangan gaya dan kesetimbangan momen.

4. Distribusi beban

Besar distribusi beban yang terjadi pada *axle* depan *axle* belakang, kemudian dibandingkan dengan beban izin maksimal *axle* depan dan belakang truk yang tercantum dalam spesifikasi truk. Jika distribusi beban yang terjadi kurang dari atau sama dengan beban maksimal *axle* truk, maka desain bak tidak melebihi dari batasan yang sudah ditetapkan.

5. 3D *modelling* menggunakan Autodesk Inventor

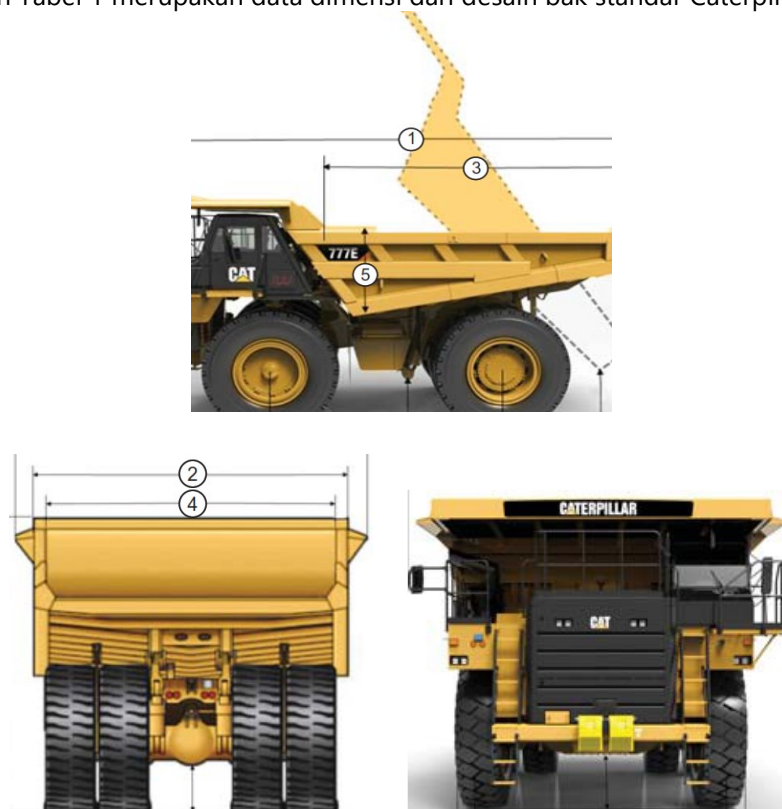
Selanjutnya dilakukan desain akhir dalam bentuk model 3D bak *dump* truk dengan *software* Autodesk Inventor. Sebaliknya jika distribusi beban yang terjadi melebihi beban maksimal yang diizinkan *axle* truk, maka dilakukan perubahan desain awal bentuk bak dan estimasi berat bak.

6. Metode elemen hingga menggunakan Ansys

Metode elemen hingga, atau yang lebih dikenal dengan *finite element method* (FEM), merupakan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan *engineering* dengan cara membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Dalam hal ini FEM digunakan untuk memvalidasi kekuatan struktur dari desain yang telah dibuat. Pada metode FEM ini *software* yang akan digunakan yaitu Ansys.

2.1 Desain Orisinal Caterpillar

Gambar 2 dan Tabel 1 merupakan data dimensi dari desain bak standar Caterpillar 777D.



Gambar 2. Desain Orisinal Caterpillar 777D [11]

Tabel 1. Dimensi Bak Caterpillar 777D [11]

No	Keterangan	Dimensi (mm)
1	Panjang total bak	9.555
2	Lebar total bak	5.524
3	Panjang bagian dalam bak	6.870
4	Lebar bagian dalam bak	5.200
5	Tinggi bagian dalam bak	1.895

Untuk data berat standar Caterpillar 777D dapat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Berat Standar Caterpillar 777D [11]

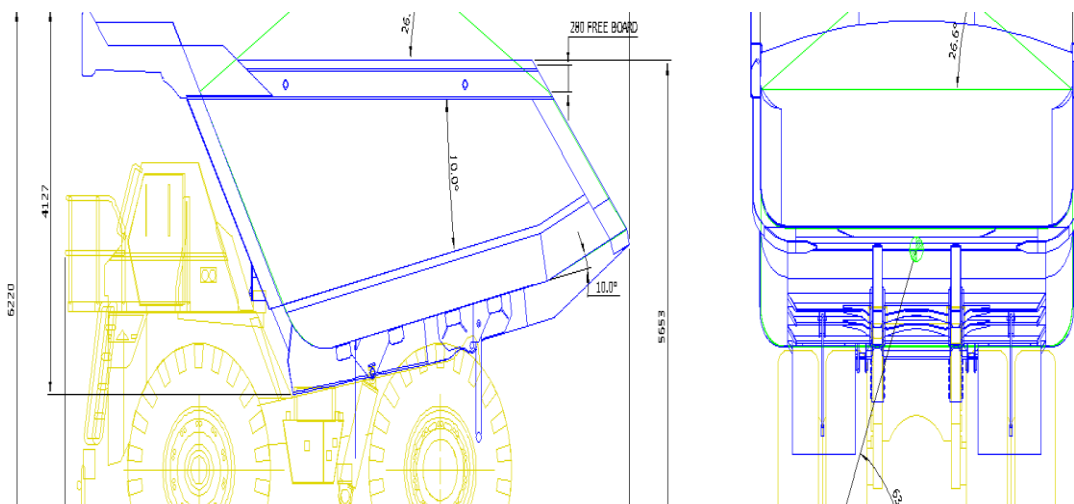
Keterangan	Berat (kg)
Berat kosong	51.414
Berat bak	16.070
Berat muatan	95.876
Berat total keseluruhan	163.360

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Hasil Desain

Hasil desain terbagi menjadi 2 yaitu desain 2D dan 3D. Desain 3D merupakan terusan dari hasil gambar 2D yang diwujudkan menjadi gambar 3D.

3.1.1. Hasil Desain 2D



Gambar 3. Desain Orisinil Caterpillar 777D

Pada Gambar 3 di atas merupakan desain 2D Caterpillar 777D dengan *payload* volume 120 m³. Perbandingan dimensi bak pada standar dengan desain baru akan ditunjukkan pada Tabel 3 di bawah ini.

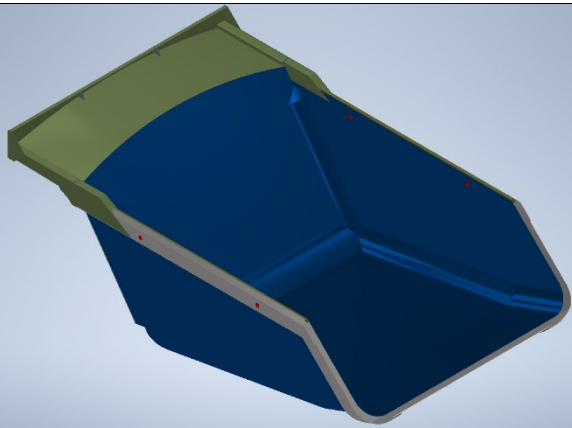
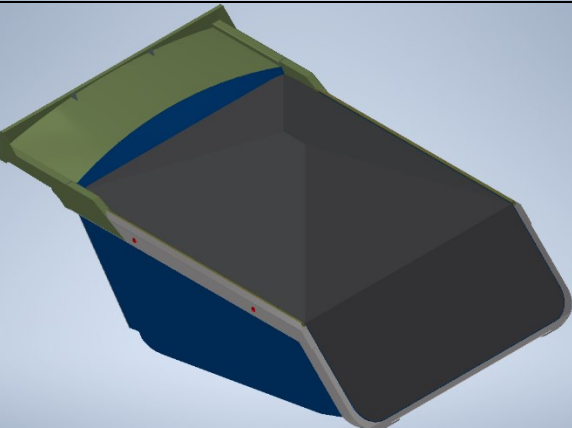
Tabel 3. Dimensi Bak Caterpillar 777D Standar Dan Desain

Keterangan	Dimensi Standar (mm)	Dimensi Desain (mm)
Panjang total bak	9.555	10.424
Lebar total bak	6.056	6.284
Panjang bagian dalam bak	6.920	8.071
Lebar bagian dalam bak	5.200	5.916
Tinggi bagian dalam bak	1.895	2.733
Tinggi Total Bak dan Truk	5.177	6.220

3.1.2. Hasil Desain 3D dan Berat

Tabel 4 merupakan desain 3D bak Caterpillar 777D dengan kapasitas 120 m³.

Tabel 4. Desain 3D Bak Caterpillar 777D Terbaru

Keterangan	Desain (mm)
Body	
Body with Load	

Untuk perbandingan berat pada *body* standar dengan *body* desain terbaru terdapat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Perbandingan Berat Pada *Body* Standar Dengan *Body* Desain Terbaru

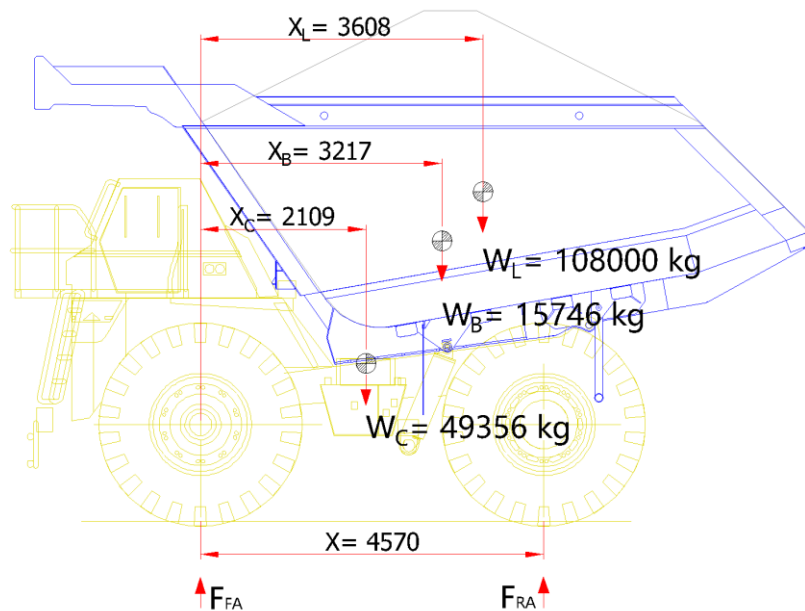
Keterangan	Berat Standar (kg)	Payload Standar	Berat Desain (kg)	Payload Desain
Berat Kosong	51.414	60 m ³	51.414	120 m ³
Berat Bak	16.070		15.746	
Berat Muatan	96.876		108.000	
Berat Total Keseluruhan	163.360		175.160	

3.2 Perhitungan Distribusi Beban yang Diizinkan

Setelah desain 3D dan analisis berat pada desain bak yang baru sudah didapatkan, langkah selanjutnya melakukan perhitungan distribusi beban pada *axle* depan dan *axle* belakang Caterpillar 777D.

3.2.1. Perhitungan Berat dan Menentukan Titik Berat *Chassis*

Gambar 4 di bawah ini adalah titik berat *chassis* pada Caterpillar 777D.



Gambar 4. Titik Berat Chassis Caterpillar 777D

Berat <i>body</i>	$W_B = 15.746 \text{ kgf}$
Berat <i>chassis</i>	$W_C = 49.356 \text{ kgf}$
Berat muatan	$W_L = 108.000 \text{ kgf}$
Berat total dengan muatan	$W = W_B + W_C + W_L = 173.102 \text{ kgf}$
Berat total standar	$W_{MAX} = 163.360 \text{ kgf}$
Jarak dari <i>front axle</i> ke <i>rear axle</i>	$X = 4.570 \text{ mm}$
Jarak dari <i>front axle</i> ke titik berat <i>body</i>	$X_B = 3.217 \text{ mm}$
Jarak dari <i>front axle</i> ke titik berat <i>chassis</i>	$X_C = 2.109 \text{ mm}$
Jarak dari <i>front axle</i> ke titik berat muatan	$X_L = 3.608 \text{ mm}$
<i>Allowance</i> payload 20%	$W_A = 95.875 \text{ kgf} \times 0,2 = 19175 \text{ kgf}$

Untuk mendapatkan beban pada *rear axle* dapat dihitung sebagai berikut.

$$F_{RA} = \frac{W_C \cdot X_C + W_B \cdot X_B + W_L \cdot X_L}{X} = 119.127 \text{ kgf} \quad (1)$$

Untuk mendapatkan beban pada *front axle* dapat dihitung sebagai berikut.

$$F_{FA} = W_C + W_B + W_L - F_{RA} = 53.975 \text{ kgf} \quad (2)$$

Beban maksimal yang diizinkan di *front axle* dapat dihitung sebagai berikut.

$$F_{FA(MAX)} = 33\% \times (W_{MAX} + W_A) = 60.236 \text{ kgf} \quad (3)$$

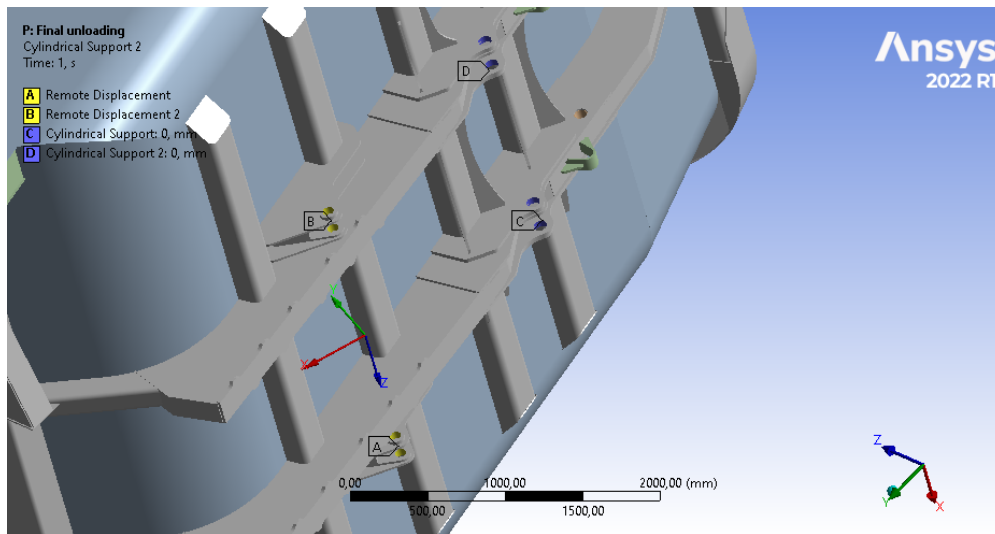
Beban maksimal yang diizinkan di *rear axle*

$$F_{RA(MAX)} = 67\% \times (W_{MAX} + W_A) = 122.299 \text{ kgf} \quad (4)$$

3.3 Analisis Metode Elemen Hingga

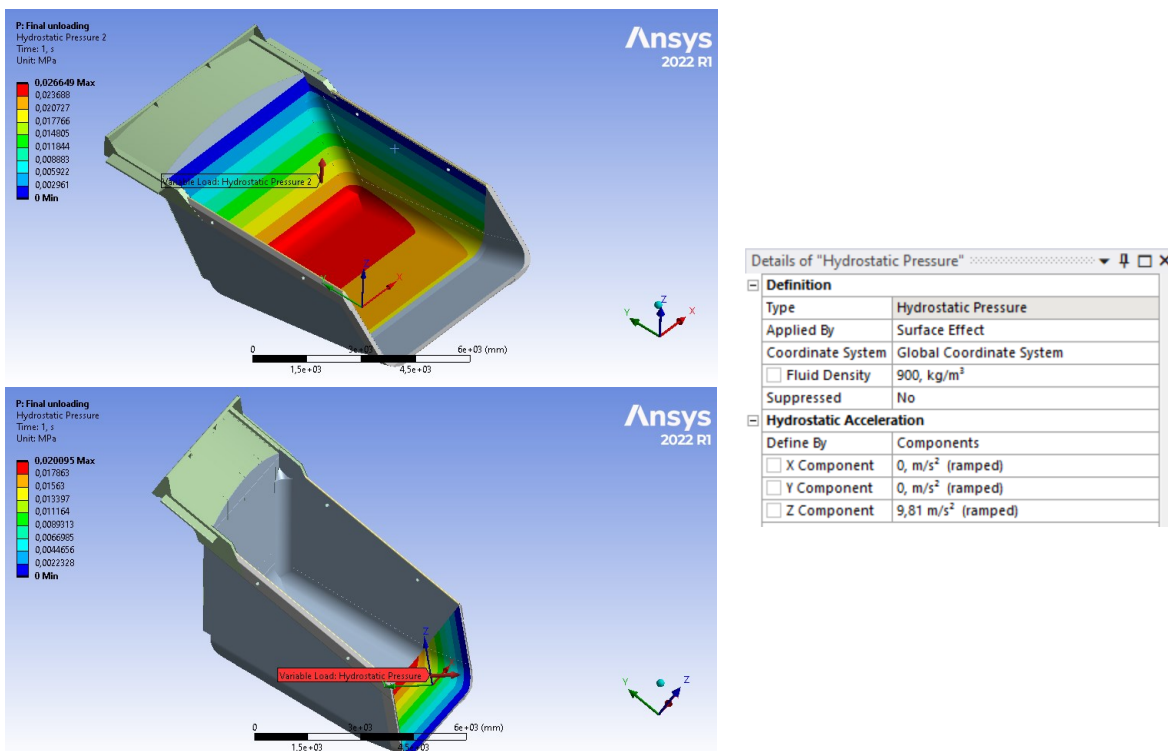
Setelah rancangan sudah dibuat maka selanjutnya diperlukan analisis pada kekuatan bak metode yang digunakan yaitu metode elemen hingga dengan menggunakan *software* Ansys 2022.

Skenario pembebanan yang dilakukan yaitu pada saat truk dengan kondisi *dumping* saat *unloading* material. Area yang menjadi tumpuan yaitu bagian bawah *bracket hoist cylinder* dan lubang pada pivot dengan jenis tumpuan yaitu *remote displacement* dan *cylindrical support* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 di bawah ini.

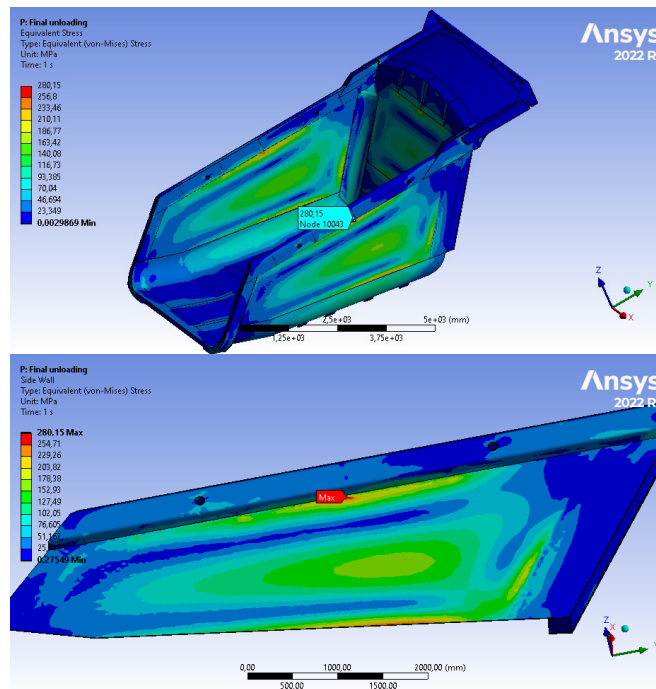


Gambar 5. Tumpuan Pembebanan

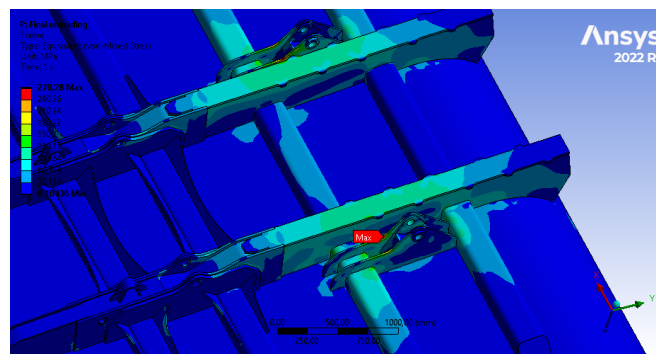
Jenis pembebanan yang dimasukkan yaitu hidrostatis alasan menggunakan jenis pembebanan ini karena jenis ini yang paling mendekati dengan teori rankine dengan mengabaikan koefisien pengalinya maka beban yang dimasukkan sedikit lebih besar sehingga hasil analisa sedikit lebih besar dari aktualnya. Densitas material batu bara yang digunakan yaitu sebesar 0,9 ton/m³ atau 900 kg/m³ dan gaya gravitasi sebesar 9,81 m/s² seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6. Pembebanan Hidrostatis



Gambar 7. Hasil Von Mises Stress Total



Gambar 8. Hasil Von Mises Stress Frame

Gambar 5, 6, 7 dan 8 di atas merupakan hasil *von mises stress*. Pada Gambar 6 di atas tegangan maksimal yang didapatkan pada seluruh bagian bak adalah sebesar 280,15 MPa pada daerah dinding samping dan untuk bagian *frame* tegangan maksimalnya yaitu sebesar 270,28 MPa yang terdapat pada *bracket hoist cylinder* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7 di atas.

Setelah mengetahui tegangan maksimal maka selanjutnya yaitu menghitung *safety factor*.

$$Safety\ factor\ (S_f) = \frac{Kekuatan\ sebenarnya}{Kekuatan\ yang\ dibutuhkan} \quad (5)$$

Kekuatan yang dibutuhkan (material)

Bisalloy structural 80 steel (frame) = 690 MPa

Bisalloy wear 400 steel (dinding) = 1.190 MPa

Kekuatan sebenarnya (*frame*) = 270,28 MPa

Kekuatan sebenarnya (*dinding*) = 280,15 MPa

Safety factor pada *bisalloy structural 80 steel*

$$Safety\ factor\ (S_f) = \frac{690\ MPa}{270,28\ MPa} = 2,55$$

Safety factor pada *bisalloy wear 400 steel*

$$\text{Safety factor } (S_f) = \frac{1190 \text{ MPa}}{280,15 \text{ MPa}} = 4,24$$

Dengan nilai *safety factor* pada kedua material yaitu sebesar 2,55 dan 4,24 maka desain dapat dikatakan aman karena *safety factor* tidak kurang dari 1 atau kekuatan material.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian optimalisasi *desain dump* truk Caterpillar 777D untuk pengangkutan batu bara dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis desain bak *dump* truk Caterpillar 777D untuk pengangkutan batu bara dengan massa jenis 0,9 ton/m³ terdapat peningkatan kapasitas volume muatan sebesar 100% dari volume standar yaitu sebesar 60 m³ menjadi sebesar 120 m³.
2. Pada perhitungan distribusi beban terhadap *front axle* dan *rear axle* yang dilakukan membuktikan bahwa beban yang diterima pada kedua *axle* sudah mendekati beban maksimal yang diizinkan Caterpillar 777D dan dapat dikatakan aman karena masih belum melebihi beban maksimal yang diizinkan Caterpillar 777D.

5. Daftar Pustaka

- [1] H. Nugroho, "Coal as the national energy supplier forward: What are policies to be prepared?," *J. Perencanaan Pembangunan: The Indonesian Journal of Development Planning*, vol. 1, no. 1, pp. 1–13, 2017.
- [2] Q. Ayyun, R. Juniah, and Marwandi, "Analisis Kelayakan Investasi Penambangan Batubara Di PT Cipta Kridatama Site PT KIM, Kabupaten Bungo, Provinsi Jambi," *J. Teknologi Mineral dan Batubara*, vol. 19, no. 1, pp. 57–72, 2023.
- [3] S. E. Wijarnoko, A. Komariah, and B. Wibowo, "Analisis FMEA Pada Unit Dump Truck CAT 777E," *JAPTI J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–20, 2020.
- [4] M. A. Suprpto, E. Prabowo, and A. Rakhman "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kelayakan Investasi Pada Pertambangan Batubara PT Keritang Buana Mining (KBM) Kecamatan Kemuning Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau," *J. Mine Magazine*, vol. 1, no. 2, pp. 1–12, 2020.
- [5] A. . Prasmoro and S. Hasibuan, "Optimasi Kemampuan Produksi Alat Berat Dalam Rangka Produktifitas Dan Keberlanjutan Bisnis Pertambangan Batubara: Studi Kasus Area Pertambangan Kalimantan Timur," *Oper. Excell. J. Appl. Ind. Eng.*, vol. 10, no. 1, pp. 1–16, 2018.
- [6] S. A. F. Sitanger, syahrudin, and M. K. Syafrianto, "Kajian Teknis Produktivitas Alat Angkut Hino Fm 260 Jd Pada Penambangan Galena Pt Kapuas Prima Coal, Tbk Kabupaten Lamandau Provinsi Kalimantan Tengah," *J. Mhs. Tek. Sipil*, vol. 6, no. 1, pp. 12–22, 2019.
- [7] S. E. Wijarnoko, A. Komariah, and B. Wibowo, "Analisis FMEA Pada Unit Dump Truck CAT 777E," *JAPTI J. Apl. Ilmu Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 11–20, 2020.
- [8] N. Oemiati, Revisdah, and Rahmawati, "Analisa Produktivitas Alat Gali Muat dan Alat Angkut Pada Pengupasan Lapisan Tanah Penutup (Overburden)," *Bearing: J. Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, vol. 6, no. 3, pp. 194–207, 2020.
- [9] D. D. Satriawan, "Pengelolaan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara Pasca Berlakunya Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2020 Tentang Cipta Kerja," *J. Esensi Hukum.*, vol. 3, no. 2, pp. 123–133, 2021.
- [10] G. G. Sahuleka, and B. Sugito, "Analisis Produktivitas Excavator Dan Dump Truck Pada Proses Pengisian Tongkang Di PT XYZ," *J. SNTEM.*, vol. 2, pp. 753–761, 2022.
- [11] Caterpillar, "777D Off-Highway Truck," *Caterpillar.Inc*, Illinois, USA, 2017.