

## ***Analysis of the Relationship between Road Slope and Total Resistance to Fuel Consumption of Sany Skt 90s Dump Truck***

### **Analisis Hubungan Kemiringan Jalan Dan Total Resistance Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dump Truck Sany Skt 90s**

Heri Prabowo<sup>1\*</sup>, Clara Febriani<sup>1</sup>

#### **Abstract**

*The purpose of this study was to determine the relationship between road slope and total resistance to Dump Truck fuel consumption. Based on the calculations, the relationship between road slope and fuel consumption is obtained using the regression equation for when loaded  $Y = 0.0817X + 1.831$  and when empty  $Y = 0.0344X + 0.787$ . While the relationship between total resistance and fuel consumption when loaded with the regression equation  $Y = 0.0012X + 1.8229$  when loaded and  $Y = 0.001X + 0.5789$  when empty. The recommended recommendation to reduce dump truck fuel consumption is by improving the road slope according to the standard, which is 8%. After repairing the road slope, the company can save fuel consumption of 87.07 liters/day for 14 dump trucks with an estimated savings of Rp.1,105,764.87 per day.*

#### **Keywords**

*Production, dump truck, overburden, fuel ratio*

#### **Abstrak**

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui hubungan kemiringan jalan dan total resistance terhadap konsumsi bahan bakar Dump Truck. Berdasarkan perhitungan, didapatkan hubungan kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar menggunakan persamaan regresi untuk saat bermuatan  $Y = 0,0817X + 1,831$  dan ketika kosong  $Y = 0,0344X + 0,787$ . Sedangkan hubungan *total resistance* terhadap konsumsi bahan bakar ketika bermuatan dengan persamaan regresi  $Y = 0,0012X + 1,8229$  ketika bermuatan dan  $Y = 0,001X + 0,5789$  ketika kosong. Rekomendasi yang disarankan untuk dapat menurunkan konsumsi bahan bakar dump truck adalah dengan cara perbaikan kemiringan jalan yang sesuai standar, yaitu 8%. Setelah adanya perbaikan kemiringan jalan, perusahaan dapat menghemat pemakaian bakar sebanyak 87,07 liter/hari untuk 14 unit dump truck dengan taksiran hemat sebesar Rp.1.105.764,87 per hari.

#### **Kata Kunci**

Produksi, dump truck, overburden, fuel ratio

<sup>1</sup>Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang  
Kampus UNP, Jl. Prof. Dr. Hamka, Air Tawar Padang, Sumatera Barat

\* [heri.19782000@ft.unp.ac.id](mailto:heri.19782000@ft.unp.ac.id)

Submitted : May 04, 2023. Accepted : May 26, 2023. Published : June 03, 2023.

## PENDAHULUAN

PT. Manggala Usaha Manunggal berdiri sejak tahun 2006. Perusahaan ini merupakan anak perusahaan dari PT. Titan Infra Energy (Titan Group) yang bergerak di bidang kontraktor dalam penambangan batubara. Dalam proses penambangan untuk mendapatkan bahan galian seperti batubara maka perlu dilakukan pembongkaran, pemuatan dan pengangkutan *overburden* yang dilakukan oleh unit atau alat berat. Dalam penggunaan unit memerlukan *man power* dan bahan bakar sebagai penggerakannya. Penggunaan bahan bakar pada dasarnya mempengaruhi biaya penambangan. Dari data yang didapatkan dari perusahaan penggunaan bahan bakar terbesar yang melebihi rencana yaitu dari alat angkut sehingga setelah dilakukan pengolahan data dapat diketahui *fuel ratio* aktual dari unit *hauler* tersebut setelah membandingkan dengan produksi dan *productivity* unit tersebut [1].

Lokasi *office* untuk *site* area Sumatera Selatan PT. Manggala Usaha Manunggal *site* Banjarsari Pribumi secara administrasi berlokasi di Desa Banjarsari Pribumi, Kecamatan Merapi Timur, Kabupaten Lahat, Provinsi Sumatera Selatan. Untuk menuju lokasi penambangan dapat ditempuh dari kota Padang menggunakan kendaraan roda empat selama 17 jam dengan jarak tempuh  $\pm 755$  km dan dilanjutkan untuk ke lokasi area penambangan menggunakan bus perusahaan dengan waktu tempuh selama  $\pm 20$  menit [2].

Pada umumnya penambangan terbuka dilakukan dengan kombinasi *excavator* sebagai alat gali muat material dan *dump truck* sebagai alat angkut material untuk dibawa ke *disposal* [3]. *Dump truck* yang digunakan Sany SKT 90S dengan kapasitas muatan 60 ton dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat angkut pengangkutan *overburden*

### Faktor yang Mempengaruhi Produksi

Adapun faktor yang mempengaruhi produksi adalah posisi pengangkutan material, faktor material, faktor pengembangan material (*swell factor*), faktor pengisian *bucket* (*bucket fill factor*), waktu edar alat (*Cycle time*), ketersediaan alat mekanis dan kondisi jalan angkut [4].

### Produktivitas Alat Gali Muat

Dalam hal ini, kapasitas *bucket*, faktor pengisian, waktu sirkulasi, dan efisiensi kerja alat semuanya berdampak pada produksi *backhoe*. Anda dapat menggunakan persamaan berikut ini untuk menentukan kapasitas produksi *backhoe* [5]:

$$Q = \frac{n \times q \times sf \times k \times 60 \times Eff}{CT} \quad (1)$$

Keterangan :

Q = produktivitas alat gali-muat (bcm/jam)

n = jumlah bucket  
 q = kapasitas bucket  
 Sf = Swell Factor  
 K = fill factor  
 Eff= Efisiensi kerja

### Grade Jalan

Untuk mengevaluasi kondisi jalan tambang secara akurat, perlu diperhatikan kemiringan jalan angkut, atau grade. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berkorelasi langsung dengan kapasitas (grade) alat angkut untuk melakukan pengereman dan menanjak. Kemiringan jalan angkut biasanya dinyatakan dalam derajat ( $^{\circ}$ ) atau persen [6], yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$\alpha = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (2)$$

$\Delta h$  = Beda tinggi antara dua titik yang diukur.  
 $\Delta x$  = Jarak datar antara dua titik yang diukur.

$$\alpha = \sin^{-1} \frac{AC}{BC} \quad (3)$$

Keterangan :

AC = Beda tinggi antara dua titik yang diukur  
 BC = jarak

### Rimpull

Jumlah gaya atau kekuatan tarik yang dapat diterapkan oleh mesin alat ke permukaan roda atau ban yang menyentuh jalan raya dikenal sebagai rimpull atau upaya jejak [7]. *Rimpull* dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut, yang biasanya dinyatakan dalam pound (lbs)

$$Rimpull = \frac{(375) \times HP \times efficiency}{speed} \quad (4)$$

Keterangan :

Rimpull = gaya tarik (lbs)  
 HP = Horsepower (hp)

Energi yang dikeluarkan oleh motor kendaraan yang dimaksudkan untuk mengangkut timbunan dapat diubah menjadi rimpull jika ada pijakan yang memadai antara permukaan jalan yang ditumpangi kendaraan dengan permukaan jalan. Roda kendaraan akan tergelincir di permukaan jalan jika tidak ada daya cengkeram yang cukup. Ini berarti mesin tidak dapat menggunakan seluruh tenaganya.

### Tahanan – Tahanan Yang Mempengaruhi Gerak Kendaraan

#### Tahanan Gulir (*Rolling Resistance*)

Jumlah dari semua gaya eksternal yang menentang gerakan kendaraan saat melaju di permukaan atau jalan raya disebut hambatan gulir. Kecepatan, berat total kendaraan, struktur jalan, jenis permukaan jalan, ukuran ban, tekanan angin, dan permukaan jalan semuanya berdampak pada hal tersebut. Tahanan gulir semakin besar akan menyebabkan gaya yang diperlukan untuk menarik kendaraan diatas tanah semakin besar, hal ini berhubungan dengan konsumsi bahan bakar yang digunakan semakin tinggi [8]. Tipe ban dan tipe jenis tanah yang bervariasi akan menghasilkan nilai koefisien tahanan gulir yang berbeda-beda. Nilai tahanan gulir untuk berbagai macam jalan bisa dilihat pada [Tabel 1](#).

**Tabel 1.** Rata – rata tahanan gulir untuk berbagai macam jalan (H.L Nichols, 1976)

No	Macam Jalan	RR untuk Ban Karet (lb/ton)
1	Keras, permukaan halus, terawat	40
2	Tegas, permukaan fleksibel, terawat	65
3	Jalan tanah, konstruksi jalan rata, terawat	100
4	Jalan tanah lembut	150
5	Mendalam, permukaan berlumpur, pasir lepas	250-400

**Tahanan Kemiringan (Grade Resistance)**

Jumlah berat yang mencegah kendaraan bergerak menaiki permukaan miring dikenal sebagai hambatan kemiringan. Upaya traksi total (*rimpull*) yang diperlukan untuk menjaga kendaraan tetap bergerak meningkat secara proporsional dengan kemiringan jalan saat kendaraan menaiki permukaan yang menanjak [9].

Berdasarkan keseimbangan gaya menurut tahanan kemiringan dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Gr = W \times \text{Grade Jalan} \quad (5)$$

Keterangan :

GR = tahanan kemiringan (lbs)

W = berat (ton)

Grade = kemiringan jalan

**Konsumsi Bahan Bakar**

Tenaga yang dibutuhkan oleh kendaraan untuk menggerakkan mesin mempengaruhi konsumsi bahan bakar. Persamaan berikut ini dapat digunakan untuk memperkirakan konsumsi bahan bakar alat angkut [10]:

$$\text{Konsumsi bahan bakar persegmen} = \% \text{ Daya} \times \text{Konsumsi bahan bakar perjam} \quad (6)$$

$$\% \text{ Daya} = \frac{\text{Daya segmen}}{\text{Daya total}} \times 100\% \quad (7)$$

Persamaan berikut ini menunjukkan nilai daya dump truck pada setiap bagian jalan:

$$Pa = Va \times (a \times Va^2) + (b \times Wa) \quad (8)$$

$$Pk = Vk \times (a \times Vk^2) \times (c \times Wk) \quad (9)$$

Keterangan :

Pa = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point* (kW)

Pk = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *dumping point* ke *loading point* (kW)

Va = Kecepatan angkut rata-rata dari *loading point* ke *dumping point* (m/s)

Vk = Kecepatan angkut rata-rata dari *dumping point* ke *loading point* (m/s)

Persamaan di bawah ini menunjukkan nilai konstanta a, b, dan c:

$$a = \frac{1}{2} \times Cd \times \rho \mu \times AF \quad (10)$$

$$b = (g \times \cos\theta \times (f + Crr)) + (g \times \sin\theta) \quad (11)$$

$$c = (g \times \cos\theta \times (f + Crr)) - (g \times \sin\theta) \quad (12)$$

Keterangan :

Cd = Koefisien hambatan aerodinamis

$\rho \mu$  = Densiti udara (Kg/m<sup>3</sup>)

AF = Luas bagian depan kendaraan ( $m^2$ )

g = Percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

$\theta$  = Sudut kemiringan jalan ( $^\circ$ )

f = Koefisien gesekan ban dengan permukaan jalan

Kemiringan jalan yang dilalui dump truck menentukan tanda positif dan negatif pada konstanta b dan c. Tanda positif digunakan untuk kemiringan jalan menanjak, sedangkan tanda negatif digunakan untuk kemiringan jalan menurun [11].

### Fuel Ratio

Rasio bahan bakar adalah perbandingan antara produksi lapisan tanah penutup dengan bahan bakar yang digunakan untuk penambangan. Bahan bakar yang terbakar (liter/jam) dan produktivitas alat (bcm/jam) merupakan dua faktor yang mempengaruhi nilai fuel ratio [12][13]. Berikut persamaan yang digunakan untuk menentukan *fuel ratio*.

$$\text{Fuel Ratio} = \frac{\text{Fuel Burn}}{\text{Produktivitas}} \quad (13)$$

Keterangan :

*Fuel ratio* = rasio penggunaan bahan bakar (liter/bcm)

Produktivitas = kemampuan kerja alat (bcm/jam)

FC/ *fuel burn* = konsumsi bahan bakar (liter/jam)

### Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Biaya pembelian bahan bakar agar dump truck dapat terus beroperasi dikenal sebagai biaya konsumsi bahan bakar. Harga bahan bakar solar industri untuk bulan Maret 2022, yaitu Rp 12.700/liter, digunakan untuk menghitung biaya konsumsi bahan bakar *dump truck* [14]. Persamaan berikut ini digunakan untuk menentukan biaya konsumsi bahan bakar *dump truck*:

$$\text{Biaya bahan bakar} = \text{Pemakaian solar}(l/\text{jam}) \times \text{Harga solar}(Rp/l) \quad (14)$$

## METODE PENELITIAN

Jenis penelitian kuantitatif eksperimental digunakan dalam penelitian ini. Hal ini dikarenakan penelitian akan menggunakan data berupa angka-angka, yang kemudian akan diolah, dianalisis, dan disajikan dalam bentuk tabel atau grafik untuk menunjukkan hasil dari pengolahan data tersebut. Penelitian ini termasuk ke dalam metode penelitian terapan berdasarkan jenis penggunaannya. Data primer yang diambil berupa data *cycle time*, kecepatan *dump truck* Sany 90S dan kemiringan (*grade*) jalan [15][16]. Perhitungan dilakukan untuk menganalisa konsumsi bahan bakar, geometri jalan dan *total resistance*. *Fuel ratio* dihitung dengan membandingkan *fuel consumption* dengan *productivity* alat angkut tersebut. Konsumsi bahan bakar yang akan dihitung adalah bahan bakar alat angkut dari *pit middle* menuju *disposal area* dan sebaliknya berdasarkan segmen [17].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Geometri Jalan

Kemiringan jalan produksi berkaitan dengan kemampuan alat angkut dalam melakukan pengereman dan mengatasi tanjakan. Kemiringan jalan umumnya dinyatakan dalam (%). *Grade* jalan dan lebar jalan produksi PT. Manggala Usaha Manunggal dapat dilihat pada Tabel 2. Kemiringan jalan tambang maksimal di 8% sesuai ketentuan yang ada di perusahaan. Dari Tabel 2 dapat diketahui terdapat 4 segmen yang kemiringannya diatas 8%.

Tabel 2. Kemiringan jalan

No	Segmen	Beda Tinggi (m)	Jarak (m)	Kemiringan (%)
1	A	5,979	59,055	10,12
2	B	8,384	95,116	8,81
3	C	8,03	91,315	8,79
4	D	1,854	36,846	5,03
5	E	0,703	98,271	0,72
6	F	1,726	79,642	2,17
7	G	0,97	60,015	1,62
8	H	4,417	134,8	3,28
9	I	1,547	71,049	2,18
10	J	6,912	85,831	8,05

### Waktu Edar Alat Gali Muat (Cycle Time)

Pada lokasi penelitian dilakukan pengambilan data yang dilakukan pada shift 1 atau siang hari. Berikut merupakan tabel *cycle time* pada pengangkutan *overburden*.

### Perhitungan Produktivitas Aktual Alat Angkut

$$Q = \frac{n \times q \times sf \times k \times 60 \times Eff}{CT}$$

$$Q = \frac{6 \times 3 \times 1,34 \times 0,80 \times 60 \times 80,8}{16,97}$$

$$Q = 64,77 \text{ bcm/jam}$$

### Tahanan Kemiringan (Grade Resistance)

Perhitungan tahanan kemiringan yang dilakukan yaitu dengan cara menghitung kemiringan jalan terlebih dahulu kemudian dapat dihitung tahanan kemiringan tersebut menggunakan persamaan

$$Gr = W \times \text{Grade Jalan}$$

Dengan menggunakan persamaan tersebut dapat diketahui tahanan kemiringan per segmen jalan tambang tersebut. Nilai tanah kemiringan saat muatan (Tabel 3) dan nilai tahanan kemiringan saat muatan (Tabel 4). Berdasarkan uraian dari Tabel 3 dan Tabel 4 untuk tahanan kemiringan yang bernilai positif menunjukkan tanjakan dan untuk yang bernilai negatif menunjukkan turunan saat melewati jalan tersebut.

Tabel 3. Nilai tahanan kemiringan saat muatan

No	Segmen	Kemiringan (%)	Tahanan Kemiringan (lbs/ton)
1	A	10,12	733,11
2	B	8,81	638,26
3	C	8,79	636,75
4	D	5,03	364,35
5	E	-0,72	-51,80
6	F	-2,17	-156,93
7	G	-1,62	-117,03
8	H	-3,28	-237,27
9	I	-2,18	-157,66
10	J	-8,05	-583,12

**Tabel 4.** Nilai tahanan kemiringan saat kosongan

No	Segmen	Kemiringan (%)	Tahanan Kemiringan (lbs/ton)
1	A	-10,12	-303,73
2	B	-8,81	-264,44
3	C	-8,79	-263,81
4	D	-5,03	-150,95
5	E	0,72	21,46
6	F	2,17	65,02
7	G	1,62	48,49
8	H	3,28	98,30
9	I	2,18	65,32
10	J	8,05	241,59

**Tenaga Tarik (Rimpull)**

Perhitungan tenaga tarik dilakukan dengan menggunakan persamaan dengan mengetahui *horse power* unit yang digunakan pada perusahaan tersebut. Tenaga tarik bergantung pada kecepatan maksimum setiap *gear*. Ketentuan rimpull dengan kecepatan maksimum setiap gear dengan efisiensi mesin 0,8 dilihat pada Tabel 5. Rimpull biasanya dinyatakan dalam pounds (lbs) dengan persamaan.

$$Rimpull = \frac{(375) \times HP \times efficiency}{speed} \quad (4)$$

$$Rimpull = \frac{(375) \times 530 \times 0,80}{4,39}$$

**Tabel 5.** Ketentuan rimpull dengan kecepatan maksimum per-gear dengan efisiensi mesin 0,80

Gear	Kecepatan		HP	Eff. Mekanis	Rimpull
	(km/jam)	(mph)			
1	4.39	2,73	530	0,8	58241,76
2	5.99	3,72	530	0,8	42741,94
3	8.28	5,14	530	0,8	30933,85
4	11.15	6,93	530	0,8	22943,72
5	15.15	9,41	530	0,8	16896,92
6	24.93	15,49	530	0,8	10264,69
7	40.14	24,94	530	0,8	6375,301

**Perhitungan Fuel Ratio**

Perhitungan *fuel ratio* dilakukan dengan membandingkan *fuel burn* dengan produktivitas material tersebut terdapat pada Tabel 6.

$$Fuel Ratio = \frac{Fuel Burn}{Produktivitas}$$

Tabel 6. Fuel ratio SKT 90S

CN Unit	Total (jam)	Fuel Usage (L)	PTY OB (bcm/jam)	Fuel Cons. (L/jam)	Fuel Ratio (L/bcm)
XDTSN90019	361	9946	61,75	27,55	0,45
XDTSN90020	391	10953	62,39	28,01	0,45
XDTSN90026	205	4813	57,31	23,48	0,41
XDTSN90028	291	9102	58,41	31,28	0,54
XDTSN90030	357	8994	64,62	25,19	0,39
XDTSN90033	94,25	2592	65,42	27,5	0,42
XDTSN90034	366	10001	64,07	27,33	0,43
XDTSN90036	269	6759	61,55	25,13	0,41
XDTSN90037	266	7401	64,99	27,82	0,43
XDTSN90059	192	5432	66,33	28,29	0,43
XDTSN90061	174	4913	61,19	28,24	0,46
XDTSN90062	365	10152	62,03	27,81	0,45
XDTSN90063	355	7515	60,77	21,17	0,35
XDTSN90064	386	10605	59,79	27,47	0,46
Rata-Rata				26,88	0,43

### Konsumsi Bahan Bakar

Berdasarkan segmen yang telah dibagi sebelumnya, bahan bakar yang digunakan untuk berpindah dari pusat pit ke area pembuangan dan sebaliknya adalah konsumsi bahan bakar yang akan dihitung. Perhitungan konsumsi bahan bakar menggunakan persamaan 7-11, sehingga setelah dihitung didapatkan daya untuk tiap segmennya pada Tabel 7.

Tabel 7. Daya yang dikeluarkan dump truck

No	Segmen Jalan	Grade (%)	P (kw)	
			Pa (kw)	Pk (kw)
1	A	10,12	226,75	36,10
2	B	8,81	217,52	40,88
3	C	8,79	217,48	41,07
4	D	5,03	191,61	53,84
5	E	0,72	152,24	72,43
6	F	2,17	142,66	75,06
7	G	1,62	146,17	72,38
8	H	3,28	133,37	76,24
9	I	2,18	141,37	72,25
10	J	8,05	98,33	88,96
Total			1667,51	629,20
			2296,71	

Nilai penggunaan bahan bakar di setiap fragmen dapat ditemukan dengan mengubah nilai daya yang dihasilkan oleh truk pengangkut sampah saat ditumpuk dan saat kosong menjadi persen. Total output daya truk sampah diasumsikan seratus persen dalam waktu satu jam. Persamaan 5 dan 6 digunakan untuk mengalikan persentase daya yang dilepaskan oleh truk sampah dengan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi dalam satu jam. Sehingga didapatkan hasil perhitungan nilai konsumsi bahan bakar dump truck pada [Tabel 8](#).

*Tabel 8. Nilai konsumsi bahan bakar dump truck*

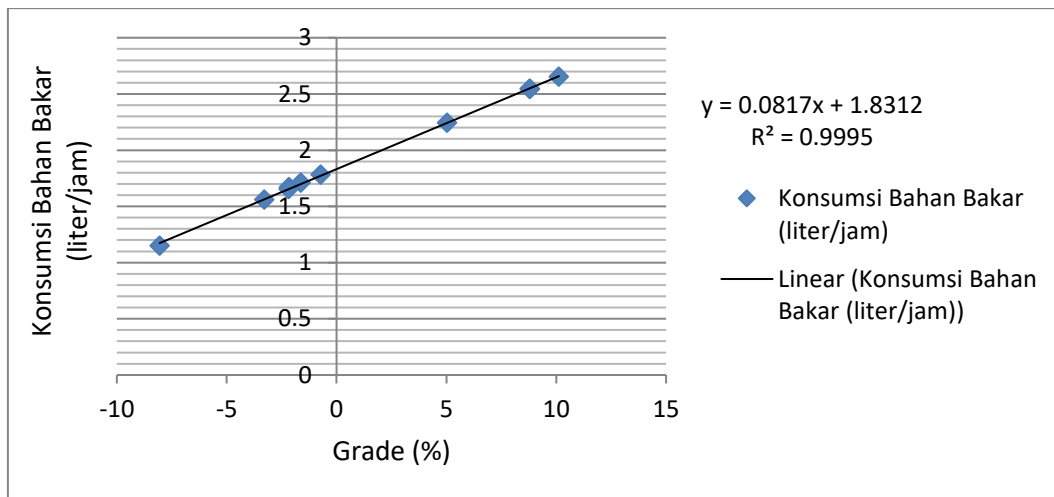
No	Segmen Jalan	Grade (%)	P (%)		Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)	
			Pa	Pk	Bermuatan	Kosong
1	A	10,12	9,87	1,57	2,6538	0,4225
2	B	8,81	9,47	1,78	2,5458	0,4785
3	C	8,79	9,47	1,79	2,5453	0,4807
4	D	5,03	8,34	2,34	2,2425	0,6301
5	E	0,72	6,63	3,15	1,7817	0,8476
6	F	2,17	6,21	3,27	1,6697	0,8785
7	G	1,62	6,36	3,15	1,7108	0,8471
8	H	3,28	5,81	3,32	1,5610	0,8922
9	I	2,18	6,16	3,15	1,6546	0,8456
10	J	8,05	4,28	3,87	1,1508	1,0411
<b>Total</b>			<b>72,60</b>	<b>27,40</b>	<b>19,5160645</b>	<b>7,3639</b>

### Hubungan Kemiringan Jalan terhadap Pemakaian Bahan Bakar

Grafik hubungan antara kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar dump truck saat bermuatan dan saat kosong dapat dilihat pada [Gambar 2](#) dan [3](#), yang didasarkan pada hasil regresi linier sederhana yang dilakukan di Microsoft Excel. Hubungan kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar dump truck terlihat pada [Tabel 9](#). [Tabel 10](#) menjelaskan hubungan Kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar dump truck ketika kosong.

*Tabel 9. Kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar dump truck*

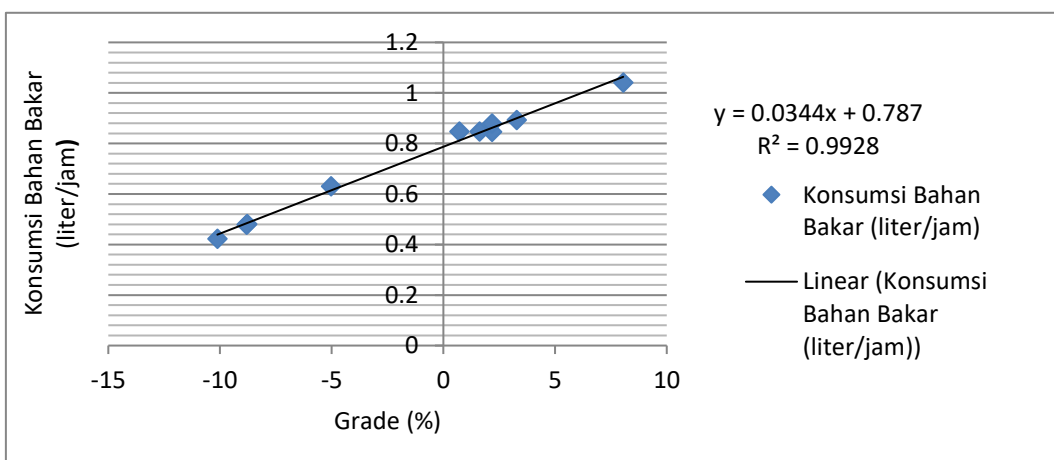
No	Segmen Jalan	Grade (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	A	10,12	2,6538
2	B	8,81	2,5458
3	C	8,79	2,5453
4	D	5,03	2,2425
5	E	-0,72	1,7817
6	F	-2,17	1,6697
7	G	-1,62	1,7108
8	H	-3,28	1,5610
9	I	-2,18	1,6546
10	J	-8,05	1,1508
<b>Total</b>			<b>19,5161</b>



Gambar 2. Grafik hubungan kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar ketika dump truck bermuatan

Tabel 10. Kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar dump truck ketika kosong

No	Segmen Jalan	Grade (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	J	8,05	1,0411
2	I	2,18	0,8456
3	H	3,28	0,8922
4	G	1,62	0,8471
5	F	2,17	0,8785
6	E	0,72	0,8476
7	D	-5,03	0,6301
8	C	-8,79	0,4807
9	B	-8,81	0,4785
10	A	-10,12	0,4225
<b>Total</b>			<b>7,3639</b>



Gambar 3. Grafik hubungan kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar ketika dump truck kosong

Hubungan kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar ketika dump truk berisi (Gambar 3) dan ketika dump truk kosong (Gambar 4). Cenderung terlihat bahwa penggunaan bahan bakar meningkat seiring dengan meningkatnya kemiringan jalan. Kemiringan yang lebih tinggi membuat truk pengangkut sampah mengeluarkan lebih banyak tenaga untuk menarik beban kendaraan dan muatannya agar kecepatan truk pengangkut sampah tetap stabil. Pada saat truk TPA bermuatan, kemiringan jalan memberikan pengaruh sebesar 99,96% terhadap konsumsi bahan bakar, sedangkan faktor lain dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9996 memberikan pengaruh.

Persamaan regresi tersebut dapat diartikan bahwa nilai konstanta ( $a$ ) sebesar 1,831 menunjukkan bahwa nilai konsumsi bahan bakar dump truck saat bermuatan adalah sebesar 1,831 satuan jika tidak dipengaruhi oleh kemiringan jalan (kemiringan jalan = 0). Berdasarkan grafik pada Gambar 3, nilai persamaan regresi untuk pengaruh kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar dump truck saat bermuatan adalah  $Y = 1,831 + 0,0817X$ . Nilai variabel kemiringan ( $X$ ) pada koefisien regresi memiliki tanda positif sebesar 0,0817. Hal ini menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar akan meningkat sebesar 0,0817 satuan ditambah dengan nilai konstanta sebesar 1,934 satuan untuk setiap kenaikan 1 (satu) satuan pada persen kemiringan dalam hal ini.

Kemiringan jalan memiliki pengaruh sebesar 99,28% terhadap konsumsi bahan bakar dump truck saat kosong, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9928. Persamaan regresi tersebut dapat diinterpretasikan bahwa nilai konstanta ( $a$ ) sebesar 0,787 menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar dump truck saat bermuatan adalah sebesar 0,787 satuan jika tidak dipengaruhi oleh kemiringan jalan (kemiringan jalan = 0). Berdasarkan grafik pada Gambar 8, nilai persamaan regresi untuk pengaruh kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar dump truck saat kosong adalah  $Y = 0,787 + 0,0344X$ . Nilai koefisien regresi variabel kemiringan ( $X$ ) bertanda positif sebesar 0,0344, menunjukkan bahwa konsumsi bahan bakar akan meningkat sebesar 0,00344 satuan ditambah dengan nilai konstanta sebesar 0,787 satuan untuk setiap kenaikan 1 (satu) satuan persen kemiringan.

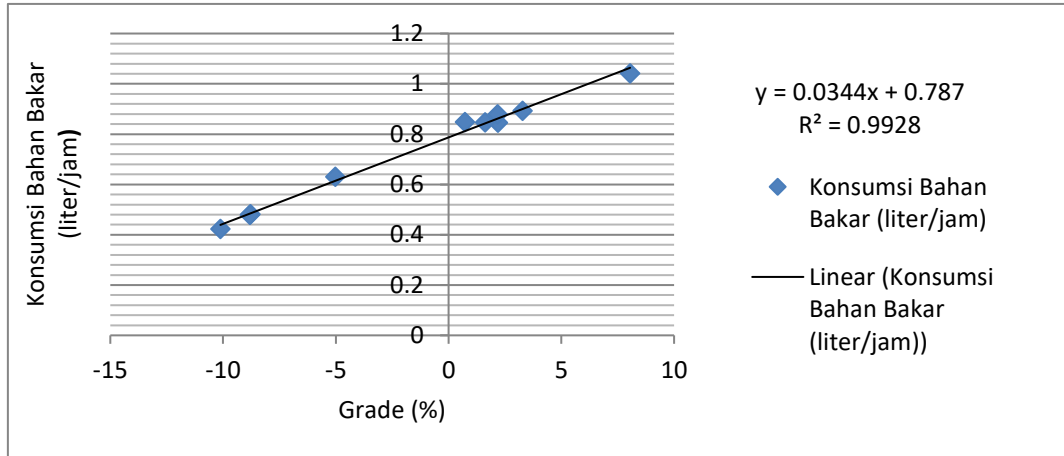
### Hubungan Total Resistance Terhadap Pemakaian Bahan Bakar

Hambatan absolut adalah jumlah hambatan bergerak dan hambatan tingkat yang mempengaruhi truk. Tabel 11 dan Tabel 12 menunjukkan perbandingan hambatan total terhadap konsumsi bahan bakar. Grafik hubungan total resistance terhadap pemakaian bahan bakar ketika bermuatan (Gambar 4) dan tidak bermuatan (Gambar 5).

Tabel 11. Total resistance dan konsumsi bahan bakar dump truck ketika bermuatan

No	Segmen Jalan	GR (lb/ton)	RR (lb/ton)	Total Resistance (lb/ton)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	A	733,11	93	826,11	2,8056
2	B	638,26	93	731,26	2,6909
3	C	636,75	93	729,75	2,6905
4	D	364,35	93	457,35	2,3699
5	E	-51,80	93	41,20	1,8799
6	F	-156,93	93	-63,93	1,7600
7	G	-117,03	93	-24,03	1,8037

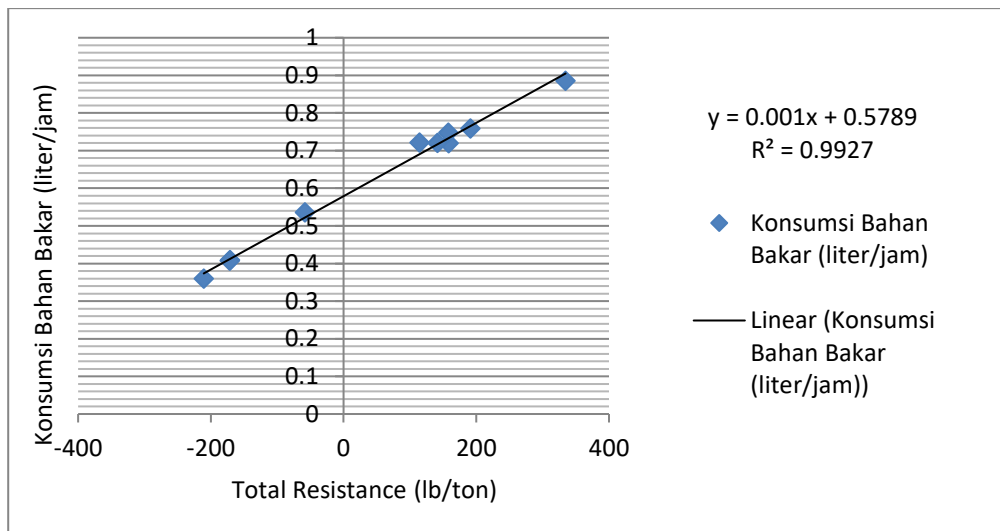
No	Segmen Jalan	GR (lb/ton)	RR (lb/ton)	Total Resistance (lb/ton)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
8	H	-237,27	93	-144,27	1,6531
9	I	-157,66	93	-64,66	1,7472
10	J	-583,12	66,33	93	1,2153



Gambar 4. Grafik hubungan total resistance terhadap pemakaian bahan bakar ketika bermuatan

Tabel 12. Total resistance dan konsumsi bahan bakar dump truck ketika kosong

No	Segmen Jalan	GR (lb/ton)	RR (lb/ton)	Total Resistance (lb/ton)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	J	241,59	93	334,59	0,8856
2	I	65,32	93	158,32	0,7193
3	H	98,30	93	191,3	0,759
4	G	48,49	93	141,49	0,7205
5	F	65,02	93	158,02	0,7472
6	E	21,46	93	114,46	0,721
7	D	-150,95	93	-57,95	0,536
8	C	-263,81	93	-170,81	0,4089
9	B	-264,43	93	-171,43	0,407
10	A	-303,73	93	-210,73	0,3594



Gambar 5. Grafik hubungan total resistance terhadap pemakaian bahan bakar ketika kosong

Ketika truk kosong, hambatan total memiliki pengaruh sebesar 99,97% terhadap konsumsi bahan bakar, sedangkan faktor lain memiliki pengaruh dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9997. Berdasarkan grafik pada Gambar 9, diperoleh nilai kondisi kambuh dari dampak hambatan absolut terhadap penggunaan bahan bakar saat truk sampah dalam keadaan tertumpuk, yaitu  $Y = 1,8229 + 0,0012X$ . Kondisi kambuh dapat diuraikan bahwa nilai steady (a) sebesar 1,8229 menunjukkan bahwa jika tidak dipengaruhi oleh hambatan mutlak ( $tr = 0$ ), maka pada saat itu nilai penggunaan bahan bakar truk TPA ketika ditumpuk adalah 1,8229 unit. Nilai koefisien regresi dari variabel tanjakan (X) memberikan indikasi positif sebesar 0,0012, yang berarti bahwa setiap kenaikan satu (1) unit akan meningkatkan penggunaan bahan bakar sebesar 0,0012 unit di samping nilai tetap sebesar 1,8229.

Ketika dump truck bermuatan, hambatan total memiliki pengaruh 99,27 persen terhadap konsumsi bahan bakar, sedangkan faktor lain dengan koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9927 mempengaruhi konsumsi bahan bakar yang tersisa.

### Rekomendasi Penurunan Konsumsi Bahan Bakar

Simulasi perbaikan kemiringan jalan pada standar yang berlaku, yaitu 8%, merupakan rekomendasi yang disarankan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar *dump truck*. Namun, hanya segmen jalan yang dimuati muatan menanjak dan memiliki kemiringan lebih besar dari 8%, yaitu segmen A, B, C, dan J, yang menjadi subjek simulasi ini. Konsumsi bahan bakar dan perhitungan kemiringan jalan Ketika dump truck penuh, persamaan regresinya adalah  $Y = 1,831 + 0,0817X$ , sedangkan ketika dump truck kosong adalah  $Y = 0,787 + 0,0344X$ .

Besarnya konsumsi bahan bakar yang dihitung setelah simulasi serta nilai kemiringan jalan yang direkomendasikan untuk setiap segmen ketika bermuatan (Tabel 13) dan saat kosong (Tabel 14).

Tabel 13. Simulasi rekomendasi kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar ketika dump truck bermuatan

No	Segmen Jalan	Grade (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	A	8	2,4846
2	B	8	2,4846
3	C	8	2,4846

No	Segmen Jalan	Grade (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
4	D	5,03	2,2420
5	E	-0,72	1,7722
6	F	-2,17	1,6537
7	G	-1,62	1,6986
8	H	-3,28	1,5630
9	I	-2,18	1,6529
10	J	-8,05	1,1733
<b>Total</b>			<b>19,2095</b>

*Tabel 14. Simulasi rekomendasi kemiringan jalan dan konsumsi bahan bakar ketika dump truck kosong*

No	Segmen Jalan	Grade (%)	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)
1	J	8	1,0622
2	I	2,18	0,8620
3	H	3,28	0,8998
4	G	1,62	0,8427
5	F	2,17	0,8616
6	E	0,72	0,8118
7	D	-5,03	0,6140
8	C	-8,79	0,4846
9	B	-8,81	0,4839
10	A	-10,12	0,4389
<b>Total</b>			<b>7,3616</b>

Setelah rekomendasi perbaikan lereng, estimasi konsumsi bahan bakar dump truck menjadi 19,2095 liter per jam saat bermuatan, dan 7,3616 liter per jam saat kosong. Dari sebelumnya 26,8767 liter/jam, total konsumsi bahan bakar meningkat menjadi 26,5711 liter/jam. Setelah adanya rekomendasi untuk mengurangi kemiringan jalan, total estimasi nilai konsumsi bahan bakar tidak dapat memenuhi standar konsumsi bahan bakar rata-rata perusahaan yaitu 22 liter/jam. Hal ini dikarenakan masih banyak ruas jalan dengan kemiringan di atas 8% dimana posisi dump truck berubah ketika bermuatan, sehingga pengurangan kemiringan jalan tidak maksimal.

Nilai rasio bahan bakar dapat ditentukan setelah nilai konsumsi bahan bakar diperoleh dengan mengikuti rekomendasi perbaikan lereng. Berikut ini adalah cara menghitung rasio bahan bakar dengan mengikuti rekomendasi perbaikan kemiringan jalan:

$$\text{Fuel Ratio} = \frac{\text{Fuel Burn}}{\text{Produktivitas}}$$

$$\text{Fuel Ratio} = \frac{26,5711 \text{ liter/jam}}{62,187 \text{ cm/jam}}$$

$$\text{Fuel Ratio} = 0,4272 \text{ liter/bcm}$$

### Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Pada bulan Maret 2022, biaya bahan bakar industri adalah Rp 12.700 per liter. Perkiraan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi adalah 26,877 liter per jam sebelum adanya rekomendasi untuk meningkatkan kemiringan jalan. [Tabel 15](#) dan [16](#) menunjukkan peningkatan kemiringan jalan setelah adanya rekomendasi.

**Tabel 15.** Estimasi biaya bahan bakar dump truck sebelum perbaikan kemiringan jalan

Bahan Bakar		Harga Perliter (Rp.)	Biaya Bahan Bakar (Rp.)
liter/jam	26,88	12.700	341.376
liter/hari (18,57jam)	499,17	12.700	6.339.459
liter/bulan (572,27 jam)	15.382,62	12.700	195.359.274
14 dt/jam	376,32	12.700	4.779.264
14 dt/hari	6.988,38	12.700	88.752.426
14 dt/bulan	215.356,68	12.700	2.735.029.836

**Tabel 16.** Estimasi biaya bahan bakar dump truck setelah perbaikan kemiringan jalan

Bahan Bakar		Harga Perliter (Rp.)	Biaya Bahan Bakar (Rp.)
liter/jam	26,57	12.700	337.439,00
liter/hari (18,57jam)	493,4049	12.700	6.266.242,23
liter/bulan (572,27 jam)	15.295,55	12.700	194.253.509,13
14 dt/jam	371,98	12.700	4.724.146,00
14 dt/hari	6.907,67	12.700	87.727.391,22
14 dt/bulan	214.137,73	12.700	2.719.549.127,82

Pada **Tabel 15** dan **Tabel 16** tersebut dapat dilihat jika setelah adanya perbaikan kemiringan jalan, perusahaan diestimasikan dapat menghemat pemakaian bakar sebanyak 87,07 liter/hari untuk 14 unit *dump truck* dengan taksiran hemat sebesar Rp.1.105.764,87. Sedangkan untuk pemakaian bahan bakar alat angkut 14 unit selama satu bulan, diestimasikan dapat menghemat 1.227,95 liter/bulan dapat menghemat Rp. 15.480.708,18.

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Rasio bahan bakar aktual untuk pengangkutan overburden di PT Manggala Usaha Manunggal adalah 0,43 liter/bcm, seperti yang telah ditentukan oleh perhitungan.

Ketika *dump truck* bermuatan, kemiringan jalan memiliki dampak signifikan terhadap konsumsi bahan bakar, dan persamaan regresi untuk efek ini adalah  $1,831 + 0,0817X$ . Ketika *dump truck* dimuat, hambatan total memiliki dampak 99,97% terhadap konsumsi bahan bakar untuk setiap kenaikan satu unit hambatan total. Setiap roda gigi memiliki daya tarik yang berbeda yang berbanding terbalik dengan kecepatan pengangkutan.

Ketika *dump truck* bermuatan, hambatan total mempengaruhi konsumsi bahan bakar sebesar 99,97%, dengan persamaan regresi  $0,5789 + 0,001X$  pada setiap kenaikan satu unit hambatan total. Kemiringan jalan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap konsumsi bahan bakar, yaitu sebesar 99,28% pada setiap kenaikan 1% dengan persamaan regresi sebesar  $0,787 + 0,0344X$ . Setiap roda gigi memiliki daya tarik yang berbeda yang berbanding terbalik dengan kecepatan alat angkut.

26,5711 liter per jam konsumsi bahan bakar proporsional setelah perbaikan kemiringan jalan

Diperkirakan perusahaan akan menghemat biaya bahan bakar sebesar Rp. 1.105.764,87 per hari untuk 14 unit dump truck dengan adanya perbaikan kemiringan jalan sebesar 87,07 liter per hari. Diperkirakan 14 unit alat angkut dapat menghemat 1.227,95 liter per bulan, yang berarti penghematan sebesar Rp. 15.480.708,18.

### Saran

Faktor kemiringan jalan produksi harus diperhitungkan saat mendesain jalan untuk alat angkut. Meningkatkan kesadaran dan keahlian terhadap waktu oleh operator yang akan membantu dalam usaha meningkatkan produksi. Perawatan jalan yang diperlukan agar tidak terjadi amblesan sehingga mengurangi kecepatan unit. Pengawasan kerja diseluruh area penambangan

### DAFTAR RUJUKAN

- [1] H. Zara, M., Prabowo, "Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT . Ansar Terang Crushindo 1 Kecamatan Pangkalan Koto Baru," *J. Bina Tambang*, vol. 5, no. 5, pp. 20–31, 2019.
- [2] H. Isgianda, F. Sumarya dan Prabowo, "Evaluasi Biaya Dan Kebutuhan Alat Angkut Dan Alat Muat Pengupasan Lapisan Tanah Penutup ( Overburden ) Pit B PT . Bina Bara Sejahtera Kecamatan Ulok Kupai , Kabupaten," *J. Bina Tambang*, vol. 3, no. 3, pp. 1255–1261, 2018.
- [3] N. A. Ardianti and H. Prabowo, "Estimasi Biaya dan Evaluasi Kebutuhan Alat Muat dan Alat Angkut Terhadap Efisiensi Penambangan Batubara pada Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya, Sawahlunto," *J. Bina Tambang*, vol. 5, no. 2, pp. 22–31, 2020, [Online]. Available: <http://103.216.87.80/index.php/mining/article/view/107815>.
- [4] M. F. Amiruddin, U. Saismana, and R. Riswan, "Analisis Kegiatan Produktivitas Terhadap Fuel Ratio Alat Angkut Dan Alat Gali Muat Pada Pit 2 Di Pt Pro Sarana Cipta," *J. Himasapta*, vol. 5, no. 2, p. 41, 2020, doi: 10.20527/jhs.v5i2.2341.
- [5] M. A. R. Himawan, N. Nurhakim, and A. Annisa, "Analisis Optimalisasi Fuel Ratio Peralatan Mekanis Dalam Aktifitas Penggalian Dan Pengangkutan Overburden Pt Madhani Talatah Nusantara," *J. Himasapta*, vol. 4, no. 3, pp. 77–80, 2020, doi: 10.20527/jhs.v4i3.1361.
- [6] R. Cahyadi, T. Perdana, and E. Harsiga, "E Evaluasi Geometri Jalan Angkut Menggunakan Standar Aashto Untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut Overburden Pada Pit 1 Pt Benal Aiti Bara Perkasa," *J. Tek. Patra Akad.*, vol. 12, no. 02, pp. 55–64, 2021, doi: 10.52506/jtpa.v12i02.135.
- [7] R. Saleh, U. Saismana, and E. Santoso, "Kajian fuel ratio pada alat gali muat overburden Komatsu PC800 SE dan Volvo EC700 Lc," *J. Himasapta*, vol. 7, no. 2, p. 107, 2022, doi: 10.20527/jhs.v7i2.6441.
- [8] M. Mushawir, H. Hasan, and H. Magdalena, "Optimasi Konsumsi Fuel Dump Truck Terhadap Pengaruh Grade Jalan Pada Aktivitas Penambangan Pada PT. Pamapersada Nusantara Kecamatan Sangatta Utara Kabupaten Kutai Timur," *Mineral*, vol. 7, no. 2, pp. 8–13, 2022, doi: 10.33019/mineral.v7i2.3338.
- [9] K. Barat, R. Hutmi, and H. Prabowo, "Perhitungan Perbandingan Tonase Bauksit Menggunakan Data Truck Count , dan Tonase Hasil Analisa Laboratorium di Bauxite Processing Plant 1 dan 2 PT . Jaga Usaha Sandai - Site sandai , Sandai Kiri , Kecamatan Sandai , Kabupaten," vol. 7, no. 1, pp. 1–11.
- [10] F. A. Rifa'i and H. Prabowo, "Analisis Investasi Pengadaan Alat Gali Muat dan Alat Angkut PT. Benal Aiti Bara Perkasa," *J. Bina Tambang*, vol. 6, no. 5, pp. 232–241, 2020.

- 
- [11] H. S. Chong, S. Kwon, Y. Lim, and J. Lee, "Real-world fuel consumption, gaseous pollutants, and CO<sub>2</sub> emission of light-duty diesel vehicles," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 53, p. 101925, 2020, doi: 10.1016/j.scs.2019.101925.
- [12] A. D. Ramadhani, A. Mustofa, and S. Melati, "Optimalisasi fuel ratio alat gali muat dan alat angkut PT Borneo Alam Semesta," *J. Himasapta*, vol. 7, no. 3, p. 157, 2022, doi: 10.20527/jhs.v7i3.7504.
- [13] G. Na, G. Park, V. Turri, K. H. Johansson, H. Shim, and Y. Eun, "Disturbance observer approach for fuel-efficient heavy-duty vehicle platooning," *Veh. Syst. Dyn.*, vol. 58, no. 5, pp. 748–767, 2020, doi: 10.1080/00423114.2019.1704803.
- [14] H. Syapariadi, N. Nurhakim, and R. N. Hakim, "Analisis Besarnya Fuel Ratio Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Di Pt Sims Jaya Kaltim," *J. Himasapta*, vol. 5, no. 3, p. 57, 2021, doi: 10.20527/jhs.v5i3.2892.
- [15] L. Site *et al.*, "Evaluasi Geometri Jalan Tambang Pada Pengangkutan Overburden Dari Front A2 Menuju Disposal Untuk Meningkatkan Produktivitas Dari PT . Riung Mitra Evaluasi Geometri Jalan Tambang pada Pengangkutan Overburden ... Hilmi Faisol Aflah," pp. 207–212.
- [16] D. Lois, Y. Wang, A. Boggio-Marzet, and A. Monzon, "Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: Interaction of driving patterns and external factors," *Transp. Res. Part D Transp. Environ.*, vol. 72, pp. 232–242, 2019, doi: 10.1016/j.trd.2019.05.001.
- [17] R. A. Prasetya, Zaenal, and N. F. Isniarno, "Kajian Geometri Jalan Tambang untuk Meningkatkan Produksi Penambangan Andesit PT Gunung Kulalet Kecamatan Baleendah, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat," *Bandung Conf. Ser. Min. Eng.*, vol. 2, no. 2, pp. 406–413, 2022, doi: 10.29313/bcsme.v2i2.3644.

Halaman ini sengaja dikosongkan