



ANALISA DISTRIBUSI BEBAN DAN KESTABILAN IVECO TRAKKER AD380T44WH 6X6 FUEL TRUCK 25KL DENGAN GRADIEN 1% SAMPAI DENGAN 30%

Gede Eka Wiraguna¹, Ir. Soeparno Djiwo, MT.¹

¹ Program Studi Teknik Mesin SI Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Iveco Trakker
Distribusi beban Kata
Gradient medan
Center of Gravity

ABSTRAK

Permasalahan pada truk fuel Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 di site tambang emas Banyuwangi disebabkan oleh ketidakseimbangan muatan akibat medan ekstrim dengan kemiringan bervariasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis distribusi berat dan kestabilan truk dengan kapasitas maksimum 25.000 liter pada kemiringan 1% hingga 30%. Analisis dilakukan dengan menghitung distribusi beban dan menentukan titik Center of Gravity (CoG) pada unit dan muatan truk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak hanya jumlah muatan, tetapi juga kemiringan medan sangat memengaruhi distribusi beban, kestabilan truk, serta risiko insiden seperti terguling atau standing. Pada medan dengan gradient tinggi, posisi CoG berubah sehingga meningkatkan potensi kehilangan stabilitas. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan distribusi muatan dan kondisi medan saat pengoperasian.

* **Corresponding author:**
Gede Eka Wiraguna (email: 2111050@scholar.itn.ac.id)

Diterima:

Disetujui:

Dipublikasikan:

1 Pendahuluan

Salah satu langkah untuk mencegah terjadinya insiden adalah dengan mematuhi serta mempertimbangkan standar operasional yang berlaku pada suatu pekerjaan. Di dunia pertambangan, penggunaan alat berat seperti truk sangat umum dijumpai dalam setiap proses operasional dan aktivitas tambang. Truk yang beroperasi pada medan yang berat akan mengalami pengaruh terhadap efisiensi, keandalan armada, serta kualitas komponen yang dimiliki. Salah satu kondisi ekstrim di area pertambangan adalah keberadaan medan dengan kemiringan atau gradien yang sulit untuk diprediksi sebelumnya. Perbedaan gradien di berbagai area tambang akan memberikan dampak pada performa serta operasional armada yang digunakan [1].

Stabilitas kendaraan adalah kondisi di mana kendaraan tetap dalam posisi diam atau bergerak tanpa tergelincir atau terguling, baik secara lateral maupun longitudinal. Stabilitas ini mencerminkan tingkat keamanan kendaraan, baik saat berhenti maupun bergerak pada kecepatan tertentu. Misalnya, jika kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi dan melakukan manuver tajam di tikungan atau mendaki tanjakan dengan sudut yang tidak sesuai dengan beban, kendaraan bisa terguling secara lateral atau mengalami standing. Kendaraan akan tetap stabil selama seluruh roda (depan/belakang, kanan/kiri) tetap menyentuh permukaan jalan. Kestabilan ini merupakan kondisi dimana ketidaktepatan pemberian beban *fuel truck* mempengaruhi keseimbangan dan kestabilan daripada titi beban dan distribusi beban truk tersebut. Kondisi ini menyebabkan truk mengeluarkan banyak tenaga untuk melakukan aktivitas serta resiko terjadinya insiden pada saat itu [1].

Titik berat adalah titik di mana massa total benda dapat dianggap terkonsentrasi. Pada setiap benda terdapat sebuah titik, titik tersebut menyatakan sebuah posisi pada benda. Apabila sebuah gaya diberikan pada benda tersebut, dan garis kerja gaya tersebut mengenai titik tersebut, dan mengakibatkan benda tersebut mengalami translasi. Titik-titik dengan kondisi seperti itu, dikatakan sebagai pusat masa [2]. Pada kendaraan berat seperti truk, semakin tinggi titik berat beban, semakin besar risiko truk terguling [3]. Pengaruh *center of gravity* (titik berat) pada kestabilan beban truk menunjukkan bahwa posisi titik berat yang tepat sangat penting dalam menjaga keseimbangan dan kestabilan truk, terutama saat melakukan tanjakan dan jalan dengan kondisi ekstrim. Dalam metode ini, nilai *Center Of Gravity* dapat ditentukan pada titik persimpangan semua garis tegak lurus yang ditarik

dari posisi lubang yang berbeda. Nilai *Center Of Gravity* dapat diperoleh dalam dua langkah. Pada langkah pertama, arah longitudinal posisi *Center Of Gravity* dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan kesetimbangan statis menggunakan bobot reaksi yang diukur di bawah ban kendaraan dengan bantuan platform penimbangan atau data yang sebelumnya telah diberikan atau diketahui [4].

Secara umum, truk biasanya digunakan untuk mengangkut hasil tambang, namun terdapat pula truk yang disiapkan untuk mendistribusikan bahan bakar yang dibutuhkan untuk mendukung aktivitas tambang, misalnya fuel truck. Fuel truck merupakan kendaraan khusus yang membawa bahan bakar seperti solar, bensin, atau jenis cairan lainnya. Pada penelitian ini, jenis fuel truck yang dikaji adalah Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 dengan kapasitas maksimum tangki sebesar 25.000 liter. Distribusi beban pada fuel truck diatur sesuai dengan jumlah muatan yang diangkut, di mana beban semakin stabil apabila truk memuat lebih banyak [5]. Kondisi medan serta gradien pada tambang turut berpengaruh pada distribusi beban fuel truck, sebab kemiringan akan memengaruhi titik berkumpulnya cairan di dalam tangki. Hal tersebut terjadi karena sifat cairan yang selalu mengikuti bentuk dan posisi wadahnya [1]. Dengan meningkatnya kemiringan medan, truk akan menjadi semakin tidak seimbang, sebab cairan di dalam tangki akan mengumpul pada sisi yang lebih rendah, sehingga distribusi beban menjadi tidak merata.

Penelitian ini membahas mengenai analisis perhitungan distribusi beban pada tangki fuel truck Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 berkapasitas 25 kl, di mana gradien yang diteliti berkisar dari 1% hingga 30% pada kondisi tambang emas di salah satu lokasi di Banyuwangi. Muatan tangki diisi secara maksimal pada medan dengan kemiringan mencapai 30% untuk menentukan standar operasi serta faktor keamanan penggunaan truk tersebut.

2 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PT Chakra Jawa, dengan objek unit Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 fuel truck kapasitas 25.000L. Data spesifikasi diambil dari unit operasional di tambang emas Bumi Suksesindo, Banyuwangi. Penelitian berbasis kuantitatif menggunakan:

- Observasi lapangan (pengukuran dan dokumentasi unit/truk)
- Studi literatur dan analisis teori distribusi beban serta Center of Gravity (CoG)
- Pengolahan data menggunakan Excel dan visualisasi diagram 2D (Inventor)
- Metode pengukuran beban sumbu (axle) pada medan datar, menurun, dan menanjak

Variabel bebas: gradient medan.

Variabel terikat: distribusi dan kestabilan beban.

Variabel kontrol: jenis truk dan jenis bahan bakar.

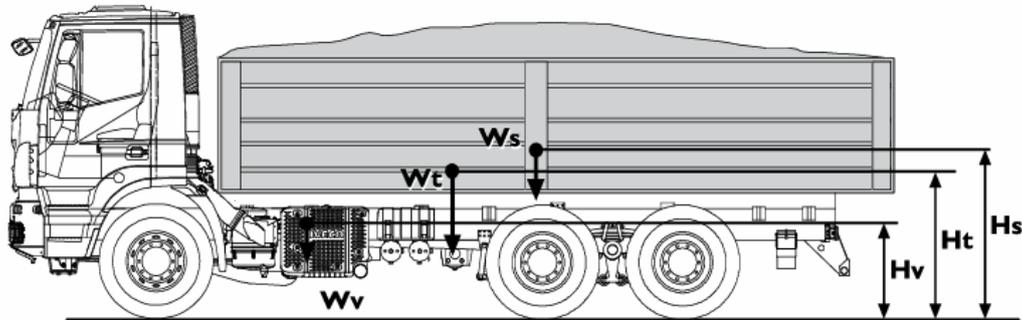
Stabilitas kendaraan adalah kondisi di mana kendaraan tetap dalam posisi diam atau bergerak tanpa tergelincir atau terguling, baik secara lateral maupun longitudinal. Stabilitas ini mencerminkan tingkat keamanan kendaraan, baik saat berhenti maupun bergerak pada kecepatan tertentu. Misalnya, jika kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi dan melakukan manuver tajam di tikungan atau mendaki tanjakan dengan sudut yang tidak sesuai dengan beban, kendaraan bisa terguling secara lateral atau mengalami standing. Kendaraan akan tetap stabil selama seluruh roda (depan/belakang, kanan/kiri) tetap menyentuh permukaan jalan. Kestabilan ini merupakan kondisi dimana ketidaktepatan pemberian beban *fuel truck* mempengaruhi keseimbangan dan kestabilan daripada titi beban dan distribusi beban truk tersebut. Kondisi ini menyebabkan truk mengeluarkan banyak tenaga untuk melakukan aktivitas serta resiko terjadinya insiden pada saat itu[1].

Kajian mengenai distribusi beban pada truk merupakan aspek krusial dalam bidang transportasi serta rekayasa jalan, sebab berkaitan dengan pembagian muatan secara optimal pada sumbu dan roda kendaraan. Pembagian beban yang tepat sangat penting guna menjaga stabilitas truk, menurunkan tingkat keausan komponen, serta meminimalisir kerusakan pada infrastruktur jalan. Setiap sumbu truk memiliki batas maksimum beban sesuai spesifikasi desain serta standar keselamatan. Apabila distribusi muatan tidak merata, risiko terjadinya kecelakaan akan semakin besar. Berbagai studi beberapa tahun terakhir menyoroti urgensi distribusi beban yang optimal demi menjamin keselamatan dan efisiensi dalam operasional kendaraan [1].

Ketidakmerataan distribusi beban dapat memunculkan berbagai persoalan teknis. Misalnya, sumbu yang mengalami kelebihan muatan akan mempercepat keausan ban dan komponen suspensi. Di samping itu, distribusi beban yang tidak seimbang bisa berdampak pada kestabilan kendaraan, terutama saat berbelok atau saat melintasi permukaan jalan yang tidak rata. Beban yang terlalu besar pada satu sumbu dapat mengakibatkan ban pecah atau suspensi patah. Sebaliknya, distribusi beban yang ideal akan membuat truk memiliki traksi serta manuver yang lebih baik, sehingga pengemudi mampu mengendalikan kendaraan secara lebih efektif [6].

Dalam melakukan analisis distribusi beban, perhitungan diasumsikan berdasarkan total berat kendaraan beserta muatannya, serta konfigurasi sumbu yang digunakan. Sejumlah penelitian terbaru, termasuk oleh [6]

memperlihatkan bahwa penggunaan sumbu ganda dengan roda ganda mampu meratakan pembagian beban, khususnya untuk angkutan berat. Studi ini menunjukkan bahwa penambahan sumbu pada kendaraan berat dapat mengurangi efek beban terhadap permukaan jalan, sehingga dapat memperpanjang umur jalan. Selain itu, konfigurasi seperti ini juga meningkatkan kestabilan kendaraan, terutama untuk angkutan barang dengan muatan besar[7].



$$H_t = \frac{W_v \cdot H_v + W_s \cdot H_s}{W_v + W_s} \quad H_s = \frac{(W_v + W_s) \cdot H_t - W_v \cdot H_v}{W_s}$$

Gambar 1 Perhitungan untuk mencari COG

Perhitungan Center Of Gravity [8]:

Vehicle wheel base = L

Mass of front left wheel = m_1

Mass of front right wheel = m_2

Mass of back left wheel = m_3

Mass of back right wheel = m_4

Mass in front = $m_1 + m_2 = m_f$

Mass in back = $m_3 + m_4 = m_r$

Mass of vehicle = $M_v = m_f + m_r$

Gaya yang bekerja pada setiap poros dan berat kendaraan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$R_f = m_f \cdot g = (m_1 + m_2) \cdot g \tag{1}$$

$$R_r = m_r \cdot g = (m_3 + m_4) \cdot g \tag{2}$$

$$W_t = M_v \cdot g = (m_f + m_r) \cdot g \tag{3}$$

Posisi memanjang pusat gravitasi kendaraan kemudian ditentukan dari mengikuti dua persamaan momen kesetimbangan yang berkaitan dengan poros belakang atau depan [8].

$$W_t \cdot b = m_f \cdot L \tag{4}$$

$$W_t \cdot a = m_r \cdot L \tag{5}$$

Dengan menyederhanakan persamaan di atas maka diperoleh nilai CG longitudinal sebagai berikut :

$$\text{From rear end, } b = \frac{(m_1+m_2) \cdot L}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} \tag{6}$$

$$\text{From rear end, } a = \frac{(m_3+m_4) \cdot L}{m_1 + m_2 + m_3 + m_4} \tag{7}$$

Untuk mendapatkan hasil perhitungan distribusi beban medan menurun (DOWN) dan medan naik (UP) maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{DOWN} = \frac{(\text{Total } \times \text{Cosa } \times \text{COG}) + (\text{Total } \times \text{Sina } \times \text{Height of COG})}{\text{Technical Wheelbase}} \tag{8}$$

$$\text{UP} = \frac{(\text{Total } \times \text{Cosa } \times \text{COG}) - (\text{Total } \times \text{Sina } \times \text{Height of COG})}{\text{Technical Wheelbase}} \tag{9}$$

Perhitungan distribusi beban merupakan tahapan dimana total dari keseluruhan beban dijumlahkan kemudian mendapatkan hasil untuk menentukan analisa keselamatan dari batas *safety* yang telah ditentukan.

1. Perhitungan Distribusi Beban Pada Medan Menanjak
Perhitungan distribusi beban pada medan menanjak dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keamanan dari pada truk dengan muatan yang di tampung dengan gradient sesuai dengan situasi sebenarnya pada lokasi tambang.
2. Perhitungan Distribusi Beban Pada Medan Menurun
Perhitungan distribusi beban pada medan menurun dilakukan untuk mengetahui seberapa tingkat keamanan dari pada truk dengan muatan yang di tampung dengan gradient sesuai dengan situasi sebenarnya pada lokasi tambang. Namun hasil yang didapat akan berbeda dengan situasi pada medan menanjak.

3 Hasil dan Pembahasan

Distribusi gaya normal pada tiap roda menunjukkan bahwa semakin besar sudut tanjakan, distribusi gaya lebih dominan ke roda belakang (rear axle). Data kapasitas tangki pada fuel truk merupakan jumlah maksimal ruang yang dapat menampung bahan bakar angkut pada fuel truk. Data ini juga merupakan kapasitas maksimal daya tampung fuel truk pada IVECO AD380T44WH 6x6 fuel truck. Pada data yang telah didapat kapasitas maksimal untuk muatan tangki yang sebanyak 25.000 Liter dengan acuan spesifikasi serta gambar teknik yang menunjukkan jumlah maksimal bahan bakar yang dapat di angkut pada unit tersebut.

Data ini menunjukkan berat maksimal untuk driver pada unit IVECO AD380T44WH 6x6 fuel truck. Selain berat dari muatan, berat dari driver juga mempengaruhi beban keseluruhan dari unit. Dalam data yang diberikan dari spesifikasi truk IVECO AD380T44WH 6x6 fuel truck, berat maksimal dari driver adalah 95 Kg dengan keseluruhan dari driver yang ada pada unit.

Data front axle merupakan data maksimal berat yang dapat diterima oleh axle depan. Berat maksimal ini merupakan berat keseluruhan pada unit saat membawa muatan maupun tanpa membawa muatan. Berat maksimal yang dapat diterima oleh front axle sebesar 8500 Kg dengan berat saat insiden yang terjadi pada unit sebesar 8.187 Kg keseluruhan berat front axle.

Data rear axle merupakan data maksimal berat yang dapat diterima oleh axle belakang. Berat maksimal ini merupakan berat keseluruhan pada unit saat membawa muatan maupun tanpa membawa muatan. Berat maksimal yang dapat diterima oleh rear axle sebesar 3200 Kg dengan berat saat insiden yang terjadi pada unit sebesar 2.708 Kg keseluruhan berat rear axle.

Analisa data perhitungan merupakan bagian dari pada proses perhitungan untuk data spesifikasi truk yang telah diketahui, dengan melakukan proses perhitungan kemudian hasil dari perhitungan tersebut akan di analisa untuk keperluan perbandingan hasil data perhitungan pada gradient 1% sampai dengan 30%. Hasil analisa tersebut akan mengetahui safety faktor pada gradient 1% sampai dengan 30%.

Dengan menggunakan metode perhitungan center of gravity pada kendaraan seperti pada rumus yang tercantum yaitu :

Tabel 1 Data Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 fuel truck 25kl

L	4505 mm
m_f	5330 kg
m_r	5120 kg
m_v	10450 kg
g	10 kg m/s ²

Gaya yang bekerja pada setiap poros dan berat kendaraan :

$$\begin{aligned}
 R_f &= 5330 * 10 \\
 &= 53300 \\
 R_r &= 5120 * 10 \\
 &= 51200
 \end{aligned}$$

$$W_t = 10450 * 10$$

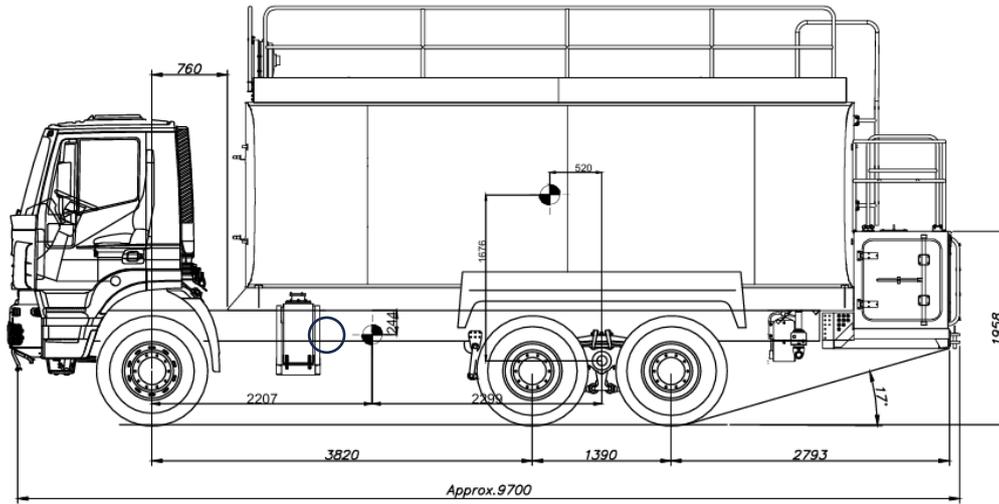
$$= 104500$$

nilai CG longitudinal sebagai berikut :

$$\text{From rear end, } b = \frac{5330 * 4505}{10450} = 2298$$

$$\text{From rear end, } a = \frac{5120 * 4505}{10450} = 2207$$

Maka letak titik Center Of Gravity yaitu :



Gambar 1 COG Iveco Trakker AD380T44WH 6x6 fuel truck 25kl

Pada tabel di bawah merupakan penjelasan spesifikasi IVECO IVECO Trakker AD380T44WH 6x6

Table 2 Spesifikasi IVECO IVECO Trakker AD380T44WH 6x6

Deskripsi	Nilai
Axle capacity front	8500
Axle capacity rear	32000
GVW	40500
Mid wheelbase	3820
Rear wheelbase	1390
Technical wheelbase	4515
Density	0,85
Payload Max (liter)	25000
Payload Max (kg)	21250
Kerb wight front axle (kg)	4775
Kerb wight rear axle (kg)	4695
Total kerb weight (kg)	9470
COG vehicle from RA	2277
Load (Fuel)	0,85

Table 3 Data gradient untuk perhitungan distribusi beban

%	GRADIENT			LOAD (FUEL)	
	(°)	SIN	COS	Liter	Kg
0%	0,00	0,000	1,000	25000	21250
1%	0,57	0,010	1,000	25000	21250
2%	1,15	0,020	1,000	25000	21250
3%	1,72	0,030	1,000	25000	21250
4%	2,29	0,040	0,999	25000	21250
5%	2,86	0,050	0,999	25000	21250
6%	3,43	0,060	0,998	25000	21250
7%	4,00	0,070	0,998	25000	21250
8%	4,57	0,080	0,997	25000	21250
9%	5,14	0,090	0,996	25000	21250
10%	5,71	0,100	0,995	25000	21250
11%	6,28	0,109	0,994	25000	21250
12%	6,84	0,119	0,993	25000	21250
13%	7,41	0,129	0,992	25000	21250
14%	7,97	0,139	0,990	25000	21250
15%	8,53	0,148	0,989	25000	21250
16%	9,09	0,158	0,987	25000	21250
17%	9,65	0,168	0,986	25000	21250
18%	10,20	0,177	0,984	25000	21250
19%	10,76	0,187	0,982	25000	21250
20%	11,31	0,196	0,981	25000	21250
21%	11,86	0,206	0,979	25000	21250
22%	12,41	0,215	0,977	25000	21250
23%	12,95	0,224	0,975	25000	21250
24%	13,50	0,233	0,972	25000	21250
25%	14,04	0,243	0,970	25000	21250
26%	14,57	0,252	0,968	25000	21250
27%	15,11	0,261	0,965	25000	21250
28%	15,64	0,270	0,963	25000	21250
29%	16,17	0,279	0,960	25000	21250
30%	16,70	0,287	0,958	25000	21250

Dengan informasi yang telah di dapatkan maka perhitungan distribusi beban dilakukan dengan menentukan berat pada front axel dan rear axel pada medan menurun :

• **Posisi gradient 1% untuk front axle medan menurun:**

Berat unit (Iveco Trakker AD380T44WH 6x6)

$$\text{Berat Unit} = \frac{(10450 \times 1 \times 2303) + (10450 \times 0,010 \times 981)}{4515} = 5353 \text{ Kg}$$

$$\text{Driver} = \frac{(95 \times 1 \times 4500) + (95 \times 0,010 \times 2000)}{4515}$$

$$= 95 \text{ Kg}$$

$$\text{Attachment} = \frac{(330 \times 1 \times 341) + (330 \times 0,010 \times 2264)}{4515}$$

$$= 330 \text{ Kg}$$

$$\text{Payload} = \frac{(21250 \times 1 \times 521) + (21250 \times 0,010 \times 2264)}{4515}$$

$$= 2559 \text{ Kg}$$

$$\text{Front Axle} = \text{Berat Unit} + \text{Driver} + \text{Attachment} + \text{Payload}$$

$$= 5353 + 95 + 330 + 2559$$

$$= 8337 \text{ Kg}$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Front Axle} - \text{GVW}}{\text{GVW}}$$

$$= \frac{8337 - 8500}{8500}$$

$$= -2 \%$$

- **Posisi gradient 1% untuk rear axle medan menurun :**

$$\text{Berat unit (Iveco Trakker AD380T44WH 6x6)} = (\text{total unit} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$\text{Berat Unit} = (10450 \times 1) - 5353$$

$$= 5097 \text{ Kg}$$

$$\text{Driver} = (\text{Total Driver} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (95 \times 1) - 95$$

$$= 0 \text{ Kg}$$

$$\text{Attachment} = (\text{Total Attachment} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (4100 \times 1) - 330$$

$$= 3370 \text{ Kg}$$

$$\text{Payload} = (\text{Total Payload} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (21250 \times 1) - 2559$$

$$= 18690 \text{ Kg}$$

$$\text{Rear Axle} = \text{Berat Unit} + \text{Driver} + \text{Attachment} + \text{Payload}$$

$$= 5097 + 0 + 3370 + 18690$$

$$= 27557 \text{ Kg}$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Rear Axle} - \text{GVW}}{\text{GVW}}$$

$$= \frac{27557 - 32000}{32000}$$

$$= -14 \%$$

Dengan diketahui Performance dari setiap axle maka dapat di ketahui total Performance untuk mengetahui Steerability (> 20%) :

$$\text{Total Performance (\%)} = \frac{((\text{Front Axle} + \text{Rear Axle}) - (\text{GVW Front Axle} + \text{GVW Rear Axle}))}{(\text{GVW Front Axle} + \text{GVW Rear Axle})}$$

$$= \frac{35893 - 40500}{40500} = -11\%$$

Maka diperoleh Steerability (%)

$$= \frac{\text{front Axle}}{(\text{Front Axle} + \text{Rear Axle})}$$

$$= \frac{8337}{35893} = 23\%$$

Dengan nilai steerability 23% yaitu berada diatas 20% dari ketentuan minimal yang telah di tentukan maka nilai dari steerability sesuai perhitungan muatan tersebut dinyatakan safe atau aman untuk melakukan aktivitas pada medan flat.

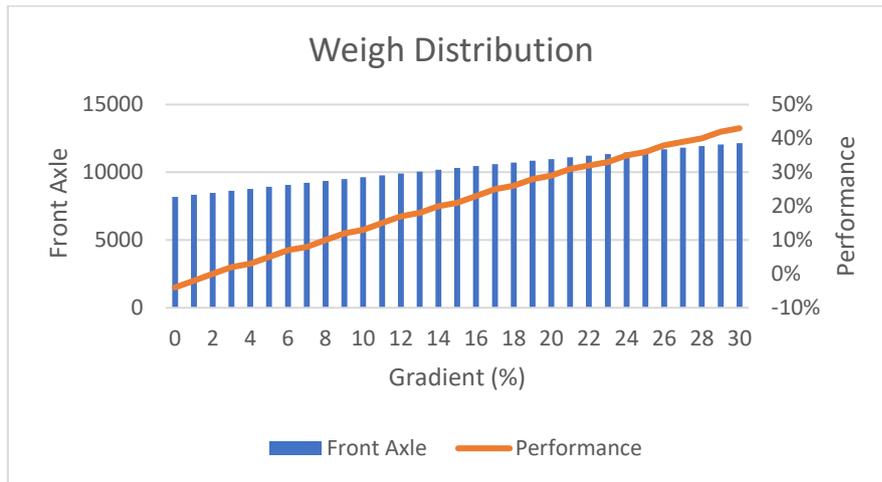
Dengan menggunakan proses perhitungan yang sama, maka di dapat hasil perhitungan dan nilai sebagai berikut :

Tabel 4 Data Hasil Perhitungan Pada Medan Menurun

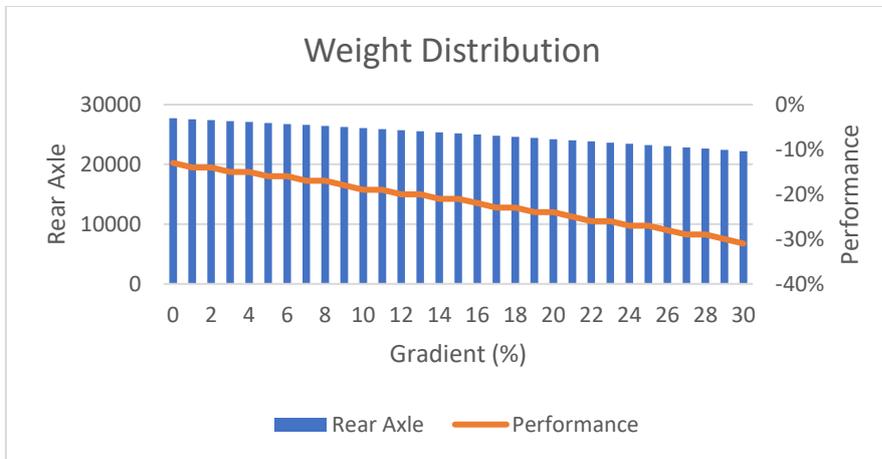
WEIGHT DISTRIBUTION						STEERABILITY (≥ 20%)
FRONT AXLE		REAR AXLE		TOTAL		
kg	%	kg	%	kg	%	
8187	-4%	27708	-13%	35895	-11%	23%
8337	-2%	27557	-14%	35893	-11%	23%
8486	0%	27402	-14%	35888	-11%	24%
8634	2%	27245	-15%	35879	-11%	24%
8781	3%	27086	-15%	35866	-11%	24%
8927	5%	26923	-16%	35850	-11%	25%
9072	7%	26759	-16%	35831	-12%	25%
9216	8%	26591	-17%	35807	-12%	26%
9359	10%	26422	-17%	35781	-12%	26%
9501	12%	26250	-18%	35751	-12%	27%
9641	13%	26076	-19%	35717	-12%	27%
9780	15%	25899	-19%	35680	-12%	27%
9918	17%	25721	-20%	35639	-12%	28%
10055	18%	25540	-20%	35595	-12%	28%
10191	20%	25358	-21%	35548	-12%	29%
10325	21%	25173	-21%	35498	-12%	29%
10458	23%	24987	-22%	35444	-12%	30%
10589	25%	24798	-23%	35387	-13%	30%
10719	26%	24608	-23%	35327	-13%	30%
10847	28%	24417	-24%	35264	-13%	31%
10974	29%	24224	-24%	35198	-13%	31%
11100	31%	24029	-25%	35129	-13%	32%
11224	32%	23833	-26%	35057	-13%	32%
11346	33%	23636	-26%	34982	-14%	32%
11467	35%	23437	-27%	34904	-14%	33%
11586	36%	23237	-27%	34823	-14%	33%
11704	38%	23036	-28%	34740	-14%	34%
11820	39%	22834	-29%	34654	-14%	34%
11935	40%	22631	-29%	34566	-15%	35%
12047	42%	22427	-30%	34475	-15%	35%
12159	43%	22223	-31%	34381	-15%	35%

Dari tabel tersebut didapat hasil distribusi berat front axle dan rear axle untuk bidang menurun semakin menurun gradient pada medan maka akan berpengaruh pada kapasitas berat maksimal pada axle sehingga dari perhitungan tersebut dapat dikatakan over/under load. Dari data hasil perhitungan pada keadaan unit menurun maka dapat hasil bahwa gradient 4% - 30% dengan kapasitas muatan seluruhnya 3895 dinyatakan over load untuk bagian front axle namun kestabilan unit masih mendapat hasil melebihi 20% sesuai dengan maksimal presentase keamanan kestabilan unit.

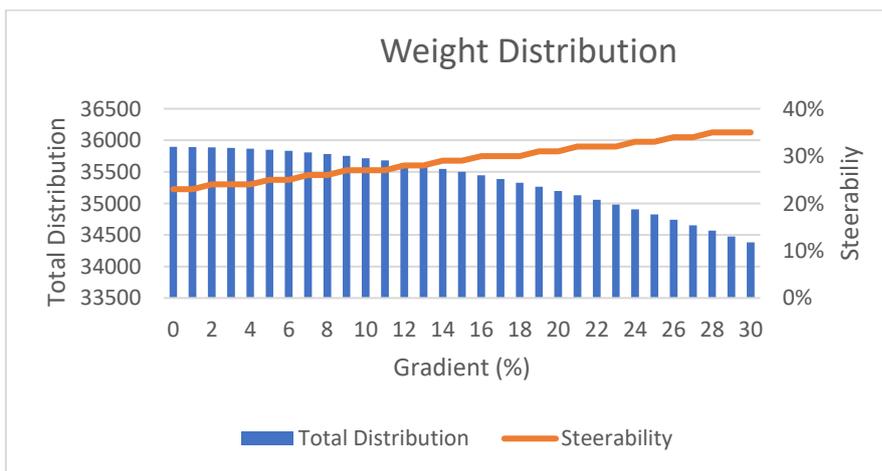
Kemudian hasil dari perhitungan dan analisa tersebut di dapat grafik dari front axle, rear axle dan total berat keseluruhan berat dari unit dengan posisi turun.



Grafik 1 berat front axle terhadap performa pada gradient 1% - 30%



Grafik 2 berat rear axle terhadap performa pada gradient 1% - 30%



Grafik 3 berat total terhadap performa pada gradient 1% - 30%

Dengan informasi yang telah di dapatkan maka perhitungan distribusi beban dilakukan dengan menentukan berat pada front axel dan rear axel pada medan menanjak :

- **Posisi gradient 1% untuk front axle :**

Berat unit (Iveco Trakker AD380T44WH 6x6)

$$\text{Berat Unit} = \frac{(10450 \times 1 \times 2303) - (10450 \times 0,010 \times 981)}{4515} = 5307 \text{ Kg}$$

$$\text{Driver} = \frac{(95 \times 1 \times 4500) - (95 \times 0,010 \times 2000)}{4515}$$

$$= 94 \text{ Kg}$$

$$\text{Attachment} = \frac{(330 \times 1 \times 341) - (330 \times 0,010 \times 2264)}{4515}$$

$$= 289 \text{ Kg}$$

$$\text{Payload} = \frac{(21250 \times 1 \times 521) - (21250 \times 0,010 \times 2264)}{4515}$$

$$= 2345 \text{ Kg}$$

$$\text{Front Axle} = \text{Berat Unit} + \text{Driver} + \text{Attachment} + \text{Payload}$$

$$= 5307 + 94 + 289 + 2345$$

$$= 8036 \text{ Kg}$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Front Axle} - \text{GVW}}{\text{GVW}}$$

$$= \frac{8036 - 8500}{8500}$$

$$= -5 \%$$

- **Posisi flat untuk Rear axle :**

$$\text{Berat unit (Iveco Trakker AD380T44WH 6x6)} = (\text{total unit} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$\text{Berat Unit} = (10450 \times 1) - 5307$$

$$= 5142 \text{ Kg}$$

$$\text{Driver} = (\text{Total Driver} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (95 \times 1) - 94$$

$$= 1 \text{ Kg}$$

$$\text{Attachment} = (\text{Total Attachment} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (4100 \times 1) - 289$$

$$= 3811 \text{ Kg}$$

$$\text{Payload} = (\text{Total Payload} \times \cos) - \text{front axle}$$

$$= (21250 \times 1) - 2345$$

$$= 18904 \text{ Kg}$$

$$\text{Rear Axle} = \text{Berat Unit} + \text{Driver} + \text{Attachment} + \text{Payload}$$

$$= 5142 + 1 + 3811 + 18904$$

$$= 27857 \text{ Kg}$$

$$\text{Performance (\%)} = \frac{\text{Rear Axle} - \text{GVW}}{\text{GVW}}$$

$$= \frac{27857 - 32000}{32000}$$

$$= -13 \%$$

Dengan diketahui Performance dari setiap axle maka dapat di ketahui total Performance untuk mengetahui Steerability (> 20%) :

$$\text{Total Performance (\%)} = \frac{((\text{Front Axle} + \text{Rear Axle}) - (\text{GVW Front Axle} + \text{GVW Rear Axle}))}{(\text{GVW Front Axle} + \text{GVW Rear Axle})}$$

$$= \frac{35893 - 40500}{40500} = - 11\%$$

Maka diperoleh Steerability (%)

$$= \frac{\text{front Axle}}{(\text{Front Axle} + \text{Rear Axle})}$$

$$= \frac{8036}{35893} = 22\%$$

Dengan nilai steerability 22% yaitu berada diatas 20% dari ketentuan minimal yang telah di tentukan maka nilai dari steerability sesuai perhitungan muatan tersebut dinyatakan safe atau aman untuk melakukan aktivitas pada medan flat.

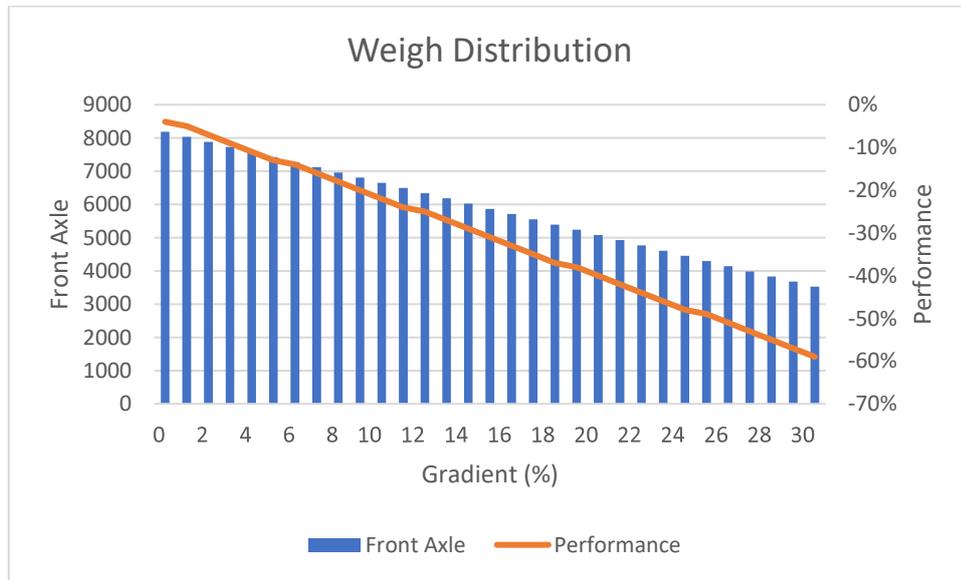
Dengan menggunakan proses perhitungan yang sama, maka di dapat hasil perhitungan dan nilai sebagai berikut :

Tabel 5 Data Hasil Perhitungan Pada Medan Naik

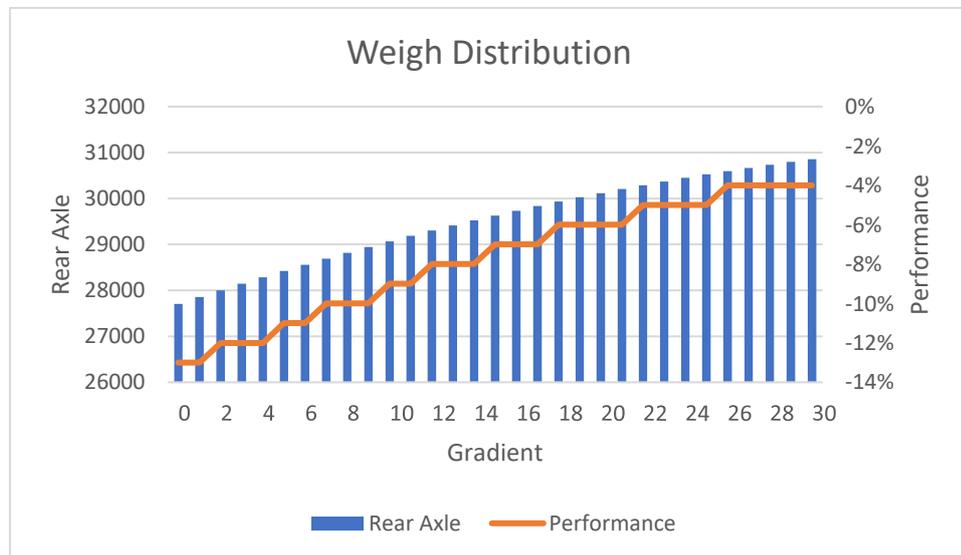
WEIGHT DISTRIBUTION						STEERABILITY
FRONT AXLE		REAR AXLE		TOTAL		(≥ 20%)
kg	%	Kg	%	kg	%	
8187	-4%	27708	-13%	35895	-11%	23%
8036	-5%	27857	-13%	35893	-11%	22%
7885	-7%	28003	-12%	35888	-11%	22%
7733	-9%	28146	-12%	35879	-11%	22%
7580	-11%	28287	-12%	35866	-11%	21%
7426	-13%	28424	-11%	35850	-11%	21%
7272	-14%	28558	-11%	35831	-12%	20%
7118	-16%	28690	-10%	35807	-12%	20%
6963	-18%	28818	-10%	35781	-12%	19%
6807	-20%	28943	-10%	35751	-12%	19%
6651	-22%	29066	-9%	35717	-12%	19%
6495	-24%	29185	-9%	35680	-12%	18%
6338	-25%	29301	-8%	35639	-12%	18%
6182	-27%	29414	-8%	35595	-12%	17%
6025	-29%	29524	-8%	35548	-12%	17%
5867	-31%	29630	-7%	35498	-12%	17%
5710	-33%	29734	-7%	35444	-12%	16%
5553	-35%	29834	-7%	35387	-13%	16%
5396	-37%	29932	-6%	35327	-13%	15%
5238	-38%	30026	-6%	35264	-13%	15%
5081	-40%	30117	-6%	35198	-13%	14%
4924	-42%	30204	-6%	35129	-13%	14%
4767	-44%	30289	-5%	35057	-13%	14%
4611	-46%	30371	-5%	34982	-14%	13%
4454	-48%	30449	-5%	34904	-14%	13%
4298	-49%	30525	-5%	34823	-14%	12%
4143	-51%	30597	-4%	34740	-14%	12%
3987	-53%	30667	-4%	34654	-14%	12%
3833	-55%	30733	-4%	34566	-15%	11%
3678	-57%	30796	-4%	34475	-15%	11%
3524	-59%	30857	-4%	34381	-15%	10%

Dari tabel hasil perhitungan tersebut didapatkan hasil bahwa tidak terdapat over load pada bagian rear dan front axle dikarenakan presentase kapasitas maksimal dari hasil perhitungan semakin minus untuk hasil presentase dari kapasitas maksimal front axle dan rear axle, namun untuk presentase kestabilan mendapatkan hasil yang melebihi nilai maksimal kestabilan yang telah ditentukan yaitu melebihi $\geq 20\%$ sehingga dinyatakan tidak aman untuk berat keseluruhan unti jika berada pada posisi truk naik di gradient 9% - 30%. Hasil tersebut merupakan hasil dari perhitungan yang telah dilakukan pada distribusi beban pada medan dengan kondisi naik.

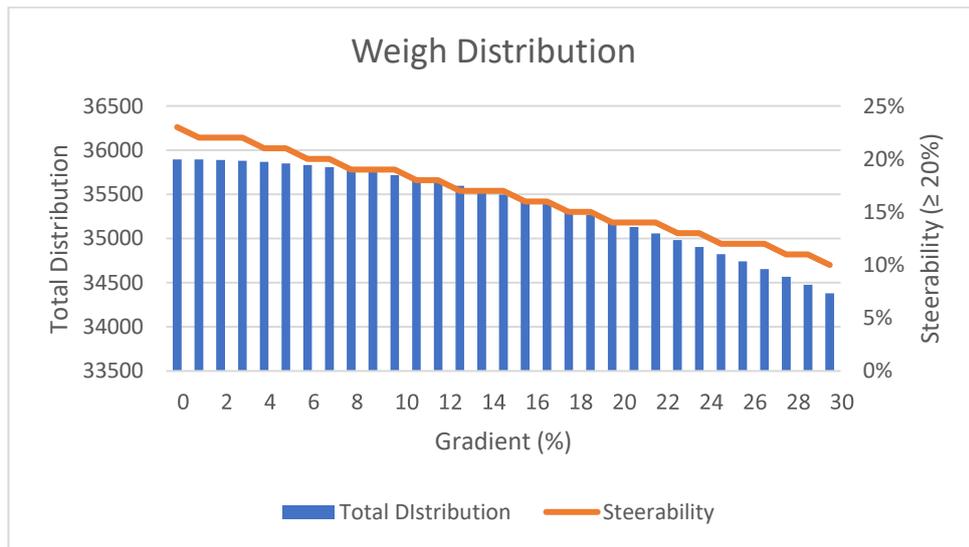
Kemudian hasil dari perhitungan dan analisa tersebut di dapat grafik dari front axle, rear axle dan total berat keseluruhan berat dari unit dengan posisi naik.



Grafik 4 berat front axle terhadap performa pada gradient 1% - 30%



Grafik 5 berat rear axle terhadap performa pada gradient 1% - 30%



Grafik 6 Grafik berat total terhadap performa pada gradient 1% - 30%

4 Kesimpulan

Center of Gravity

Posisi CoG berada dekat tengah wheelbase, yaitu 2298 mm dari rear axle dan 2207 mm dari front axle, sehingga distribusi beban pada medan datar hampir seimbang. Pada medan menurun, muatan bergeser ke depan meningkatkan beban front axle hingga overload pada gradient >4%. Pada medan menanjak, muatan bergeser ke belakang mengurangi kemampuan kemudi (steerability) jika gradient >9%.

Dari hasil perhitungan distribusi beban saat kendaraan berada di medan datar dan dalam keadaan bermuatan penuh, beban kendaraan tersebar secara merata. Pembagian beban antara poros depan (front axle) dan poros belakang (rear axle) cukup seimbang. Axle depan menopang beban sebesar 8.187 kg, sedangkan axle belakang menopang beban sebesar 27.708 kg. Walaupun axle belakang menerima beban lebih besar, hal tersebut merupakan sesuatu yang normal mengingat letak tangki muatan (fuel tank) memang lebih dekat ke bagian belakang kendaraan. Distribusi Beban Pada Kondisi Medan Naik

Kajian tentang perubahan distribusi beban ketika kendaraan melewati tanjakan dengan berbagai tingkat kemiringan (1%–30%) dan akibatnya pada stabilitas serta keamanan saat beroperasi. Semakin curam kemiringan jalan (tanjakan), beban cenderung berpindah ke poros belakang (rear axle) karena titik berat kendaraan (COG) terdorong ke bawah oleh pengaruh gravitasi. Akibatnya, kemampuan kemudi (steerability) menurun, karena front axle menjadi lebih ringan. Secara perlahan, front axle kehilangan porsi bebannya, hingga hanya menopang sekitar 10% dari total beban ketika tingkat kemiringan mencapai 30%. Walau axle tidak mengalami kelebihan beban (overload), namun nilai steerability turun drastis menjadi kurang dari 20% pada kemiringan di atas 9%. Berdasarkan standar keselamatan, steerability di bawah 20% mengindikasikan kendaraan tidak layak dioperasikan di jalan menanjak yang sangat curam, sebab kontrol kendaraan menjadi sulit terutama saat melakukan manuver atau pengereman.

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel, ditemukan bahwa steerability berada pada tingkat aman dengan nilai 23%–20% pada jalan menurun dengan kemiringan 0%–7%. Nilai tersebut diperoleh dari hasil analisis untuk menentukan steerability unit ketika kendaraan berada di posisi jalan menurun. Kondisi ini terjadi karena berkurangnya beban pada front axle, sehingga menimbulkan ketidakseimbangan antara bobot front axle dan rear axle.

5 Referensi

- [1] Julia Sari Ginting, “Analisis Pengaruh Kemiringan Jalan Terhadap Keceratan Alat Dan Peningkatan Produktivitas Pengupasan Lapisan Tanah Penutup Di Pt Indominco Mandiri,” May 2024.
- [2] Ketut Suma, *Buku Mekanik Dasar*. Singaraja, Bali: Penerbit Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia (PRCI), 2022.
- [3] Yang Chen, “Effect of off-centred loading on roll stability of multi-trailer trucks,” *International Journal of Vehicle Performance*, vol. 8, no. 2–3, pp. 271–295, 2022, doi: 10.1504/IJVP.2022.122046.

- [4] S. Bendapudi and Shiva Kumar Patchai, *Buku Perancangan Stasiun Penghitungan Pusat Gravitasi Kabin Truk Sebuah Proyek Desain Produk*. Linköping, Swedia: Department of Management and Engineering-IEI, 2018.
- [5] Woinshet Siraye, “Analisis Tumpahan Bahan Bakar Minyak di Truk Tangki Kargo yang Terisi Sebagian Truk dalam Kondisi Berbelok Menggunakan Berbagai Sistem Baffle,” *Journal of Engineering (United Kingdom)*, vol. 2023, Jun. 2023, doi: 10.1155/2023/9941864.
- [6] Arbie Sianipar, “Analisis Distribusi Beban pada Kendaraan Angkutan Barang Sesuai dengan Konfigurasi Axle,” *Warta Penelitian Perhubungan*, vol. 32, no. 1, pp. 11–20, Jun. 2020, doi: 10.25104/warlit.v32i1.1270.
- [7] Renna Melinda, “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*, vol. 17, no. 1, p. 34, Mar. 2019, doi: 10.12962/j2579-891x.v17i1.4885.
- [8] Buku Pedoman Mekanik IVECO Bodybuilders, *Trakker Euro 6 Bodybuilders Instruction*. Torino (TO) - Italy: IVECO bodybuilder, 2013.