

Analisis Distribusi Beban pada Truk *T-Way* 8x4 dengan Gradien 1% sampai dengan 30%

Syaiful Hadi^{1,*}, Soeparno Djiwo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang, Jawa Timur, Indonesia

Kata kunci

Dump Truck
Distribusi Beban
Gradien Jalan
Titik Berat
Kestabilan

ABSTRAK

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil batu bara terbesar di dunia, di mana sektor pertambangan memegang peran penting dalam perekonomian nasional. *Dump truck* seperti *t-way* 8x4 digunakan untuk mengangkut material tambang seperti batu bara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis distribusi beban dan kestabilan kendaraan pada medan pertambangan dengan variasi gradien kemiringan antara 1% hingga 30%. Metode kuantitatif digunakan berdasarkan spesifikasi teknis dan observasi lapangan dari PT Chakra Jawara. Analisis meliputi perhitungan titik pusat massa (*Center of Gravity*), distribusi beban antara gandar depan dan belakang, serta evaluasi kestabilan kendaraan pada kondisi jalan datar, menanjak, dan menurun. Hasil menunjukkan bahwa peningkatan gradien berpengaruh signifikan terhadap pergeseran beban dan kestabilan kendaraan. Penelitian ini menyarankan batas maksimum gradien dan muatan untuk operasi yang aman.

* **Corresponding author:**
Syiaiful Hadi (email: syaifulh787@gmail.com)

Diterima: 15 Agustus 2025

Disetujui: 24 Maret 2026

Dipublikasikan: 31 Maret 2026

1 Pendahuluan

Batu bara di Indonesia merupakan satu komoditas tambang utama yang memiliki peran penting dalam perekonomian nasional. Batu bara adalah salah satu jenis bahan bakar fosil yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan purba yang mengalami proses pembatubaraan selama jutaan tahun di bawah tekanan dan suhu tinggi yang terdiri dari karbon, hydrogen, oksigen, nitrogen, dan unsur-unsur lain dalam jumlah kecil. Secara umum, batu bara dibedakan berdasarkan kandungan karbon dan tingkat kekerasannya.

Cadangan batu bara di Indonesia masih 38,84 miliar ton, berdasarkan data Minerba One Data Indonesia (MODI), per 26 Juli 2021 realisasi produk batu bara Indonesia sebesar 328,75 juta ton dengan rincian 96,81 juta ton (realisasai domestik), 161,99 juta ton (realisasi ekspor), dan 52,22 juta ton untuk Domestic Market Obligation [3].

Pertambangan secara umum terdiri dari proses-proses penyelidikan umum (prospeksi), eksplorasi, penambangan, pengolahan, pengangkutan, dan pemasaran. Dalam hal ini alat transportasi proses pengangkutan batu bara termasuk salah satu factor penting dalam industry pertambangan. Sarana-sarana seperti kendaraan pengangkut memegang peranan penting dalam kelancaran distribusi hasil tambang.

Dalam dunia pertambangan batu bara, penggunaan alat berat merupakan hal yang mutlak. Penggunaan alat berat pada penambangan batu bara merupakan salah satu pekerjaan yang membutuhkan kemampuan produksi alat berat yang optimal, karena terdapat pekerjaan galian, timbunan dan pengangkutan material dengan volume yang besar. Salah satu upaya untuk mencegah terjadinya insiden adalah dengan mengikuti dan mempertimbangkan standar operasional dari suatu pekerjaan tersebut. Kendaraan yang digunakan untuk mengangkut hasil pertambangan disebut *dump truck*. *Dump truck* merupakan salah satu alat berat yang sangat penting dalam pemindahan material batu bara dari satu tempat ke tempat lain, dengan demikian *t-way* 8x4 merupakan *dump truck* dengan kapasitas angkut sebesar 35 m³.

Coal truck memiliki distribusi beban yang disesuaikan dengan jumlah muatan yang dibawa. Kondisi medan dan *gradient* dari suatu tambang juga mempengaruhi distribusi beban dari *coal truck*, *gradient* atau kemiringan akan mempengaruhi titik pergeseran beban. Semakin miring medan maka akan berpengaruh pada distribusi beban truk, dimana *coal* (batu-bara) yang berada di dalam *dump truck* akan bergeser di tempat yang lebih rendah dari pada di tempat yang lebih tinggi, kondisi ini akan menyebabkan distribusi beban karena beban atau muatan yang dimuat tidak merata pada *dump truck*. Distribusi beban dan kestabilan kendaraan merupakan faktor krusial dalam keselamatan dan efisiensi operasi. Penelitian ini fokus pada pengaruh gradien jalan terhadap distribusi beban dan titik pusat massa truk.

2 Metode Penelitian

Penelitian tentang analisa distribusi beban pada truk t-way 8x4 dengan gradien 1% sampai dengan 30% ini dilakukan ketika mahasiswa melakukan magang di PT Chakra Jawara dari bulan 1 Desember 2024 kemudian dilanjutkan dengan penyusunan laporan tugas akhir sampai tanggal 3 Juni 2025.

Analisis yang dilakukan meliputi 2 tahapan, tahapan pertama persiapan bahan yang diuji yaitu truk t-way 8x4 dengan spesifikasi pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Data spesifikasi truk t-way 8x4

Deskripsi	Nilai
<i>Axle capacity front</i> (Kg)	18000
<i>Axle capacity rear</i> (Kg)	32000
(<i>Gross Vehicle Weight</i>) GVW (Kg)	50000
<i>Mid wheelbase</i> (mm)	3953
<i>Rear wheelbase</i> (mm)	1380
<i>Technical wheelbase</i> (mm)	5581
<i>Payload Max</i> (kg)	31500
<i>Kerb wight front axle</i> (kg)	7045
<i>Kerb wight rear axle</i> (kg)	3719
<i>Total kerb weight</i> (kg)	10764
<i>COG vehicle from rear axle</i> (mm)	3653
<i>Load (Coal) Dencity</i> (Kg/m ³)	0,9

(Sumber : Syaiful H, 2025)

Tahapan yang kedua perhitungan distribusi beban dengan menggunakan dasar-dasar teori. Langkah ini dimana total dari keseluruhan beban dijumlahkan kemudian mendapatkan hasil untuk menentukan analisa keselamatan dari batas aman yang telah ditentukan, hal ini sangat penting dalam memastikan keamanan kendaraan guna menjaga keselamatan dan efisiensi operasional.

Distribusi beban pada keadaan datar merupakan langkah untuk mengetahui tinggi *center of gravity* (*unit*, *driver*, *attachment*, dan *payload*) dan jarak *center of gravity* ke poros belakang kendaraan, yang diperoleh dari *weight distribution* dari roda depan dan belakang sebagai persiapan data untuk mendapatkan hasil yang akurat. Langkah ini dilakukan sebelum melakukan analisa distribusi beban pada medan menanjak dan menurun. Dengan menggunakan persamaan berikut :

$$Unit \text{ (T-Way 8x4)} = \frac{\text{Weight Unit} \times \text{COG Rear Axle}}{\text{Technical Wheelbase}} \text{ (Kg)} \quad (1)$$

Keterangan : *Weight* = Berat dari setiap bagian atau komponen

COG Rear Axle = Jarak antara titik *center of gravity* ke *rear axle* atau gandar belakang

Technical Wheel Base = Jarak antara sumbu gardar depan ke trunion. Untuk perhitungan pembebanan ke masing-masing gardan

Distribusi beban pada medan menanjak merupakan langkah untuk mengetahui berapa beban yang diterima gandar belakang dan seberapa tingkat keamanan truk t-way 8x4 dengan muatan yang ditampung dan situasi jalan menanjak (*gradient*). Situasi ini mengakibatkan beban cenderung mengarah kebelakang, sehingga kondisi tersebut dapat mempengaruhi tenaga dan faktor resiko keselamatan dari kendaraan tersebut. Dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Weight distribution} = \frac{(\text{Weight} \times \text{Cosa} \times \text{COG}) - (\text{Weight} \times \text{Sina} \times \text{Height of COG})}{\text{Technical Wheelbase}} \text{ (Kg)} \quad (2)$$

Keterangan : *Weight* = Berat dari setiap bagian atau komponen

Cosa = Nilai *cosinus* dari suatu sudut (*Angle Road*)

Sina = Nilai *sinus* dari suatu sudut (*Angle Road*)

Center Of Gravity (COG) = Jarak antara titik *center of gravity* ke *rear axle* atau gandar belakang

Height Of COG = Jarak tinggi *center of gravity* dari tanah

Technical Wheel Base = Jarak antara sumbu gardar depan ke trunion. Untuk perhitungan pembebanan ke masing-masing gardan

Distribusi beban pada medan menurun merupakan langkah untuk mengetahui berapa beban yang diterima gandar depan dan seberapa tingkat keamanan truk t-way 8x4 dengan muatan yang ditampung dan situasi jalan menurun (*gradient*). Pada situasi ini mengakibatkan beban akan cenderung ke arah depan kendaraan, hal tersebut mengakibatkan peningkatan tekanan pada sumbu depan. Namun hasil yang didapat akan berbeda dengan situasi pada medan menanjak. Dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\text{Weight distribution} = \frac{(\text{Weight} \times \text{Cosa} \times \text{COG}) + (\text{Weight} \times \text{Sina} \times \text{Height of COG})}{\text{Technical Wheelbase}} \text{ (Kg)} \quad (3)$$

Keterangan : *Weight* = Berat dari setiap bagian atau komponen

Cosa = Nilai *cosinus* dari suatu sudut (*Angle Road*)

Sina = Nilai *sinus* dari suatu sudut (*Angle Road*)

Center Of Gravity (COG) = Jarak antara titik *center of gravity* ke *rear axle* atau gandar belakang

Height Of COG = Jarak tinggi *center of gravity* dari tanah

Technical Wheel Base = Jarak antara sumbu gardar depan ke trunion. Untuk perhitungan pembebanan ke masing-masing gardan.

Penentuan variabel digunakan untuk membandingkan hasil pengujian. Variasi dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas (*gradient* atau kemiringan kondisi medan), variabel terikat (distribusi beban dan kestabilan beban, jumlah muatan yang diangkut), dan variabel terkontrol (jenis truk merupakan t-way 8x4, Kemampuan beban yaitu $\geq 20\%$, Jenis *coal* adalah batu bara dengan density 0,9 KG/L).

3 Hasil dan Pembahasan

3.1 Data Hasil Analisa Distribusi Beban Pada Medan Datar

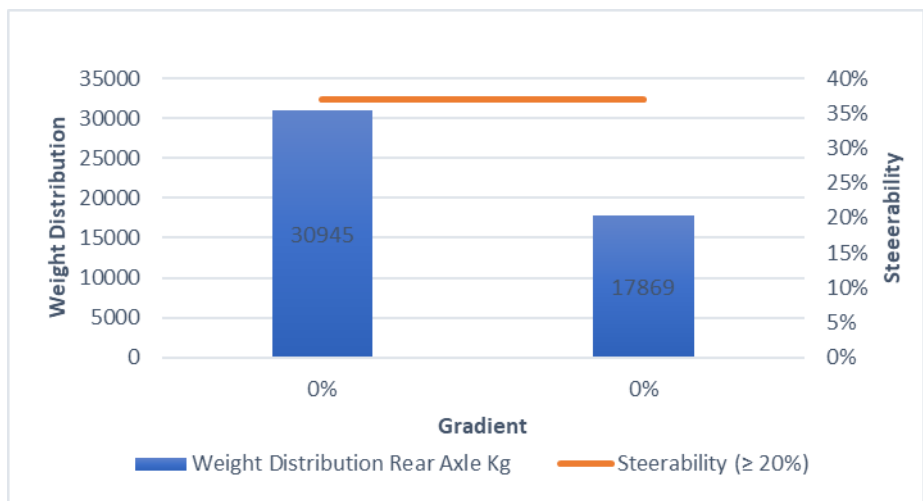
Hasil analisa distribusi beban pada medan datar dibuat dalam Table 2 yang menunjukkan nilai dari batas aman maksimal unit untuk memastikan keamanan kendaraan guna menjaga keselamatan dan efisiensi operasional. Selain itu pengaruh dari *gradient*/ kemiringan jalan juga mempengaruhi distribusi beban daripada unit tersebut. Analisa distribusi beban pada keadaan datar merupakan langkah untuk mengetahui besarnya distribusi beban pada gandar depan dan belakang.

Tabel 2 Nilai distribusi beban pada medan datar

Description	Berat Front Axle (Kg)	Berat Rear Axle (Kg)	Total Berat Axle (Kg)
Unit Truk	6.974	3.625	10.599
Driver	105	-20	85
Attachment	1.929	4.701	6.630
Payload (Coal)	8.861	22.639	31.500
Total Distribusi	17.869	30.945	48.814
Kapasitas Axle	18.000	32.000	50.000
Performance (%)	-1%	-3%	-2%
Steerability ($\geq 20\%$)			37%

(Sumber : Syaiful H, 2025)

Dari data hasil dan nilai distribusi beban pada medan datar pada tabel 2, maka data ini yang akan dibuat grafik untuk memberikan gambaran visual mengenai distribusi beban dan stabilitas yang dibuat pada gambar 1.



Gambar 1 *Weight distribution and steerability* pada medan datar
(Sumber : Syaiful H, 2025)

Gambar 1 Grafik *weight distribution and steerability* pada medan datar menunjukkan pada warna biru beban pada gandar depan (*front axle*) sebesar 17.869 kg dan gandar belakang (*rear axle*) sebesar 30.945 kg, nilai ini masih di bawah kapasitas maksimum axle (18.000 kg untuk depan dan 32.000 kg untuk belakang). Dan nilai *steerability* pada warna orange tercatat 37% jauh di atas batas minimum 20% maka truk aman dan stabil secara kendali di jalan datar dan dinyatakan safe atau aman untuk melakukan aktivitas pada medan datar.

3.2 Data Hasil Analisa Distribusi Beban Pada Medan Menanjak

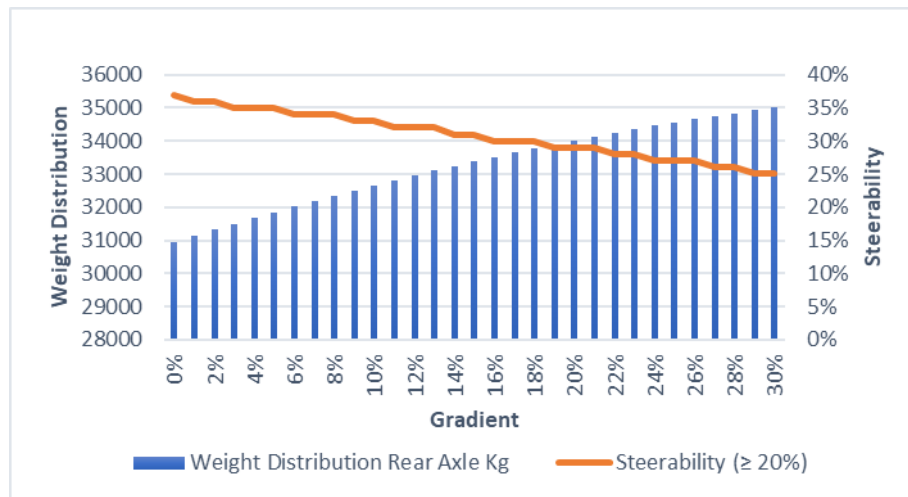
Hasil analisa distribusi beban pada medan menanjak dibuat dalam Table 3 yang menunjukkan nilai beban yang diterima gandar belakang dan tingkat keamanan truk t-way 8x4 dengan muatan yang ditampung dan situasi jalan menanjak (*gradient*).

Tabel 3 Nilai distribusi beban pada medan menanjak

WEIGHT DISTRIBUTION						STEERABILITY (≥ 20%)
FRONT AXLE		REAR AXLE		TOTAL		
Kg	%	Kg	%	Kg	%	
17679	-2%	31133	-3%	48812	-2%	36%
17489	-3%	31315	-2%	48804	-2%	36%
17298	-4%	31494	-2%	48792	-2%	35%
17105	-5%	31670	-1%	48775	-2%	35%
16911	-6%	31842	0%	48753	-2%	35%
16715	-7%	32011	0%	48726	-3%	34%
16518	-8%	32177	1%	48695	-3%	34%
16319	-9%	32339	1%	48659	-3%	34%
16119	-10%	32498	2%	48617	-3%	33%
15918	-12%	32653	2%	48572	-3%	33%
15716	-13%	32805	3%	48521	-3%	32%
15513	-14%	32954	3%	48466	-3%	32%
15308	-15%	33099	3%	48407	-3%	32%
15103	-16%	33240	4%	48343	-3%	31%
14896	-17%	33377	4%	48274	-3%	31%
14689	-18%	33512	5%	48201	-4%	30%
14482	-20%	33642	5%	48124	-4%	30%
14273	-21%	33769	6%	48042	-4%	30%
14064	-22%	33892	6%	47956	-4%	29%
13854	-23%	34012	6%	47866	-4%	29%
13644	-24%	34128	7%	47772	-4%	29%
13434	-25%	34240	7%	47674	-5%	28%
13223	-27%	34349	7%	47572	-5%	28%
13011	-28%	34455	8%	47466	-5%	27%
12800	-29%	34556	8%	47357	-5%	27%
12589	-30%	34655	8%	47243	-6%	27%
12377	-31%	34749	9%	47126	-6%	26%
12165	-32%	34841	9%	47006	-6%	26%
11954	-34%	34928	9%	46882	-6%	25%
11743	-35%	35013	9%	46755	-6%	25%

(Sumber : Syaiful H, 2025)

Dari data hasil dan nilai distribusi beban pada medan menanjak pada tabel 3, maka data ini yang akan dibuat grafik untuk memberikan gambaran visual mengenai distribusi beban dan stabilitas yang dibuat pada gambar 2.



Gambar 2 *Weight distribution and steerability* pada medan menanjak
(Sumber : Syaiful H, 2025)

Gambar 2 Grafik *weight distribution and steerability* pada medan menanjak menunjukkan pada warna biru beban cenderung beralih ke rear axle, ketika medan mengalami peningkatan kemiringan (gradient) dari 0% hingga 30%, beban semakin bergeser ke gandar belakang. Pada warna oranye menunjukkan steerability turun secara bertahap dari 37% menjadi 25% seiring peningkatan gradient, dan muatan truk tersebut dinyatakan tetap aman untuk melakukan aktivitas pada medan menanjak hingga 30%, tetapi kemampuan kemudi menurun karena berkurangnya beban di axle depan.

3.3 Data Hasil Analisa Distribusi Beban Pada Medan Menurun

Hasil analisa distribusi beban pada medan menurun dibuat dalam Table 4 yang menunjukkan nilai beban yang diterima gandar depan dan tingkat keamanan truk t-way 8x4 dengan muatan yang ditampung dan situasi jalan menurun (*gradient*).

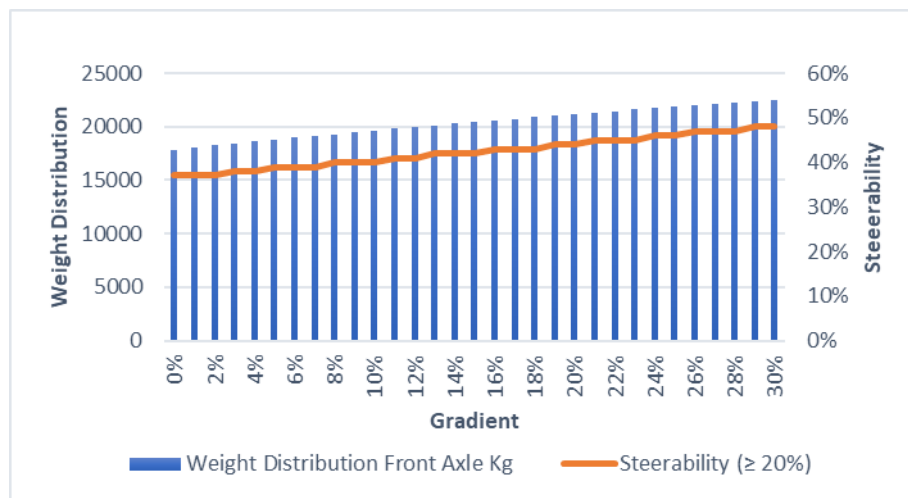
Tabel 4 Nilai distribusi beban pada medan menurun

WEIGHT DISTRIBUTION						STEERABILITY (≥ 20%)
FRONT AXLE		REAR AXLE		TOTAL		
Kg	%	Kg	%	Kg	%	
18053	0%	30759	-4%	48812	-2%	37%
18237	1%	30567	-4%	48804	-2%	37%
18419	2%	30373	-5%	48792	-2%	38%
18599	3%	30176	-6%	48775	-2%	38%
18778	4%	29975	-6%	48753	-2%	39%
18954	5%	29772	-7%	48726	-3%	39%
19128	6%	29567	-8%	48695	-3%	39%
19300	7%	29358	-8%	48659	-3%	40%
19470	8%	29147	-9%	48617	-3%	40%
19638	9%	28934	-10%	48572	-3%	40%
19803	10%	28718	-10%	48521	-3%	41%
19966	11%	28500	-11%	48466	-3%	41%
20127	12%	28280	-12%	48407	-3%	42%
20286	13%	28057	-12%	48343	-3%	42%
20442	14%	27832	-13%	48274	-3%	42%
20595	14%	27606	-14%	48201	-4%	43%

WEIGHT DISTRIBUTION						STEERABILITY (≥ 20%)
FRONT AXLE		REAR AXLE		TOTAL		
Kg	%	Kg	%	Kg	%	
20746	15%	27377	-14%	48124	-4%	43%
20895	16%	27147	-15%	48042	-4%	43%
21041	17%	26915	-16%	47956	-4%	44%
21185	18%	26681	-17%	47866	-4%	44%
21327	18%	26445	-17%	47772	-4%	45%
21465	19%	26209	-18%	47674	-5%	45%
21602	20%	25970	-19%	47572	-5%	45%
21735	21%	25731	-20%	47466	-5%	46%
21866	21%	25490	-20%	47357	-5%	46%
21995	22%	25248	-21%	47243	-6%	47%
22121	23%	25005	-22%	47126	-6%	47%
22245	24%	24762	-23%	47006	-6%	47%
22365	24%	24517	-23%	46882	-6%	48%
22484	25%	24271	-24%	46755	-6%	48%

(Sumber : Syaiful H, 2025)

Dari data hasil dan nilai distribusi beban pada medan menurun pada tabel 4, maka data ini yang akan dibuat grafik untuk memberikan gambaran visual mengenai distribusi beban dan stabilitas yang dibuat pada gambar 3.



Gambar 3 *Weight distribution and steerability* pada medan menurun
(Sumber : Syaiful H, 2025)

Gambar 3 Grafik *weight distribution and steerability* pada medan menurun menunjukkan pada warna biru beban cenderung berpindah ke axle depan. Dan pada warna orange menunjukkan nilai *steerability* meningkat dari 37% hingga mencapai 48%, maka pada medan menurun meningkatkan beban pada *front axle* dan meningkatkan kemampuan kemudi, namun tetap perlu pengendalian muatan agar tidak berlebih.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa distribusi beban serta nilai *steerability* pada truk t-way 8x4, dapat disimpulkan bahwa kendaraan ini mampu beroperasi secara aman dan stabil pada berbagai kondisi medan, baik datar, menanjak, maupun menurun. Distribusi beban menunjukkan bahwa beban pada *front* dan *rear axle* umumnya berada dalam batas kapasitas teknis yang ditetapkan, meskipun terdapat sedikit kelebihan pada kondisi ekstrem yang masih berada dalam toleransi. Nilai *steerability* selalu berada di atas batas minimum 20%, yang

menunjukkan kemampuan manuver kendaraan tetap baik. Pergeseran beban ke gandar belakang saat menanjak dan ke depan saat menurun masih dapat dikendalikan oleh desain kendaraan dan pusat massa yang proporsional. Dengan demikian, truk t-way 8x4 dinyatakan aman untuk digunakan di medan variatif, terutama dalam lingkungan industri dan pertambangan, dengan catatan pemantauan beban secara berkala tetap diperlukan.

5 Referensi

- [1] Akbar, R. Z., Haryanto, I., & Haryadi, G. D. Analisis Stabilitas Belok Bus Listrik Medium Dengan Variasi Kecepatan Dan Kondisi Jalan. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, 9(2), 261-272. Semarang, 2021.
- [2] Buku Pedoman Mekanik IVECO Bodybuilders. Trakker Euro 6 Bodybuilders Intruction. IVECO Bodybuilders, 2013.
- [3] Djamaluddin, R. Cadangan Batubara Masih 38,84 Miliar Ton, Teknologi Bersih Pengelolaannya Terus Didorong. Retrieved from esdm.go.id, Juli 26, 2021.
- [4] Hardjana, Muliasari, A., & Ma'arif, G. Z. Potensi Kecelakaan Pada Area Jalan Dengan Geometrik Alinyemen Vertikal Yang Disebabkan Oleh Berat Muatan Kendaraan Berlebih. *Jurnal Baruna Horizon*, 6(1), 2023.
- [5] Melinda, R., & Prastyanto, C. A. Evaluasi Nilai Distribusi Beban As Kendaraan Berdasarkan Data Aktual di Lapangan untuk Kendaraan dengan Konfigurasi Sumbu 1.2 H dan 1.2+2.2. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 17(1), 35-42. Surabaya, 2019.
- [6] Sartomo, A., & Rizky Lestari, P. D. Kajian Pemilihan Rollig Chasis Untuk Kendaraan Taksis Water Cannon Berdasarkan Analisa Distribusi Beban Kendaraan. *Jurnal Teknik Mesin Untirta*, 3(2), 37-42. Banten, 2017.
- [7] Sianipar, A. Analisis Distribusi Beban pada Kendaraan Angkutan Barang Sesuai dengan Konfigurasi Axle. *Warta Penelitian Perhubungan*, 32(1), 11-20. Jakarta Pusat, 2020.
- [8] Sukarnoto, T., Hambalya, R. S., & Maulana, M. I. Analisis Kekuatan Rear Axle Housing Truk Kategori II Dengan JBB 7,5 Ton Menggunakan Metode Elemen Hingga. 23(3), 44-50. Jakarta, 2021.