

Analisis Kemampuan Tarik (*Tractive Effort*) Truk Astra Manhaul Pada Jalur Tanjakan Dengan Gradien 15-30%

Heru Adi Siswanto^{1,*}, Eko Yohanes Setyawan¹, Bagus Setyo Widodo¹.

¹Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Tractive effort
Truk Astra Manhaul
Gradien Tanjakan
Drag Force
Rolling Resistance
Ansys Workbench

ABSTRAK

Kondisi medan operasional di sektor pertambangan seringkali menuntut kendaraan untuk beroperasi pada jalur dengan tingkat kemiringan tinggi. Salah satu kasus yang ditemukan, pada jalur operasional di PT X memiliki gradien tanjakan hingga 30%, sedangkan batas kemiringan aman secara umum untuk kendaraan berat hanya berkisar antara 10% hingga 15%. Permasalahan utama yang dihadapi adalah sejauh mana kemampuan tarik truk ini mencukupi untuk melintasi tanjakan curam secara aman dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis *tractive effort* truk Astra Manhaul 4x4 pada jalur tanjakan dengan gradien antara 15% hingga 30%. Analisis difokuskan pada pengaruh gaya-gaya hambat kendaraan, yang meliputi gaya hambat *aerodinamis*, gaya hambat gulir, dan gaya hambat tanjakan terhadap performa truk dalam kondisi menanjak. Metode yang digunakan meliputi simulasi menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor 2021 untuk pemodelan truk dan Ansys Workbench untuk simulasi *aerodinamis*. Perhitungan gaya tarik dilakukan dengan mempertimbangkan spesifikasi kendaraan, rasio gigi transmisi, *final gear ratio*, efisiensi traksi, dan torsi mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa truk Astra Manhaul 4x4 memiliki kapasitas yang mencukupi untuk melewati tanjakan hingga 30% dengan konfigurasi rasio gigi dan kecepatan yang tepat. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perancangan, pengembangan produk, serta rekomendasi teknis bagi penggunaan truk Astra Manhaul di medan tanjakan ekstrim.

* Corresponding author:

Heru Adi Siswanto (email : adiheru60@gmail.com)

Diterima: 12 Agustus 2025

Disetujui: 12 September 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

PT Chakra Jawara merupakan anak perusahaan PT Mahadasha Utama yang bergerak dibisnis *dealer*. PT Chakra Jawara menyediakan alat dan transportasi untuk kebutuhan beroperasi dipertambangan. Seiring dengan perkembangan teknologi, konsumen menginginkan peningkatan kualitas produk. Keinginan konsumen menyesuaikan dengan situasi dan kondisi mereka. Kondisi dipertambangan sering kali menuntut kendaraan untuk beroperasi di area dengan tingkat kemiringan yang tinggi. Salah satu contoh kasus yang ditemukan yaitu pada jalur operasional di PT X yang memiliki gradien tanjakan hingga 30%, sedangkan batas kemiringan aman secara umum untuk kendaraan berat hanya berkisar antara 10% hingga 15% (4).

Kemiringan jalan ini berhubungan secara langsung dengan kemampuan truk untuk mengangkut barang atau penumpang, baik untuk melampaui tanjakan atau melakukan pengereman saat penurunan. Kemiringan jalan biasanya diaktualkan dalam persentase, dimana kemiringan jalan 1% merupakan kemiringan permukaan menanjak atau menurun 1 meter secara vertikal dalam jarak horizontal 100 meter (17).

Dalam penelitian ini didasari oleh hukum Newton III (hukum aksi-reaksi). Hal ini dijelaskan pada gaya yang menghambat dan gaya yang mendorong kendaraan saat menanjak. Adapun gaya yang menghambat kendaraan saat menanjak terdiri dari gaya hambat angin (*dragforce*), gaya hambat *rolling* (*rolling resistance*), dan gaya hambat tanjak (*Grade resistance*) (13). Dalam kondisi menanjak, kendaraan membutuhkan tenaga yang besar dalam melawan gaya hambat. Tenaga kendaraan ini biasanya disebut dengan gaya dorong/tarik kendaraan

(*tractive effort*). Kemampuan dorong/tarik (*tractive effort*) merupakan konsep penting dalam operasional kendaraan, terutama yang melibatkan transportasi muatan berat atau pengoperasian di medan yang sulit. Truk dengan *tractive effort* yang lebih tinggi dapat mengatasi lebih banyak hambatan dan beban, yang memungkinkan truk bekerja dengan efisien dan aman dalam berbagai kondisi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang truk dengan kualitas yang baik dalam kondisi ekstrem. Hal ini dilakukan dengan cara mengetahui gaya hambat yang terjadi, seberapa besar nilai dari gaya hambat, dan kemampuan tarik (*tractive effort*) yang dibutuhkan serta nilai kecepatan pada truk Astra Manhaul 4x4 dalam kondisi jalan tanjakan antara 15-30%.

2 Metode Penelitian

Penelitian tentang analisis kemampuan tarik (*tractive effort*) truk astra *manhaul* pada jalur tanjakan dengan gradien 15-30% ini dilakukan ketika mahasiswa melakukan magang di PT Chakra Jawara dari bulan 1 Desember 2024 kemudian dilanjutkan dengan penyusunan laporan tugas akhir sampai tanggal 30 Juni 2025. Analisis dilakukan untuk merancang truk astra *manhaul* untuk diaplikasikan pada area pertambangan dengan tingkat kemiringan tinggi yaitu mencapai 30%.

Analisis yang dilakukan meliputi 2 tahapan yaitu simulasi *ansys* dan perhitungan dengan menggunakan dasar-dasar teori. Tahapan pertama menganalisa gaya hambat angin (*dragforce*) pada *ansys* dengan cara membuat desain truk dan domain pada inventor 2021. Desain ini disimpan dalam bentuk file STP. File STP yang sudah disimpan kemudian di *import* pada *ansys workbench* untuk membuat batasan/ruang analisis. Langkah selanjutnya adalah proses meshing, langkah untuk membagi objek menjadi elemen-elemen kecil. Proses selanjutnya pengaturan parameter atau disebut dengan proses set-up. Hasil dari proses set-up kemudian dijadikan simulasi untuk melihat apakah sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Agar pelaksanaan simulasi berjalan lancar, alat yang digunakan harus memiliki spesifikasi laptop dengan *procesor* AMD RYZEN 5600H, RAM 16 GB, HARDDISK 1 TB. Bahan yang diuji ialah truk astra *manhaul* dengan spesifikasi pada tabel 1 dibawah ini.

Table 1 Spesifikasi Truk Astra Manhaul 4x4.

Kategori	Bagian	Keterangan
Engine	Model	Cursor 13
	Power Output	455 (HP)
	Peak torsi	2240 (Nm)
	Governed speed	1900 (rpm)
Transmisi	Model	ZF16AS2631 TO
	Input Torsi	2600 (Nm)
Tranfercase	Model	Iveco TC-2200
	Rasio	1 : 1 (<i>Hight</i> Rasio)
		1 : 6 (<i>Low</i> Rasio)

Kategori	Bagian	Keterangan
Roda	Model	BRIDGESTONE L317 Radial- <i>Tubertype</i>
	Size	325/95 R24
	Diameter	1254 (mm)
Gross Vehicle Weight	GVW	25.000 (kg)
Final Gear Rasio		6,58
Koefisien Rolling Resistance	Gravel roadway	1,7% atau 0,017
Traction Efficiency	Gravel roadway	0,65

Table 2 Gear Rasio Transmission.

Posisi gigi	Rasio gigi	Posisi gigi	Rasio gigi
1	14,12	9	3,09
2	11,68	10	2,56
3	9,54	11	2,09
4	7,89	12	1,73
5	6,52	13	1,43
6	5,39	14	1,18
7	4,57	15	1,00
8	3,78	16	0,83

Tahapan yang kedua memperhitungkan gaya hambat yang lainnya dan kekuatan tarik (*tractive effort*) menggunakan persamaan berikut :

Rumus perhitungan gaya hambat *rolling* :

$$Fr = Crr \times W \cos \theta$$

$$Fr = Crr \times m \times g \times \cos \theta \quad (\text{N}) \quad (1)$$

Rumus perhitungan gaya hambat tanjak :

$$Ft = W \sin \theta$$

$$Fr = m \times g \times \cos \theta \quad (\text{N}) \quad (2)$$

Maka gaya hambat total :

$$F_{\text{total}} = F_d + F_r + F_t \quad (\text{N}) \quad (3)$$

Rumus perhitungan *tractive effort* :

$$TE = \frac{Me \times it \times FGR \times Te \times itc \times 1.000.000}{3,14 \times d \times 159} \quad (\text{N}) \quad (4)$$

$$TE = \frac{GCW \times g \times [\text{sudut} + (Crr \times 100)]}{100} \quad (\text{N}) \quad (5)$$

Rumus perhitungan kecepatan :

$$v = \left(\frac{Gs \times d \times 3,14}{FGR \times it \times itc} \right) \times \frac{60}{1.000.000} \quad (\text{km/h}) \quad (6)$$

Penentuan variabel digunakan untuk membandingkan hasil pengujian. Variasi dalam penelitian ini terdiri dari variabel bebas (gradien tanjakan 15-30%, tingkat rasio gear transmisi 1 sampai gear 14, kecepatan laju angin 10-50 km/jam), variabel terikat (nilai gaya hambat, *tractive effort*, kecepatan kendaraan), dan variabel terkontrol (truk astra *manhaul*, viskositas udara $1,735 \times 10^{-5}$ kg/m-s, densitas udara $0,909 \text{ kg/m}^3$).

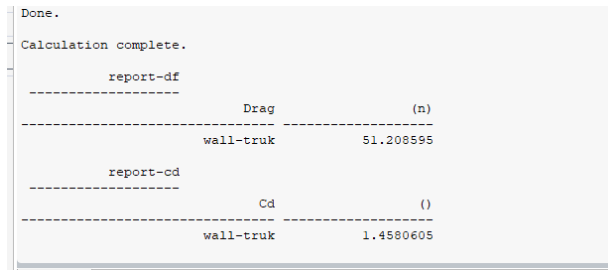
3 Hasil dan Pembahasan

Sebelum melakukan perhitungan perlu mengkonversi nilai kemiringan tanjakan/jalan dalam bentuk persentase menjadi sudut. Nilai tersebut dapat dilihat dalam tabel 3 nilai gradien jalan terhadap sudut kemiringan.

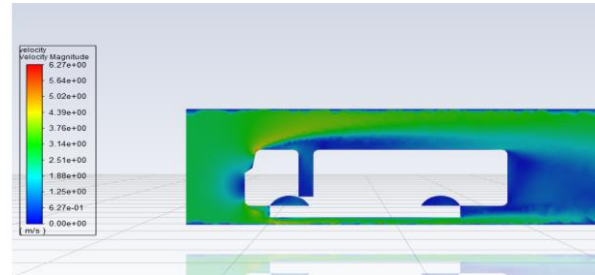
Table 3 Nilai Gradien Jalan Terhadap Sudut Kemiringan

Gradien (%)	Sudut (°)	Gradien (%)	Sudut (°)
15	8,53	23	12,85
16	9,09	24	13,49
17	9,64	25	14,03
18	10,20	26	14,57
19	10,75	27	15,10
20	11,30	28	15,64
21	11,85	29	16,17
22	12,40	30	16,69

3.1 Perhitungan Gaya Hambat Angin

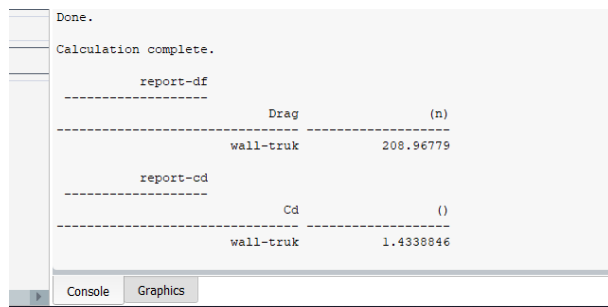


(a)

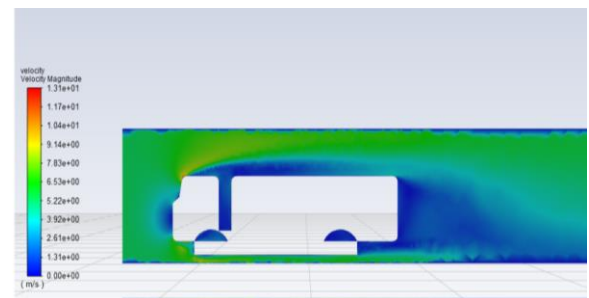


(b)

Gambar 1 Hasil Simulasi (a) Nilai Compute, (b) Kontur Drag force Dan Coefisien Drag 2,7 m/s

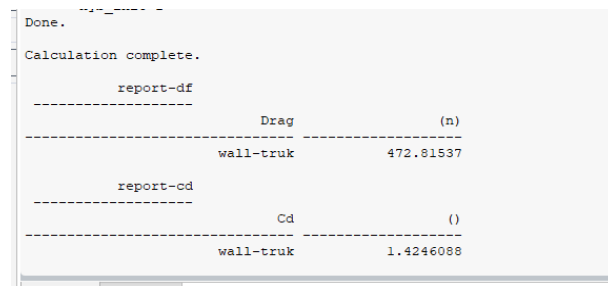


(a)

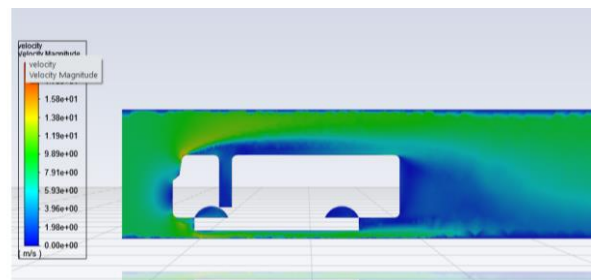


(b)

Gambar 2 Hasil Simulasi (a) Nilai Compute, (b) Kontur Drag force & Coefisien Drag 5,5 m/s

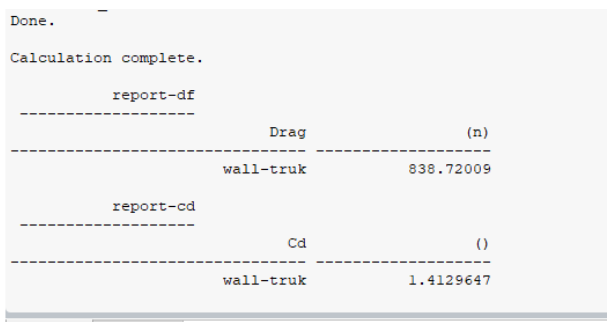


(a)

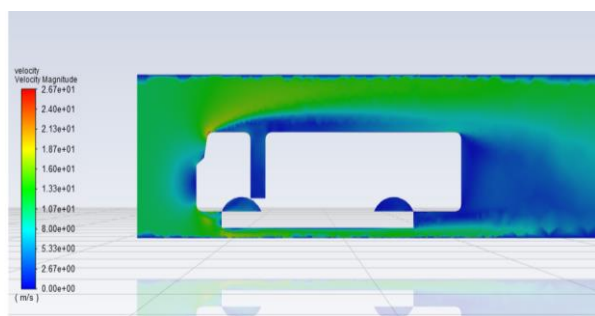


(b)

Gambar 3 Hasil Simulasi (a) Nilai Compute, (b) Kontur Drag force & Coefisien Drag 8,3 m/s



(a)



(b)

Gambar 4 Hasil Simulasi (a) Nilai Compute, (b) Kontur Drag force & Coefisien Drag 11,1 m/s

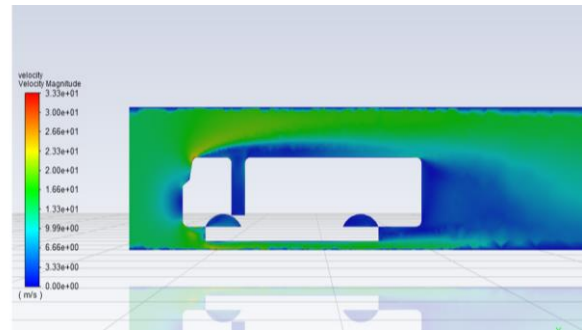
```

Done.
Calculation complete.

report-df
-----
Drag (n)
-----
wall-truk 1285.8694

report-cd
-----
Cd ( )
-----
wall-truk 1.4015188
    
```

(a)



(b)

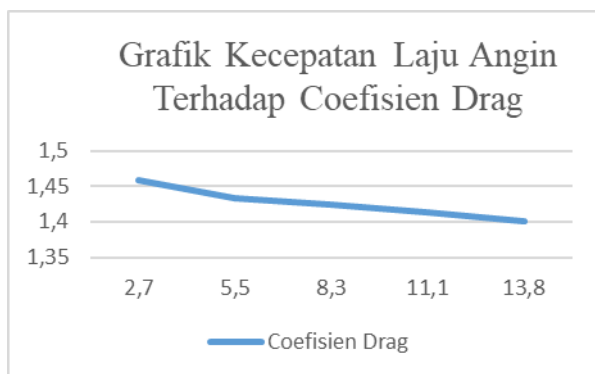
Gambar 5 Hasil Simulasi (a) Nilai Compute, (b) Kontur Drag force & Coefisien Drag 13,8 m/s

Hasil simulasi analisis *aerodinamis* atau gaya hambat angin dibuat dalam tabel 4 hasil simulasi gaya hambat angin (*drag force*) dibawah ini :

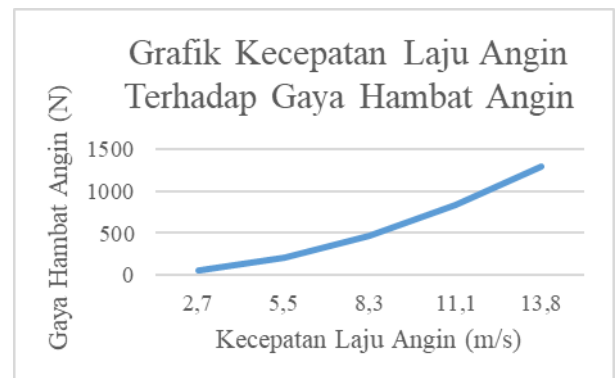
Table 4 Nilai *Drag force* & *Coefisien Drag*

No	Velocity (m/s)	Coefisien Drag	Drag force (N)
1.	2,7	1,4580605	51,20859094
2.	5,5	1,4338846	208,9677816
3.	8,3	1,4246088	472,8153421
4.	11,1	1,4129647	838,7200447
5.	13,8	1,4015188	1285,869376

Kemudian, dari data yang disajikan dalam tabel 4, dibuat sebuah grafik untuk memberikan gambaran visual mengenai hubungan antara kecepatan dan gaya hambat angin yang dihasilkan.



Gambar 7 Hubungan Kecepatan Laju Angin Terhadap Coefisien Drag



Gambar 6 Hubungan Kecepatan Laju Angin Terhadap Gaya Hambat Angin

Berdasarkan gambar 7 grafik hubungan antara laju angin dan gaya hambat angin, dapat disimpulkan bahwa keduanya memiliki hubungan yang searah. Seiring dengan meningkatnya laju angin, gaya hambat angin juga mengalami peningkatan.

Namun ini berbeda dengan gambar 6 yang menunjukkan nilai *coefisien drag* yang terus menurun. Hal ini disebabkan oleh faktor luas permukaan objek, dan perubahan aliran disekitar bodi truk. Sehingga untuk grafik kecepatan laju angin terhadap coefisien drag ini menggambarkan hubungan berbanding terbalik. Semakin cepat laju angin maka semakin menurun nilai koefisien drag.

3.2 Perhitungan Gaya Hambat Rolling

Gaya hambat *rolling* melibatkan perkalian antara koefisien hambat *rolling*, berat kendaraan, dan fungsi dari sudut tanjakan yang mempengaruhi gaya normal. Gaya hambat *rolling* dapat dihitung menggunakan persamaan 1 berikut.

$$F_r = C_{rr} \times W \cos \theta$$

$$F_r = C_{rr} \times m \times g \times \cos \theta$$

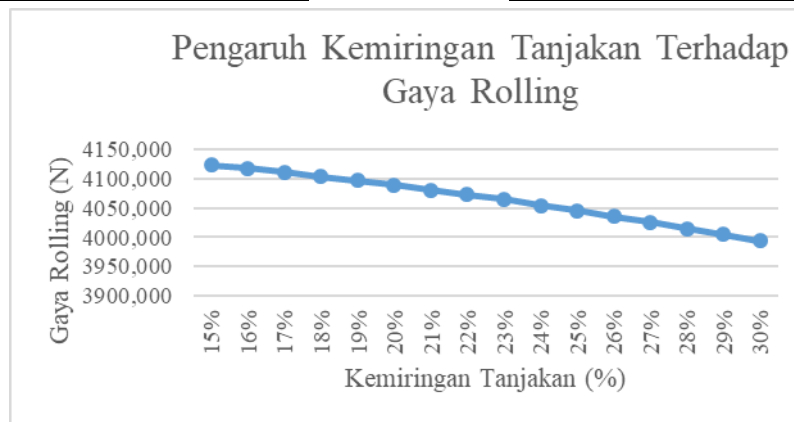
$$F_r = 0,017 \times 25.000 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 \times \cos 8,53^\circ$$

$$F_r = 4123,131 \text{ N}$$

Hasil perhitungan gaya hambat rolling dengan variasi sudut tanjakan ditampilkan dalam bentuk tabel 5 Nilai Gaya Hambat Rolling.

Table 5 Nilai Gaya Hambat Rolling

Gradien (%)	Sudut (°)	Fr (N)	Gradien (%)	Sudut (°)	Fr (N)
15%	8,53	4123,1312	23%	12,85	4064,8338
16%	9,09	4116,8900	24%	13,49	4054,2231
17%	9,64	4110,3776	25%	14,03	4044,8768
18%	10,20	4103,3575	26%	14,57	4035,1712
19%	10,75	4096,0813	27%	15,10	4025,2968
20%	11,30	4088,4277	28%	15,64	4014,8818
21%	11,85	4080,3973	29%	16,17	4004,3129
22%	12,40	4071,9909	30%	16,69	3993,6105



Gambar 8 Hubungan Kemiringan Tanjakan Dengan Gaya Rolling.

Berdasarkan grafik yang ditampilkan di atas, dapat diambil kesimpulan bahwa terdapat hubungan yang berbanding terbalik antara sudut atau kemiringan tanjakan dengan nilai gaya hambat rolling. Semakin besar kemiringan tanjakan, maka semakin kecil nilai gaya hambat rolling yang terjadi. Hal ini disebabkan oleh penurunan komponen gaya normal yang bekerja pada roda kendaraan seiring bertambahnya sudut tanjakan. Karena gaya hambat rolling sangat bergantung pada gaya normal, maka saat sudut tanjakan meningkat, gaya normal menurun, sehingga gaya hambat rolling pun ikut berkurang. Meskipun demikian, penurunan gaya hambat rolling ini tidak berarti beban kendaraan berkurang secara keseluruhan, karena gaya tanjakan (gaya gravitasi komponen sejajar) justru meningkat seiring bertambahnya sudut.

3.3 Perhitungan Gaya Hambat Tanjak

Gaya hambat tanjak merupakan bagian dari hambatan yang harus diatasi kendaraan saat melintasi jalan dengan gradien tertentu. Hambatan ini timbul akibat gaya gravitasi yang bekerja sejajar dengan permukaan jalan

menanjak dan berusaha menarik kendaraan ke bawah. Perhitungan gaya hambat tanjak menggunakan persamaan 2 berikut.

$$F_t = W \sin \theta$$

$$F_t = m \times g \times \sin 8,53^\circ$$

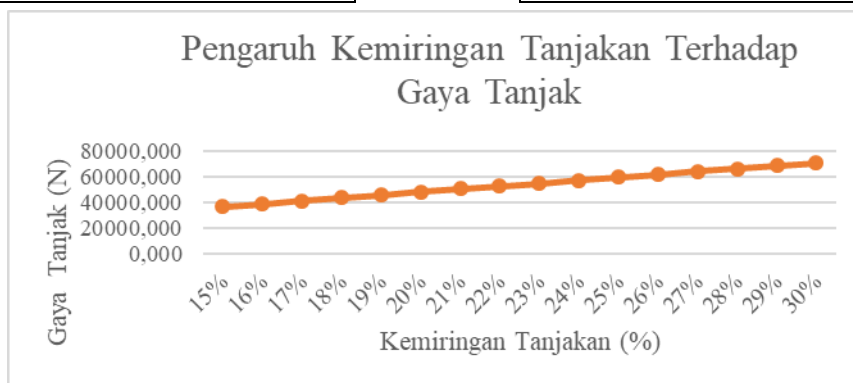
$$F_t = 25000 \times 9,81 \times 0,148$$

$$F_t = 36377,255 \text{ N}$$

Hasil perhitungan gaya hambat tanjak dengan variasi sudut tanjakan ditampilkan dalam bentuk tabel 6 Nilai Gaya Hambat tanjak.

Table 6 Nilai Gaya Hambat Tanjak.

Gradien (%)	Sudut (°)	Ft (N)	Gradien (%)	Sudut (°)	Ft (N)
15%	8,53	36377,255	23%	12,85	54543,451
16%	9,09	38746,000	24%	13,49	57210,853
17%	9,64	41068,844	25%	14,03	59455,935
18%	10,20	43430,033	26%	14,57	61695,736
19%	10,75	45745,020	27%	15,10	63888,731
20%	11,30	48055,792	28%	15,64	66117,480
21%	11,85	50362,136	29%	16,17	68299,246
22%	12,40	52663,839	30%	16,69	70434,168



Gambar 9 Hubungan Kemiringan Tanjakan Dengan Gaya Tanjak

Hasil dari grafik yang telah dibuat menunjukkan bahwa terdapat hubungan berbanding lurus antara kemiringan tanjakan dengan gaya hambat tanjak. Artinya, semakin besar sudut atau persentase kemiringan tanjakan, maka semakin besar pula gaya hambat tanjak yang harus dilawan oleh kendaraan.

3. 4 Perhitungan Tractive Effort

Tractive effort adalah gaya yang dihasilkan oleh kendaraan untuk menarik atau menggerakkan dirinya di atas permukaan jalan atau rel. Gaya ini sangat penting, terutama pada kendaraan berat seperti truk, untuk mengatasi berbagai hambatan agar bisa bergerak maju.

Besarnya *tractive effort* (TE) dengan memperhatikan variasi gear rasio dapat dihitung menggunakan persamaan 4.

$$TE = \frac{M_e \times i_t \times FGR \times T_e \times i_{tc} \times 1.000.000}{3,14 \times d \times 159}$$

$$TE = \frac{2240 \times 14,12 \times 6,58 \times 0,65 \times 1 \times 1.000.000}{3,14 \times 1100 \times 159}$$

$$TE = 246321,6062 \text{ N}$$

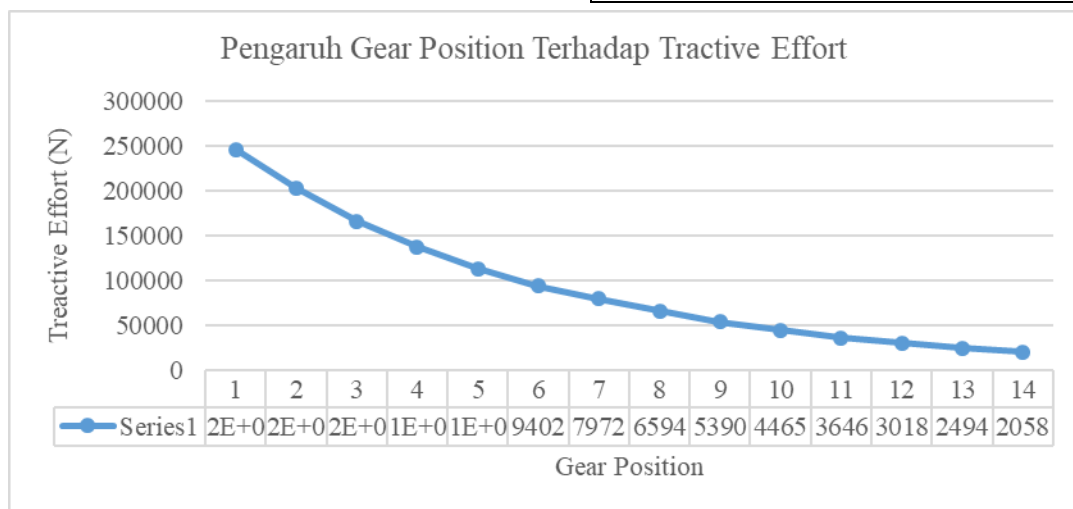
Dengan memasukkan nilai-nilai yang relevan, seperti massa kendaraan (2240 kg), rasio roda gigi (14,12), faktor gesekan roda (6,58), efisiensi mesin (0,65), dan diameter roda (1100 mm), diperoleh hasil perhitungan

tractive effort sebesar 246321 N. Hasil ini menunjukkan besarnya gaya tarik yang dihasilkan oleh kendaraan untuk mengatasi hambatan dan mendorong kendaraan maju. Hasil perhitungan *tractive effort* (TE) dengan variasi *gear ratio* atau posisi gigi disajikan dalam bentuk tabel 7 nilai *tractive effort* terhadap variasi *gear position/gear ratio*.

Table 7 Nilai *Tractive Effort* Terhadap Variasi *Gear Position/Gear Ratio*

Tranfer Gear		<i>Tractive Effort</i> (N)
<i>Gear Position</i>	<i>Gear Ratio</i>	
1	14,12	246321,6062
2	11,68	203756,1161
3	9,54	166424,088
4	7,89	137640,0476
5	6,52	113740,5717
6	5,39	94027,86524

Tranfer Gear		<i>Tractive Effort</i> (N)
<i>Gear Position</i>	<i>Gear Ratio</i>	
7	4,57	79723,06942
8	3,78	65941,61978
9	3,09	53904,65744
10	2,56	44658,87477
11	2,09	36459,78448
12	1,73	30179,63022
13	1,43	24946,16833
14	1,18	20584,95009



Gambar 10 Hubungan *Gear Position/Ratio* Dengan *Tractive Effort*

Dari grafik diatas menunjukan semakin tinggi posisi gear kendaraan atau semakin rendah gear rasio maka semakin kecil nilai *tractive effort* yang digunakan. Grafik ini memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana pengaturan *gear ratio* berperan penting dalam mengoptimalkan kinerja kendaraan. Dalam praktiknya, kendaraan dengan *gear ratio* rendah sangat berguna pada kecepatan tinggi di medan datar, di mana gaya tarik yang diperlukan lebih kecil, sedangkan *gear ratio* tinggi lebih efektif untuk medan berat atau tanjakan.

Setelah memahami pengaruh *gear ratio* atau posisi gear terhadap nilai *tractive effort*, langkah selanjutnya yaitu menghitung pengaruh gradien (kemiringan jalan) terhadap *tractive effort*. Pengaruh gradien terhadap *tractive effort* sangat signifikan, terutama saat kendaraan melaju di jalan menanjak. Besarnya gaya tarik (*tractive effort*) ini dapat dihitung menggunakan persamaan 5.

$$TE = \frac{GCW \times g \times \{sudut + (Crr \times 100)\}}{100}$$

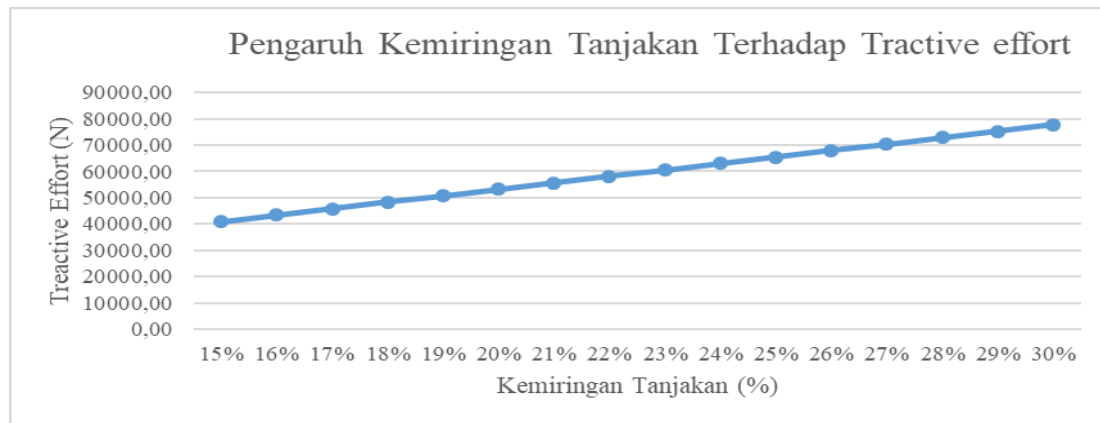
$$TE = \frac{25000 \times 9,81 \times \{15 + (0,017 \times 100)\}}{100}$$

$$TE = 40956,75 \text{ N}$$

Hasil perhitungan *tractive effort* (TE) dengan variasi gradien disajikan dalam bentuk tabel 8 nilai *tractive effort* terhadap variasi gradient.

Table 8 Nilai *Tractive Effort* Terhadap Variasi Gradient.

Gradient (%)	Tractive Effort (N)	Gradient (%)	Tractive Effort (N)
15	40956,75	23	60576,75
16	43409,25	24	63029,25
17	45861,75	25	65481,75
18	48314,25	26	67934,25
19	50766,75	27	70386,75
20	53219,25	28	72839,25
21	55671,75	29	75291,75
22	58124,25	30	77744,25

Gambar 11 Hubungan Gradien Dengan *Tractive Effort*

Hasil dari grafik yang telah dibuat menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang berbanding lurus antara kemiringan tanjakan dan *tractive effort*. Hal ini berarti bahwa semakin besar sudut atau persentase kemiringan tanjakan, semakin besar pula gaya dorong atau tarik yang diperlukan oleh kendaraan untuk dapat melaju naik. Grafik tersebut dengan jelas menggambarkan bahwa kendaraan harus mengeluarkan tenaga yang lebih besar saat menghadapi jalan yang lebih curam, karena gaya gravitasi yang bekerja pada kendaraan semakin besar seiring dengan peningkatan gradien.

3.5 Perhitungan Kecepatan Kendaraan

Kecepatan kendaraan (*roadspeed*) didapat dari perhitungan menggunakan persamaan 6. berikut ini.

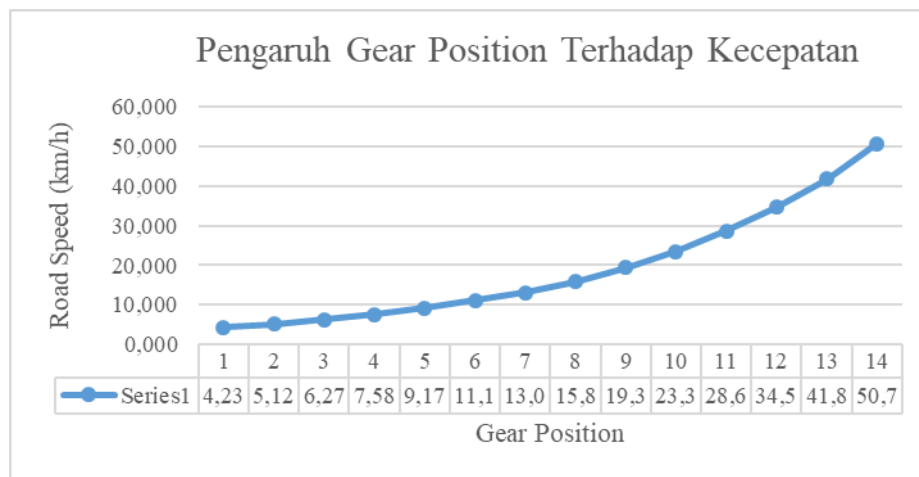
$$v = \left(\frac{Gs \times d \times 3,14}{FGR \times it \times itc} \right) \times \frac{60}{1.000.000}$$

$$v = \left(\frac{1900 \times 1100 \times 3,14}{6,58 \times 14,12 \times 1} \right) \times \frac{60}{1.000.000}$$

$$v = 4,238 \text{ km/h.}$$

Table 9 Nilai Kecepatan Terhadap *Gear Ratio*

Gear Position	Gear Ratio	v (km/h)	Gear Position	Gear Ratio	v (km/h)
1	14,12	4,238	8	3,78	15,831
2	11,68	5,123	9	3,09	19,366
3	9,54	6,273	10	2,56	23,376
4	7,89	7,584	11	2,09	28,632
5	6,52	9,178	12	1,73	34,590
6	5,39	11,102	13	1,43	41,847
7	4,57	13,094	14	1,18	50,713



Gambar 12 Hubungan Gear Position/Ratio Dengan Tractive Effort

Berdasarkan grafik di atas menunjukkan nilai kecepatan kendaraan yang dihitung berdasarkan rasio gigi transmisi. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, truk memiliki kecepatan maksimum sebesar 50,713 km/jam. Kecepatan ini merupakan batas tertinggi yang dapat dicapai oleh kendaraan dalam kondisi ideal. Namun demikian, penggunaan kecepatan maksimum ini tidak direkomendasikan, terutama untuk kendaraan berat, karena terdapat batasan kecepatan aman dalam operasional lapangan. Pengoperasian kendaraan pada kecepatan tinggi berpotensi meningkatkan risiko kecelakaan dan dapat membahayakan kondisi lingkungan sekitar, baik terhadap manusia maupun infrastruktur. Oleh karena itu perhitungan ini bisa menjadi acuan dalam penggunaan dilapangan.

Dari grafik yang ditampilkan, hubungan yang terlihat adalah bahwa semakin rendah nilai rasio gigi (*gear ratio*) atau semakin tinggi posisi gear, maka semakin tinggi kecepatan kendaraan. Hal ini terjadi karena rasio gigi yang kecil mengindikasikan bahwa tenaga mesin diteruskan ke roda dengan sedikit reduksi.

4 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan analisis kemampuan tarik (*tractive effort*) truk Astra *Manhaul* 4x4 pada jalur tanjakan dengan gradien 15–30% dapat disimpulkan bahwa gaya hambat utama yang dihadapi truk pada tanjakan meliputi hambatan angin (*aerodinamis*) dengan nilai maksimalnya sebesar 1.286 N, hambatan *rolling* (*rolling resistance*) dengan nilai maksimal sebesar 3.994 N dan hambatan tanjakan (*grade resistance*) dengan nilai maksimal sebesar 70.434 N. Maka nilai dari gaya hambat total sebesar 75.714 N. Sedangkan kemampuan tarik (*tractive effort*) yang dihasilkan truk Astra *Manhaul* 4x4 telah dianalisis dan dinyatakan cukup untuk mengatasi total gaya - gaya yang menghambat kendaraan pada rentang gradien 15–30%, serta dalam operasionalnya batas posisi paling aman untuk gradien sampai 30 % ada di posisi gigi 6 dengan nilai 94.028 N dengan kecepatan 11,102 km/h.

5 Referensi

- [1] A.A.I.A. S. Komaladewi & I K. A. Atmika. (2014). Karakteristik Traksi Dan Kinerja Transmisi Pada Sistem Gear Transmission Dan Gearless Transmission. 57-62.
- [2] Alvian, S. (2023). Analisis Cfd Penyempurnaan Penggunaan Pengarah Angin Terhadap Pengurangan Gaya Drag Pada Mobil Barang Bak Tertutup. 42-49.
- [3] F. I. Saputra & R. Trisno. (2022). Pengaruh Gradien 40% Terhadap Jumlah Lrv Yang Ditarik Kereta Penolong Untuk Menghindari Terjadinya Slip Pada Lrt Jakarta. 4 No 1, 73-80.
- [4] F. Tania, M. K. Syafrianto, S. Setiawati. (2021). Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Dari Front Penambangan Menuju Lokasi Washing Plant Pt. Cita Mineral Investindo Tbk, Ketapang.
- [5] K. A. Atmika, I M. G. Karohika, I K. A. D. Adnyana. (2013). ANALISIS Kinerja Traksi Kendaraan Truk Muatan Berlebih.
- [6] I. C. Adhi, A.A.I.A. S. Komaladewi, I. A. Atmika, I. Suriadi. (2012). ANALISIS Traksi Untuk Kendaraan Truk Angkutan Barang Jalur Depansar-Gilimanuk. 2 No 2, 108-115.
- [7] Mirza, A. (2019). Analisis Pengaruh Geometri Jalan Terhadap Fuel Ratio Dan Biaya Angkut Dump Truck Hino Fm 260 Jd Dalam Kegiatan Penambangan Di Front Tambang Pt Antam, Kalimantan Barat. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.

- [8] N. E. Wibowo, & I N. Sutantra. (2015). Peningkatan Karakteristik Traksi Pada Mobil Formula Sapuangin Speed 3.
- [9] N. E. Wibowo, & I N. Sutantra. (2023). Analisis Karakteristik Traksi Pada Kendaraan Gokart Kontes Mobil Heat Energi Kemendikbud. 152-162.
- [10] Pangestu, R. A. (2024). *Analisis Aerodinamis Body Mobil Listrik Dengan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd) Pada Variasi Frontal Area Dan Kecepatan Aliran Udara Menggunakan Software Ansys Fluent*. Universitas Malikussaleh.
- [11] R. D. Mahmuddah & I N. Sutantra. (2019). Analisis Perbandingan Dan Studi Eksperimen Karakteristik Traksi Transmisi Manual Dengan Transmisi Otomatis Pada Mobil Suzuki All New Ertiga 2018. 8 No 1.
- [12] R. F. Rahman, A. Wikarta, & I N. Sutantra. (2018). Perancangan Dan Analisis Karakteristik Traksi Pada Mobil Pedesaan Serbaguna Waprodes . 7 No 1 .
- [13] Siregar, M. A. (2018). *Analisis Kinerja Traksi Dan Redesign Transmisi Armored Personnel Carrier Komodo 4x4*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- [14] Valentino, J. M. (2015). ANALISIS Resistance, *Tractive effort* Dan Gaya Sentrifugal Pada Kerta Api Taksaka Di Tikungan Karangandul. 1 No 1.
- [15] W. Saputra, I M. G. Karohika, A. Ghury. (2024). Analisis Variasi Radius Deflektor Pada Truck Pick Up Dengan Bak Aerocap Sudut 0° Terhadap Koefisien Hambat Menggunakan Cfd. 78-82.
- [16] Wardana, N. Y. (2016). Analisis Karakteristik Traksi Serta Redesign Rasio Transmisi Mobil Toyota Fortuner 4.0 V6 Sr (At 4x4).
- [17] Widyati, S. (2024). *ANALISIS Pengaruh Grade Jalan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Alat Angkut Pada Pengupasan Overburden Pt Tata Bara Utama Sumatra Selatan*. Jakarta : Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta.