

# Analisis Hubungan *Total Resistance* dan Kemiringan Jalan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar *Dump Truck* Hino 500 FM 260 JD pada Kegiatan Penambangan Bauksit di PT. Bhakti Karya Mandiri Site Teraju, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat

Akbar Wahyu Pratama<sup>1,\*</sup>, and Yoszi Mingsi Anaperta<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

[\\*wahyuakbar209@gmail.com](mailto:wahyuakbar209@gmail.com)

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

**Abstract.** PT. Bhakti Karya Mandiri (PT. BKM) is a contractor company engaged in bauxite mining. In mining activities, the company uses mechanical tools, namely the Hino 500 FM 260 JD dump truck and the Kobelco SK 330 excavator. The use of these mechanical devices cannot be separated from the use of fuel. The actual consumption of fuel for transportation vehicles in the field in April 2019 was 14,632 liters / hour, this value exceeds the standard fuel consumption for transportation means of 13 liters / hour. One of the factors that affect fuel consumption is road conditions. In general, the maximum slope of roads that can be traversed properly by means of transportation, both up and down on hills, is 8% or 4.5°. However, the reality in the field is that there are 14 road segments that exceed the maximum standard. Based on the calculation, the relationship between road slope and total resistance to fuel consumption when the dump truck is loaded is based on multiple regression analysis with the equation  $Y = 0.32412 + 0.01404 X_1 + 0.00001851 X_2$ . While the relationship between road slope and total resistance to fuel consumption when the dump truck is empty is based on multiple regression analysis with the equation  $Y = 0.089 + 0.00305 X_1 + 0.00001983 X_2$ .

**Keywords:** Bauxite, Fuel Consumption, Total Resistance, Road Slope, and Multiple Regression Analysis

## 1 Pendahuluan

PT. Bhakti Karya Mandiri (PT. BKM) merupakan salah satu perusahaan kontraktor yang bergerak pada bidang penambangan bauksit pada wilayah PT. Dinamika Sejahtera Mandiri di Desa Teraju, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Kegiatan penambangan yang dilakukan oleh PT. BKM menggunakan sistem tambang terbuka (*open pit*) dengan metode *back fill*. Kegiatan penambangan bauksit yang dilakukan PT. BKM terdiri dari pembersihan lahan (*land clearing*), pengupasan tanah pucuk (*top soil removal*), penggalian dan pengumpulan bijih (*ore getting*), pemuatan dan pengangkutan bijih menuju *washing plant* (*loading and hauling*).

PT. BKM menggunakan alat mekanis untuk melakukan penambangan, yakni *excavator* Kobelco SK 330 sebagai alat gali-muat dan Hino 500 FM 260 JD sebagai alat angkut. Penggunaan alat mekanis tersebut tidak terlepas dari pemakaian bahan bakar. Konsumsi aktual bahan bakar alat angkut di lapangan pada bulan April 2019 sebesar 14,632 liter/jam, nilai tersebut melebihi standar konsumsi bahan bakar untuk alat angkut yakni sebesar 13 liter/jam.

Salah satu faktor yang mempengaruhi konsumsi bahan bakar adalah kondisi jalan angkut. Kondisi jalan angkut yang dilalui oleh alat-alat angkut sangat mempengaruhi daya angkut dari alat angkut yang digunakan<sup>[1]</sup>. Secara umum kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui

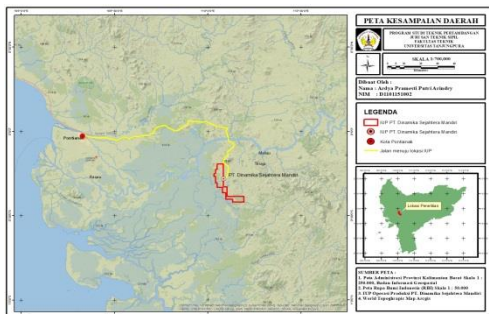
dengan baik oleh alat angkut, baik jalan naik maupun turun pada bukit, sebesar 8% atau 4,5°<sup>[2]</sup>. Namun, kenyataan di lapangan terdapat 14 segmen jalan yang melebihi standar maksimum, yakni segmen A-B, B-C, C-D, E-F, G-H, K-L, L-M, O-P, W-X, Y-Z, 1-2, 3-4, 4-5, dan 7-8 dengan masing-masing nilai kemiringan sebesar 10,97%, 9,75%, 10,56%, 10,86%, 10,7%, 10,72%, 10,34%, 8,86%, 10,58%, 9,85%, 10,64%, 10,32%, 10,94%, dan 10,97%.

Penggunaan bahan bakar memberikan kontribusi yang paling besar terhadap biaya operasional penambangan<sup>[3]</sup>. Oleh sebab itu, perlu dilakukan evaluasi dan analisis terhadap faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas dari peralatan mekanis sehingga dapat meminimalisir konsumsi bahan bakar<sup>[4]</sup>. Langkah evaluasi yang dilakukan terhadap *fuel ratio* adalah dengan membandingkan antara jumlah konsumsi bahan bakar (liter) dengan jumlah volume bauksit (bcm). Nilai dari *fuel ratio* yang digunakan oleh PT. BKM sendiri belum diketahui karena PT. BKM belum melakukan perhitungan *ratio* antara pemakaian bahan bakar dengan hasil produksi bauksit. Analisis yang dilakukan diantaranya analisis pengaruh kemiringan jalan, tahanan kemiringan (*grade resistance*), dan tahanan gulir (*rolling resistance*).

Oleh karena itu, penulis tertarik untuk mengangkat judul “Analisis Hubungan *Total Resistance* dan Kemiringan Jalan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar *Dump Truck* Hino 500 FM 260 JD pada Kegiatan Penambangan Bauksit di PT. Bhakti Karya Mandiri Site Teraju, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat”

## 2 Lokasi Penelitian

PT. Bhakti Karya Mandiri (PT. BKM) secara administratif terletak di Desa Teraju, Kabupaten Sanggau, Provinsi Kalimantan Barat. Kabupaten Sanggau terletak pada koordinat 0°12'24" LU 0° 25'00" LS & 110°1'56" BT - 110°11'44" BB. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Peta Kesempaian Lokasi Penelitian<sup>[5]</sup>

PT. BKM melakukan kegiatan penambangan di wilayah Izin Usaha Pertambangan PT. Dinamika Sejahtera Mandiri. PT. BKM dapat ditempuh selama kurang lebih 3 jam menggunakan jalur darat dari Kota Pontianak, Provinsi Kalimantan Barat.

## 3 Dasar Teori

### 3.1 Konsumsi Bahan Bakar (*Fuel Consumption*)

Konsumsi bahan bakar adalah banyaknya bahan bakar yang dipakai selama proses pembakaran berlangsung. Konsumsi bahan bakar dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut<sup>[6]</sup>:

$$FC = \frac{\text{Total FC (liter)}}{\text{Operating Hours (jam)}} \quad (1)$$

### 3.2 *Fuel Ratio*

*Fuel ratio* merupakan nilai perbandingan dari pemakaian bahan bakar (liter/jam) dengan produksi yang telah dihasilkan (bcm/jam). Nilai dari *fuel ratio* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut<sup>[7]</sup>:

$$FR = \frac{FC \text{ (liter)}}{\text{Production (bcm/jam)}} \quad (2)$$

### 3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Gaya Gerak Kendaraan

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

Tahanan gulir dapat didefinisikan sebagai jumlah dari gaya-gaya luar (*external force*) yang berlawanan dengan arah gerak kendaraan yang berjalan di atas jalur jalan atau permukaan tanah.

Tabel 1. Nilai Tahanan Gulir untuk Berbagai Kondisi Jalan

No.	Kondisi jalan	RR ban karet (lb/ton)
1	<i>Smooth concrete</i>	40
2	<i>Good asphalt</i>	45-60
3	<i>Hard earth, smooth, well maintained.</i>	45-70
4	<i>Dirt road, average construction road, little maintenance</i>	85-100
5	<i>Dirt road, soft, rutted, poorly maintained.</i>	85-120
6	<i>Earth, muddy, rutted, no maintenance</i>	165-210
7	<i>Loose sand and gravel</i>	240-275
8	<i>Earth, very muddy and soft.</i>	290-370

#### 3.3.2 Tahanan Kemiringan (*Grade Resistance*)

Tahanan kemiringan adalah gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalan yang dilalui oleh alat angkut. Tahanan kemiringan akan melawan gerak dari kendaraan dan memperbesar *rimpull* yang diperlukan jika jalur yang dilalui menanjak (kemiringan positif). Sebaliknya, tahanan kemiringan akan membantu gerak kendaraan dan memperkecil *rimpull* yang dibutuhkan jika jalan yang dilalui menurun (kemiringan negatif).

**Tabel 2.** Pengaruh Kemiringan Jalan Terhadap Tahanan Kemiringan

Grade Jalan (%)	GR (lbs/ton)	Grade Jalan (%)	GR (lbs/ton)
1	20,0	12	238,4
2	40,0	13	257,8
3	60,0	14	277,4
4	80,0	15	296,6
5	100,0	20	392,3
6	119,8	25	485,2
7	139,8	30	574,7
8	159,2	35	660,6
9	179,2	40	742,8
10	199,0	45	820,8
11	218,0	50	894,4

### 3.4 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Produksi Alat

#### 3.4.1 Keadaan Cuaca

#### 3.4.2 Efisiensi Operator (Operator Efficiency)

#### 3.4.3 Faktor Pengembangan Material (Swell Factor)

#### 3.4.4 Faktor Pengisian Mangkuk (Bucket Fill Factor)

#### 3.4.5 Waktu Edar (Cycle Time) Dump Truck<sup>[8]</sup>

$$C_{ta} = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 \quad (3)$$

Keterangan:

C<sub>ta</sub> = Waktu edar alat angkut

T<sub>1</sub> = Waktu ambil posisi untuk dimuat

T<sub>2</sub> = Waktu diisi muatan

T<sub>3</sub> = Waktu mengangkut muatan

T<sub>4</sub> = Waktu mengambil posisi untuk membuang muatan

T<sub>5</sub> = Waktu untuk membuang muatan

T<sub>6</sub> = Waktu untuk kembali

#### 3.4.6 Waktu Kerja Efektif

#### 3.4.7 Efisiensi Kerja

### 3.5 Produktivitas Alat Angkut

#### 3.5.1 Produksi Per Siklus

$$C = n \times q_1 \times k \quad (4)$$

#### 3.5.2 Produksi Per Jam

$$P = C \times \frac{60}{C_{mt}} \times E_t \times M \quad (5)$$

Keterangan:

n = Jumlah pemuatan *bucket*

q<sub>1</sub> = Kapasitas munjung *bucket* (m<sup>3</sup>)

k = *Bucket fill factor* (%)

P = Produktivitas *Dump Truck* (bcm/jam)

C = Produksi per siklus

C<sub>mt</sub> = Waktu Siklus *Dump Truck* (menit)

E<sub>t</sub> = Efisiensi *Dump Truck* (%)

M = Jumlah *dump truck* yang dioperasikan (unit)

### 3.6 Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Kendaraan

Konsumsi bahan bakar merupakan fungsi dari tenaga (*power*) yang dibutuhkan kendaraan untuk menggerakkan mesin. Untuk memperkirakan besarnya konsumsi bahan bakar alat angkut, dapat menggunakan persamaan sebagai berikut<sup>[9]</sup>:

$$\text{Konsumsi bahan bakar tiap segmen jalan} = \% \text{ Daya} \times \text{Konsumsi Bahan Bakar Perjam} \quad (6)$$

$$\% \text{ Daya Segmen} = \frac{\text{Daya Segmen}}{\text{Daya Total}} \times 100\% \quad (7)$$

Nilai daya yang dikeluarkan oleh *dump truck* pada tiap segmen jalan dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

$$P_a = V_a \times (a \times V_a^2) + (b \times W_a) \quad (8)$$

$$P_k = V_k \times (a \times V_k^2) + (c \times W_k) \quad (9)$$

Keterangan :

P<sub>a</sub> = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point* (kW)

P<sub>k</sub> = Tenaga yang dibutuhkan truk untuk mengangkut material dari *dumping point* ke *loading point* (kW)

V<sub>a</sub> = Kecepatan angkut rata-rata dari *loading point* ke *dumping point* (m/s)

V<sub>k</sub> = Kecepatan angkut rata-rata dari *dumping point* ke *loading point* (m/s)

a, b, c = Konstanta

W<sub>a</sub> = Berat kendaraan bermuatan (Kg)

W<sub>k</sub> = Berat kendaraan kosong (Kg)

Nilai konstanta a, b, dan c dapat dilihat pada persamaan di bawah ini:

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

$$b = (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) + (g \times \sin \theta) \quad (11)$$

$$c = (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) - (g \times \sin \theta) \quad (12)$$

Keterangan :

C<sub>d</sub> = Koefisien hambatan aerodinamis

ρμ = Densiti udara (Kg/m<sup>3</sup>)

A<sub>F</sub> = Luas bagian depan kendaraan (m<sup>2</sup>)

g = Percepatan gravitasi (m/s<sup>2</sup>)

θ = Sudut kemiringan jalan (0)

f = Koefisien gesekan ban dengan permukaan jalan

C<sub>rr</sub> = Koefisien tahanan gulir

Tanda positif dan negatif pada konstanta b dan c tergantung pada kemiringan jalan yang dilalui oleh *dump truck*. Tanda positif digunakan untuk kemiringan jalan yang menanjak, sedangkan tanda negatif digunakan untuk kemiringan jalan yang menurun.

### 3.7 Analisis Regresi Berganda

Analisis regresi linier berganda adalah hubungan secara linier antara dua atau lebih variabel independen ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dengan variabel dependen ( $Y$ ). Analisis ini untuk mengukur intensitas hubungan antara dua atau lebih dan membuat prediksi perkiraan nilai  $Y$  atas  $X$ .

Regresi linear berganda berguna untuk mendapatkan pengaruh dua variabel kriteriumnya (bebas) atau untuk mencari hubungan fungsional dua variabel prediktor atau lebih dengan variabel kriteriumnya, atau untuk meramalkan dua variabel prediktor atau lebih terhadap variabel kriteriumnya.

Persamaan Regresi linier berganda adalah sebagai berikut<sup>[10]</sup>:

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n \quad (13)$$

Dimana:

$Y$  = Variabel terikat

$X$  = Variabel bebas

$a$  = konstanta (*intercept*)

$b$  = koefisien regresi pada masing-masing variabel bebas

### 3.8 Biaya Konsumsi Bahan Bakar *Dump Truck*

Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung biaya konsumsi bahan bakar *dump truck* adalah<sup>[11]</sup>:

$$\text{Biaya } fuel \text{ consumption} = \text{Pemakaian Solar (liter/jam)} \times \text{Harga Solar (Rp/liter)} \quad (14)$$

## 4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan penulis adalah metode penelitian kuantitatif. Metode penelitian kuantitatif adalah metode penelitian yang berlandaskan pada filsafat positivisme<sup>[12]</sup>. Metode ini sebagai metode ilmiah karena telah memenuhi kaidah-kaidah konkrit/empiris, objektif, terukur, rasional, dan sistematis. Metode ini disebut metode kuantitatif karena data penelitian berupa angka-angka dan analisis menggunakan statistik.

Berdasarkan jenis penggunaannya, penelitian ini termasuk dalam metode penelitian terapan (*applied research*). Penelitian terapan yaitu penelitian yang bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan ilmiah dengan suatu tujuan praktis. Penelitian terapan berkepentingan dengan penemuan-penemuan yang berkenaan dengan aplikasi dan sesuatu konsep-konsep teoritis tertentu.

## 5 Hasil dan Pembahasan

### 5.1 Produktivitas Alat Angkut

Alat angkut yang digunakan oleh PT. BKM adalah *dump truck* Hino 500 FM 260 JD. Rumus untuk menghitung produktivitas *dump truck* adalah sebagai berikut:

### 5.1.1 Produksi Per Siklus

$$C = n \times q_1 \times k$$

$$C = 6 \times 1,4 \text{ m}^3 \times 100\%$$

$$C = 8,4 \text{ m}^3$$

### 5.1.2 Produksi Per Jam

$$P = C \times \frac{60}{Cmt} \times Et \times M$$

$$P = 8,4 \text{ m}^3 \times \frac{60}{26,86} \times 47,85\% \times 8$$

$$P = 71,8284 \text{ BCM/jam}$$

## 5.2 Fuel Ratio

$$FC = \frac{\text{Total FC (liter)}}{\text{Operating Hours (jam)}}$$

$$FC \text{ DT} = \frac{29349 \text{ liter}}{2005,84 \text{ jam}}$$

$$= 14,632 \text{ liter/jam}$$

$$FC \text{ Exca} = \frac{14161 \text{ liter}}{565 \text{ jam}}$$

$$= 25,063 \text{ liter/jam}$$

$$FC \text{ total} = FC \text{ Dt} + FC \text{ Exca}$$

$$= 14,632 \text{ liter/jam} + 25,063 \text{ liter/jam}$$

$$= 39,695 \text{ liter/jam}$$

Sehingga *fuel ratio* dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$FR = \frac{FC \text{ (liter/jam)}}{\text{Production (bcm/jam)}}$$

$$= \frac{39,695 \text{ liter/jam}}{71,8284 \text{ BCM/jam}}$$

$$= 0,5526 \text{ liter/BCM}$$

## 5.3 Kemiringan Jalan

Pada penelitian ini, nilai kemiringan jalan yang dihitung berdasarkan pada *lay out* jalan tambang dari Pit KM 17 ke *Washing Plant* 3 dan 4 yang telah dibagi menjadi 35 buah segmen. Pembagian segmen tersebut didasari pada perbedaan elevasi.

**Tabel 3.** Pembagian Segmen, Beda Tinggi dan Kemiringan Jalan Angkut

Segmen Jalan	Panjang Segmen (Meter)	Beda Tinggi (Meter)	Grade (%)	Grade (°)
A - B	282	30,755	10,97	6,2989
B - C	128	12,427	9,75	5,5979
C - D	212	22,271	10,56	6,0638
D - E	176	0,8	0,45	0,2604
E - F	186	20,078	10,86	6,2335
F - G	119	1,622	1,36	0,7811
G - H	160	17,026	10,7	6,1436
H - I	49	2,831	5,79	3,3177
I - J	168	7,68	4,58	2,6229

J – K	173	3,314	1,92	1,0978
K – L	349	37,183	10,72	6,1511
L – M	284	29,199	10,34	5,9328
M – N	191	1,638	0,86	0,4914
N – O	83	3,631	4,38	2,5097
O – P	76	6,711	8,86	5,0859
P – Q	278	2,689	0,97	0,5542
Q – R	88	2,56	2,91	1,6677
R – S	109	1,831	1,68	0,9626
S – T	106	2,491	2,35	1,3469
T – U	99	2,089	2,11	1,2094
U – V	109	2,224	2,04	1,1694
V – W	97	3,414	3,52	2,0182
W – X	189	19,876	10,58	6,0704
X – Y	153	6,402	4,19	2,4002
Y – Z	188	18,432	9,85	5,6538
Z – 1	550	9,329	1,7	0,9720
1 – 2	191	20,211	10,64	6,1087
2 – 3	188	9,436	5,03	2,8806
3 – 4	270	27,73	10,32	5,9263
4 – 5	242	26,32	10,94	6,2813
5 – 6	87	4,51	5,19	2,9755
6 – 7	128	2,643	2,07	1,1834
7 – 8	187	20,383	10,97	6,2953
8 – 9	712	1,008	0,14	0,0811
9 – 10	150	6,148	4,1	2,3510
Jumlah	<b>6757</b>			

#### 5.4 Tahanan Kemiringan

Tahanan kemiringan (*grade resistance*) pada penelitian ini dihitung dengan cara menghitung kemiringan jalan pada setiap segmen yang telah dibagi sebelumnya. Nilai tahanan kemiringan ketika *dump truck* bermuatan dan ketika kosong akan berbeda, hal ini dikarenakan tahanan kemiringan adalah gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya. Sehingga, jika jalan yang dilalui menurun maka nilai tahanan kemiringan akan bernilai positif, begitupun sebaliknya.

**Tabel 4.** Nilai Tahanan Kemiringan Ketika DT Bermuatan

Segmen Jalan	Grade (%)	GR (lb/ton)
A - B	10,97	217,43
B - C	-9,75	-194,05
C - D	10,56	209,64
D - E	-0,45	-9
E - F	-10,86	-215,34
F - G	1,36	27,2
G - H	10,7	212,3
H - I	5,79	115,642
I - J	-4,58	-91,6
J - K	1,92	38,4
K - L	-10,72	-212,68
L - M	10,34	205,46
M - N	-0,86	-17,2
N - O	4,38	87,6
O - P	-8,86	-176,4
P - Q	0,97	19,4
Q - R	-2,91	-58,2
R - S	-1,68	-33,6
S - T	2,35	47
T - U	2,11	42,2
U - V	2,04	40,8

V – W	-3,52	-70,4
W – X	-10,58	-210,02
X – Y	4,19	83,8
Y - Z	9,85	196,03
Z – 1	1,7	34
1 – 2	-10,64	-211,16
2 – 3	5,03	100,594
3 – 4	-10,32	-205,08
4 – 5	10,94	216,86
5 – 6	5,19	103,762
6 – 7	2,07	41,4
7 – 8	-10,97	-217,43
8 – 9	0,14	2,8
9 – 10	4,1	82

**Tabel 5.** Nilai Tahanan Kemiringan Ketika DT Kosong

Segmen Jalan	Grade (%)	GR (lb/ton)
9 – 10	-4,1	-82
8 – 9	-0,14	-2,8
7 – 8	10,97	217,43
6 – 7	-2,07	-41,4
5 – 6	-5,19	-103,762
4 – 3	-10,94	-216,86
3 – 4	10,32	205,08
2 – 3	-5,03	-100,594
1 – 2	10,64	211,16
Z – 1	-1,7	-34
Y – Z	-9,85	-196,03
X – Y	-4,19	-83,8
W – X	10,58	210,02
V – W	3,52	70,4
U – V	-2,04	-40,8
T – U	-2,11	-42,2
S – T	-2,35	-47
R – S	1,68	33,6
Q – R	2,91	58,2
P – Q	-0,97	-19,4
O – P	8,86	176,4
N – O	-4,38	-87,6
M – N	0,86	17,2
L – M	-10,34	-205,46
K – L	10,72	212,68
J – K	-1,92	-38,4
I – J	4,58	91,6
H – I	-5,79	-115,642
G – H	-10,7	-212,3
F – G	-1,36	-27,2
E – F	10,86	273,34
D – E	0,45	9
C – D	-10,56	-209,64
B – C	9,75	194,05
A – B	-10,97	-217,43

#### 5.5 Tahanan Gulir

Karakteristik permukaan jalan, jarak tempuh, dan kemiringan jalan yang berbeda-beda akan mempengaruhi tingkat produktifitas alat yang digunakan dan juga mempengaruhi konsumsi bahan bakar alat

tersebut. Salah satu asumsi yang digunakan dalam menentukan parameter tahanan gulir (*rolling resistance*) adalah setiap jalur memiliki tahanan gulir yang sama sebesar 58 lbs/ton karena jenis material yang sama.

### 5.6 Konsumsi Bahan Bakar

Perhitungan daya yang dikeluarkan *dump truck* pada segmen A-B:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} \times Cd \times \rho \mu \times A_F \\
 &= \frac{1}{2} \times 0,9 \times 1,2 \text{ kg/m}^3 \times 4,53 \text{ m}^2 \\
 &= 2,4462 \text{ kg/m} \\
 b &= (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) + (g \times \sin \theta) \\
 &= (9,8 \text{ m/s}^2 \times \cos 6,2989 \times (0,1595 + 0,06)) + (9,8 \text{ m/s}^2 \times \sin 6,2989) \\
 &= 3,2133 \text{ m/s}^2 \\
 c &= (g \times \cos \theta \times (f + C_{rr})) - (g \times \sin \theta) \\
 &= (9,8 \text{ m/s}^2 \times \cos 6,2989 \times (0,1595 + 0,06)) - (9,8 \text{ m/s}^2 \times \sin 6,2989) \\
 &= 1,0629 \text{ m/s}^2 \\
 P_a &= V_a \times (a \times V_a^2) + (b \times W_a) \\
 &= 9,444 \text{ m/s} \times ((2,4462 \text{ kg/m} \times (9,444 \text{ m/s})^2) + (3,2133 \text{ m/s}^2 \times 31.500 \text{ kg})) \\
 &= 103.280,2567 \text{ kg m}^2/\text{s}^3 \text{ atau } 103.280,2567 \text{ watt} \\
 &= 103.280,2567 \text{ watt}/1000 = 103,2802 \text{ kw} \\
 P_k &= V_k \times (a \times V_k^2) + (c \times W_k) \\
 &= 10,8806 \text{ m/s} \times ((2,4462 \text{ kg/m} \times (10,8806 \text{ m/s})^2) + (1,0629 \text{ m/s}^2 \times 7.500 \text{ kg})) \\
 &= 11.122,8004 \text{ kg m}^2/\text{s}^3 \text{ atau } 11.122,8004 \text{ watt} \\
 &= 11.122,8004 \text{ watt}/1000 = 11,1228 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

**Tabel 6.** Kecepatan DT dan Nilai Konstanta

Kecepatan (m/s)		a	b	c
Bermuatan	Kosong			
9,44	10,88	2,4462	3,2133	1,0629
10,04	11,69	2,4462	1,1849	3,0968
9,66	11,33	2,4462	3,1743	1,1038
12,79	13,43	2,4462	2,1065	2,1956
10,1	11,44	2,4462	1,0743	3,2025
9,58	10,96	2,4462	2,2845	2,0173
8,08	9,69	2,4462	3,1875	1,0899
9	10,36	2,4462	2,7146	1,5803
9,68	10,43	2,4462	1,7004	2,5973
9,6	10,89	2,4462	2,3385	1,9629
10,03	11,47	2,4462	1,0886	3,1888
9,46	11,29	2,4462	3,1525	1,1266
9,85	10,46	2,4462	2,0670	2,2351
9,19	10,69	2,4462	2,5782	1,7199
10,64	12,31	2,4462	1,2739	3,0114
12,11	13,52	2,4462	2,2458	2,0562
9,88	10,65	2,4462	1,8650	2,4354
9,78	10,91	2,4462	1,9862	2,3154
9,65	10,64	2,4462	2,3809	1,9201
9,64	10,86	2,4462	2,3575	1,9438
9,75	10,88	2,4462	2,3506	1,9507
9,6	10,44	2,4462	1,8046	2,4949
8,44	9,33	2,4462	1,1027	3,1754
9,18	10,33	2,4462	2,5596	1,7388
9,45	11,31	2,4462	3,1061	1,1752
9,63	10,94	2,4462	2,3170	1,9845
8,4	9,22	2,4462	1,0960	3,1817
8,94	10,19	2,4462	2,6409	1,6559

10,08	11,4	2,4462	1,1278	3,1515
9,18	10,62	2,4462	3,2104	1,0660
8,94	10,37	2,4462	2,6569	1,6395
11,68	13,11	2,4462	2,3530	1,9482
9,72	10,91	2,4462	1,0635	3,2127
9,58	11	2,4462	2,1650	2,1372
9,18	10,34	2,4462	2,5513	1,7473

**Tabel 7.** Daya yang Dikeluarkan *Dump Truck*

Segmen Jalan	P (kw)		TOTAL DAYA
	Pa	Pk	
A-B	103,28026	11,12280	114.40306
B-C	39,79662	27,13828	66.93490
C-D	102,19441	11,83965	114.03406
D-E	71,46913	22,38599	93.85512
E-F	36,36257	27,67725	64.03982
F-G	74,10878	18,35377	92.46255
G-H	101,69962	10,39762	112.09724
H-I	87,29451	14,57350	101.86800
I-J	55,77726	22,25140	78.02866
J-K	75,82790	17,88028	93.70818
K-L	36,75853	27,60947	64.36800
L-M	101,37779	11,96641	113.34420
M-N	67,44942	19,56568	87.01509
N-O	83,11367	15,89133	99.00499
O-P	43,07260	27,15292	70.22552
P-Q	75,08811	21,46613	96.55425
Q-R	61,10637	21,21808	82.32445
R-S	64,85048	20,54098	85.39146
S-T	77,19372	17,34671	94.54043
T-U	76,45054	17,71250	94.16304
U-V	76,31275	17,78088	94.09363
V-W	59,01203	21,49215	80.50418
W-X	36,20756	25,80429	62.01185
X-Y	82,51784	15,73347	98.25131
Y-Z	99,90847	12,35640	112.26487
Z-1	75,17174	18,09086	93.26260
1,2	35,97327	25,78175	61.75502
2,3	84,93816	15,00447	99.94263
3,4	38,03219	27,25738	65.28958
4,5	103,01688	10,92434	113.94122
5,6	85,43814	15,02366	100.46180
6,7	78,01353	20,12511	98.13864
7,8	35,74903	27,27066	63.01968
8,9	70,34961	19,28507	89.63468
9,10	82,25518	15,81022	98.06540
<b>TOTAL</b>	<b>2.477,16864</b>	<b>671,83145</b>	<b>3.149,0001</b>

Nilai konsumsi bahan bakar pada setiap segmen dapat diketahui dengan mengubah nilai daya yang dikeluarkan oleh *dump truck* ketika bermuatan maupun ketika kosong ke dalam bentuk persen. Asumsinya bahwa dalam waktu satu jam jumlah total daya yang dikeluarkan oleh *dump truck* adalah seratus persen. Setelah diketahui persentase daya yang dikeluarkan oleh *dump truck*, maka selanjutnya nilai persentase tersebut dikalikan dengan nilai konsumsi bahan bakar dalam satu jam.

Segmen A-B (Ketika bermuatan)

$$\% \text{ Daya Segmen} = \frac{\text{Daya Segmen}}{\text{Daya Total}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Daya Segmen} = \frac{103,28026 \text{ kw}}{3419,0001 \text{ kw}} \times 100\%$$

% Daya Segmen = 3,27978 %

Konsumsi Bahan Bakar = %Daya Segmen x Konsumsi Bahan Bakar Perjam

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = 3,27978 \% \times 14,632 \text{ liter/jam} = 0,4799 \text{ liter/jam}$$

Segmen A-B (Ketika kosong)

$$\% \text{ Daya Segmen} = \frac{\text{Daya Segmen}}{\text{Daya Total}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Daya Segmen} = \frac{11,12280 \text{ kw}}{3419,0001 \text{ kw}} \times 100\%$$

% Daya Segmen = 0,35322 %

Konsumsi Bahan Bakar = %Daya Segmen x Konsumsi Bahan Bakar Perjam

$$\text{Konsumsi Bahan Bakar} = 0,35322 \% \times 14,632 \text{ liter/jam} = 0,0517 \text{ liter/jam}$$

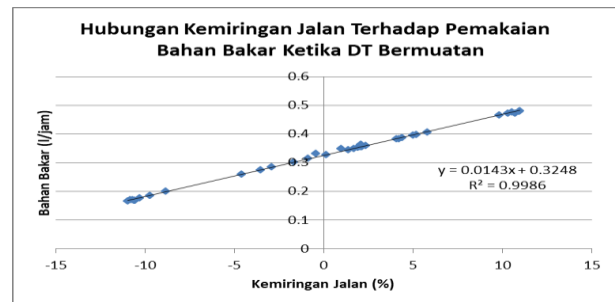
**Tabel 8.** Konsumsi Bahan Bakar *Dump Truck*

Segmen	P (%)		Konsumsi BB (liter)	
	Pa	Pk	Bermuatan	Kosong
A-B	3,27978	0,35322	0,4799	0,0517
B-C	1,26379	0,86181	0,1849	0,1261
C-D	3,24530	0,37598	0,4749	0,0550
D-E	2,26958	0,71089	0,3321	0,1040
E-F	1,15473	0,87892	0,1690	0,1286
F-G	2,35341	0,58284	0,3444	0,0853
G-H	3,22958	0,33019	0,4726	0,0483
H-I	2,77213	0,46280	0,4056	0,0677
I-J	1,77127	0,70662	0,2592	0,1034
J-K	2,40800	0,56781	0,3523	0,0831
K-L	1,16731	0,87677	0,1708	0,1283
L-M	3,21936	0,38001	0,4711	0,0556
M-N	2,14193	0,62133	0,3134	0,0909
N-O	2,63937	0,50465	0,3862	0,0738
O-P	1,36782	0,86227	0,2001	0,1262
P-Q	2,38451	0,68168	0,3489	0,0997
Q-R	1,94050	0,67380	0,2839	0,0986
R-S	2,05940	0,65230	0,3013	0,0954
S-T	2,45137	0,55086	0,3587	0,0806
T-U	2,42777	0,56248	0,3552	0,0823
U-V	2,42340	0,56465	0,3546	0,0826
V-W	1,87399	0,68251	0,2742	0,0999
W-X	1,14981	0,81944	0,1682	0,1199
X-Y	2,62045	0,49963	0,3834	0,0731
Y-Z	3,17270	0,39239	0,4642	0,0574
Z-1	2,38716	0,57450	0,3493	0,0841
1,2	1,14237	0,81873	0,1672	0,1198
2,3	2,69731	0,47648	0,3947	0,0697
3,4	1,20775	0,86559	0,1767	0,1267
4,5	3,27142	0,34691	0,4787	0,0508
5,6	2,71318	0,47709	0,3970	0,0698

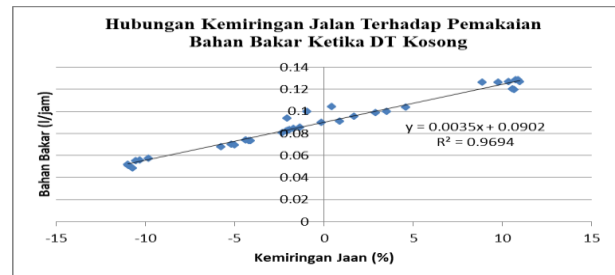
6,7	2,47741	0,63910	0,3625	0,0935
7,8	1,13525	0,86601	0,1661	0,1267
8,9	2,23403	0,61242	0,3269	0,0896
9,10	2,61210	0,50207	0,3822	0,0735
Total	78,66525	21,33475	11,5103	3,1217

## 5.7 Hubungan Kemiringan Jalan Terhadap Pemakaian Bahan Bakar

Berdasarkan hasil regresi linear sederhana menggunakan *Microsoft Excel*, maka didapatkan grafik hubungan kemiringan jalan terhadap pemakaian bahan bakar ketika *dump truck* sedang bermuatan dan ketika kosong pada gambar 2 dan gambar 3.



**Gambar 2.** Grafik Hubungan Kemiringan Jalan Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Ketika DT Bermuatan



**Gambar 3.** Grafik Hubungan Kemiringan Jalan Terhadap Pemakaian Bahan Bakar Ketika DT Kosong

Pada gambar 2 dan gambar 3, dapat dilihat bahwa pemakaian bahan bakar semakin besar seiring dengan kenaikan kemiringan jalan yang ada. Kemiringan yang semakin tinggi membuat *dump truck* mengeluarkan daya yang lebih banyak untuk menarik beban kendaraan dan muatan agar kecepatannya *dump truck* tetap konstan. Kemiringan jalan berpengaruh sebesar 99,86% terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,986.

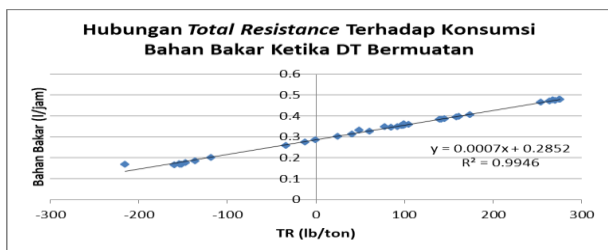
Berdasarkan grafik pada gambar 2, diperoleh nilai persamaan regresi dari pengaruh kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan yaitu,  $Y = 0,3248 + 0,0143X$ . Persamaan regresi tersebut dapat diartikan bahwa nilai konstanta (a) sebesar 0,3248 menunjukkan jika tidak dipengaruhi oleh kemiringan jalan (kemiringan jalan = 0), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* pada saat bermuatan adalah 0,3248 satuan. Nilai koefisien regresi variabel kemiringan (X) menunjukkan tanda positif sebesar

0,0143, artinya setiap kenaikan satu (1) satuan dalam dal ini persen kemiringan maka akan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0143 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,3248 satuan.

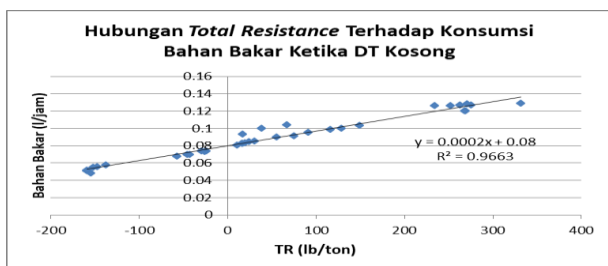
Sedangkan pada konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika kosong, kemiringan jalan berpengaruh sebesar 96,94% dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9694. Berdasarkan grafik pada gambar 3, diperoleh nilai persamaan regresi dari pengaruh kemiringan jalan terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* kosong yaitu,  $Y = 0,0902 + 0,0035X$ . persamaan regresi tersebut dapat diartikan bahwa nilai konstanta (a) sebesar 0,0902 menunjukkan jika tidak dipengaruhi oleh kemiringan jalan (kemiringan jalan = 0), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* pada saat bermuatan adalah 0,0902 satuan. Nilai koefisien regresi variable kemiringan (X) menunjukkan tanda positif sebesar 0,0035, artinya setiap kenaikan satu (1) satuan dalam dal ini persen kemiringan maka akan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0035satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,0902 satuan.

### 5.8 Hubungan Total Resistance Terhadap Pemakaian Bahan Bakar

*Total resistance* atau tahanan total adalah penjumlahan dari tahanan gulir (*rolling resistance*) dan tahanan kemiringan (*grade resistance*) yang mempengaruhi *dump truck*.



Gambar 4. Grafik Hubungan *Total Resistance* terhadap Konsumsi Bahan Bakar Ketika *Dump Truck* Bermuatan



Gambar 5. Grafik Hubungan *Total Resistance* terhadap Konsumsi Bahan Bakar Ketika *Dump Truck* Kosong

Pada gambar 4 dan gambar 5, dapat dilihat bahwa pemakaian bahan bakar semakin besar seiring dengan kenaikan *total resistance* yang ada. *Total resistance* yang semakin tinggi menyebabkan *dump truck* membutuhkan tenaga tarik atau *rimpull* yang cukup agar dapat menarik beban kendaraan dan muatan sehingga kecepatan *dump truck* tetap konstan.

*Total resistance* berpengaruh sebesar 99,46% terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9946. Berdasarkan grafik pada gambar 4, diperoleh nilai persamaan regresi dari pengaruh *total resistance* terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan yaitu,  $Y = 0,2852 + 0,0007X$ . persamaan regresi tersebut dapat diartikan bahwa nilai konstanta (a) sebesar 0,2852 menunjukkan jika tidak dipengaruhi oleh *total resistance* ( $tr = 0$ ), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* pada saat bermuatan adalah 0,2852 satuan. Nilai koefisien regresi variable kemiringan (X) menunjukkan tanda positif sebesar 0,0007, artinya setiap kenaikan satu (1) satuan maka akan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0007 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,2858 satuan.

Sedangkan pada konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika kosong, *total resistance* berpengaruh sebesar 96,63% terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan dan sisanya dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9663. Berdasarkan grafik pada gambar 5, diperoleh nilai persamaan regresi dari pengaruh *total resistance* terhadap konsumsi bahan bakar ketika *dump truck* bermuatan yaitu,  $Y = 0,08 + 0,0002X$ . persamaan regresi tersebut dapat diartikan bahwa nilai konstanta (a) sebesar 0,08 menunjukkan jika tidak dipengaruhi oleh *total resistance* ( $tr = 0$ ), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* pada saat bermuatan adalah 0,08 satuan. Nilai koefisien regresi variable kemiringan (X) menunjukkan tanda positif sebesar 0,0002, artinya setiap kenaikan satu (1) satuan maka akan meningkatkan konsumsi bahan bakar sebesar 0,0002 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,08 satuan.

### 5.9 Hubungan Kemiringan Jalan dan Total Resistance terhadap Konsumsi Bahan Bakar

Analisis hubungan kemiringan jalan dan *total resistance* terhadap konsumsi bahan bakar menggunakan metode regresi linear berganda. Metode ini mempunyai minimal tiga buah variabel, yang mana terdapat dua buah variabel bebas (variabel independen) dan satu buah variabel terikat (variabel dependen). Dalam hal ini, variabel independen adalah kemiringan jalan ( $X_1$ ) dan *total resistance* ( $X_2$ ), sedangkan variabel dependen (Y) adalah konsumsi bahan bakar (*fuel consumption*).

Tabel 9. Hubungan Kemiringan Jalan dan *Total Resistance* terhadap Konsumsi Bahan Bakar Ketika DT Bermuatan

Segmen	Grade ( $X_1$ )	TR ( $X_2$ )	Fuel (Y)
A	10,97	275,43	0,4799
B	-9,75	-136,05	0,1849
C	10,56	267,64	0,4749
D	-0,45	49	0,3321
E	-10,86	-215,34	0,169
F	1,36	85,2	0,3444
G	10,7	270,3	0,4726
H	5,79	173,642	0,4056
I	-4,58	-33,6	0,2592



J	1,92	96,4	0,3523
K	-10,72	-154,68	0,1708
L	10,34	263,46	0,4711
M	-0,86	40,8	0,3134
N	4,38	145,6	0,3862
O	-8,86	-118,4	0,2001
P	0,97	77,4	0,3489
Q	-2,91	-0,2	0,2839
R	-1,68	24,4	0,3013
S	2,35	105	0,3587
T	2,11	100,2	0,3552
U	2,04	98,8	0,3546
V	-3,52	-12,4	0,2742
W	-10,58	-152,02	0,1682
X	4,19	141,8	0,3834
Y	9,85	254,03	0,4642
Z	1,7	92	0,3493
1	-10,64	-153,16	0,1672
2	5,03	158,594	0,3947
3	-10,32	-147,08	0,1767
4	10,94	274,86	0,4787
5	5,19	161,762	0,397
6	2,07	99,4	0,3625
7	-10,97	-159,43	0,1661
8	0,14	60,8	0,3269
9	4,1	140	0,3822
<b>Σ</b>	<b>10</b>	<b>2174,16</b>	<b>11,5104</b>

Persamaan dalam analisis regresi linier berganda dengan dua variabel independen dan satu variabel dependen ketika *dump truck* bermuatan adalah :

$$Y = 0,32412 + 0,01404 X_1 + 0,00001851 X_2$$

Koefisien dari persamaan tersebut dapat diartikan sebagai berikut:

$$a = 0,32412$$

Menyatakan bahwa jika tidak ada pengaruh dari kemiringan jalan ( $X_1$ ) dan *total resistance* ( $X_2$ ), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan adalah sebesar 0,32412.

$$b_1 = 0,01404$$

Menyatakan bahwa jika penambahan kemiringan jalan satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan meningkat sebesar 0,01404 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,32412 satuan. Sebaliknya, jika kemiringan jalan berkurang satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan menurun sebesar 0,01404 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,32412.

$$b_2 = 0,00001851$$

Menyatakan bahwa jika penambahan *total resistance* satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan meningkat sebesar 0,00001851 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,32412 satuan. Sebaliknya, jika *total resistance* berkurang satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan menurun sebesar 0,00001851 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,32412 satuan.

**Tabel 10.** Hubungan Kemiringan Jalan dan *Total Resistance* terhadap Konsumsi Bahan Bakar Ketika DT Bermuatan

Segmen	Grade ( $X_1$ )	TR ( $X_2$ )	Fuel (Y)
9	-4,1	-24	0,0735

8	-0,14	55,2	0,0896
7	10,97	275,43	0,1267
6	-2,07	16,6	0,0935
5	-5,19	-45,762	0,0698
4	-10,94	-158,86	0,0508
3	10,32	263,08	0,1267
2	-5,03	-42,594	0,0697
1	10,64	269,16	0,1198
Z	-1,7	24	0,0841
Y	-9,85	-138,03	0,0574
X	-4,19	-25,8	0,0731
W	10,58	268,02	0,1199
V	3,52	128,4	0,0999
U	-2,04	17,2	0,0826
T	-2,11	15,8	0,0823
S	-2,35	11	0,0806
R	1,68	91,6	0,0954
Q	2,91	116,2	0,0986
P	-0,97	38,6	0,0997
O	8,86	234,4	0,1262
N	-4,38	-29,6	0,0738
M	0,86	75,2	0,0909
L	-10,34	-147,46	0,0556
K	10,72	270,68	0,1283
J	-1,92	19,6	0,0831
I	4,58	149,6	0,1034
H	-5,79	-57,642	0,0677
G	-10,7	-154,3	0,0483
F	-1,36	30,8	0,0853
E	10,86	331,34	0,1286
D	0,45	67	0,104
C	-10,56	-151,64	0,055
B	9,75	252,05	0,1261
A	-10,97	-159,43	0,0517
<b>Σ</b>	<b>-10</b>	<b>1885,842</b>	<b>3,1217</b>

Persamaan dalam analisis regresi linier berganda dengan dua variabel independen dan satu variabel dependen adalah :

$$Y = 0,089 + 0,00305 X_1 + 0,00001983 X_2$$

Koefisien dari persamaan tersebut dapat diartikan sebagai berikut:

$$a = 0,089$$

Menyatakan bahwa jika tidak ada pengaruh dari kemiringan jalan ( $X_1$ ) dan *total resistance* ( $X_2$ ), maka nilai konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika kosong adalah sebesar 0,089.

$$b_1 = 0,00305$$

Menyatakan bahwa jika penambahan kemiringan jalan satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan meningkat sebesar 0,00305 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,089 satuan. Sebaliknya, jika kemiringan jalan berkurang satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan menurun sebesar 0,00305 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,089 satuan.

$$b_2 = 0,00001983$$

Menyatakan bahwa jika penambahan *total resistance* satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan meningkat sebesar 0,00001983 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,089 satuan. Sebaliknya, jika *total resistance* berkurang satu satuan, maka konsumsi bahan bakar *dump truck* ketika bermuatan diprediksi akan menurun sebesar 0,00001983 satuan ditambah nilai konstanta sebesar 0,089 satuan.

### 5.10 Rekomendasi Penurunan Konsumsi Bahan Bakar

Rekomendasi yang penulis berikan untuk dapat menurunkan konsumsi bahan bakar *dump truck* adalah dengan cara simulasi perbaikan kemiringan jalan yang berada di atas standar yang ditetapkan, yaitu 8%. Namun, simulasi ini hanya dilakukan pada segmen jalan dengan posisi menanjak pada saat bermuatan yang memiliki kemiringan lebih dari 8%, yaitu segmen A-B, C-D, G-H, L-M, Y-Z, dan segmen 4-5. Perhitungan nilai konsumsi bahan bakar pada kemiringan 8% menggunakan persamaan regresi dari hubungan kemiringan jalan dengan konsumsi bahan bakar. Dimana untuk persamaan regresi ketika *dump truck* bermuatan adalah  $Y = 0,3248 + 0,0143X$ , sedangkan persamaan regresi ketika *dump truck* kosong yaitu,  $Y = 0,0902 + 0,0035X$ .

Nilai rekomendasi kemiringan jalan pada setiap segmen dan nilai perhitungan konsumsi bahan bakar setelah dilakukannya simulasi dapat dilihat pada tabel 11 dan tabel 12.

**Tabel 11.** Simulasi Rekomendasi Kemiringan Jalan dan Konsumsi Bahan Bakar Ketika DT Bermuatan

Segmen Jalan	Grade (%)	Fuel (liter/jam)
A - B	8	0,4392
B - C	-9,75	0,1849
C - D	8	0,4392
D - E	-0,45	0,3321
E - F	-10,86	0,169
F - G	1,36	0,3444
G - H	8	0,4392
H - I	5,79	0,4056
I - J	-4,58	0,2592
J - K	1,92	0,3523
K - L	-10,72	0,1708
L - M	8	0,4392
M - N	-0,86	0,3134
N - O	4,38	0,3862
O - P	-8,86	0,2001
P - Q	0,97	0,3489
Q - R	-2,91	0,2839
R - S	-1,68	0,3013
S - T	2,35	0,3587
T - U	2,11	0,3552
U - V	2,04	0,3546

V - W	-3,52	0,2742
W - X	-10,58	0,1682
X - Y	4,19	0,3834
Y - Z	8	0,4392
Z - 1	1,7	0,3493
1 - 2	-10,64	0,1672
2 - 3	5,03	0,3947
3 - 4	-10,32	0,1767
4 - 5	8	0,4392
5 - 6	5,19	0,397
6 - 7	2,07	0,3625
7 - 8	-10,97	0,1661
8 - 9	0,14	0,3269
9 - 10	4,1	0,3822
<b>Jumlah</b>		<b>11,3042</b>

**Tabel 12.** Simulasi Rekomendasi Kemiringan Jalan dan Konsumsi Bahan Bakar Ketika DT Kosong

Segmen Jalan	Grade (%)	Fuel (liter/jam)
9 - 10	-4,1	0,0735
8 - 9	-0,14	0,0896
7 - 8	10,97	0,1267
6 - 7	-2,07	0,0935
5 - 6	-5,19	0,0698
4 - 3	-8	0,0622
3 - 4	10,32	0,1267
2 - 3	-5,03	0,0697
1 - 2	10,64	0,1198
Z - 1	-1,7	0,0841
Y - Z	-8	0,0622
X - Y	-4,19	0,0731
W - X	10,58	0,1199
V - W	3,52	0,0999
U - V	-2,04	0,0826
T - U	-2,11	0,0823
S - T	-2,35	0,0806
R - S	1,68	0,0954
Q - R	2,91	0,0986
P - Q	-0,97	0,0997
O - P	8,86	0,1262
N - O	-4,38	0,0738
M - N	0,86	0,0909
L - M	-8	0,0622
K - L	10,72	0,1283
J - K	-1,92	0,0831
I - J	4,58	0,1034
H - I	-5,79	0,0677
G - H	-8	0,0622
F - G	-1,36	0,0853
E - F	10,86	0,1286
D - E	0,45	0,104
C - D	-8	0,0622
B - C	9,75	0,1261
A - B	-8	0,0622
<b>Jumlah</b>		<b>3,1761</b>

Estimasi nilai konsumsi bahan bakar setelah rekomendasi perbaikan kemiringan menjadi 11,3042 liter/jam ketika *dump truck* bermuatan dan 3,1761 liter/jam ketika *dump truck* kosong. Adapun total konsumsi bahan bakar menjadi 14,4803 liter/jam dari yang sebelumnya sebanyak 14,632 liter/jam.

### 5.11 Biaya Konsumsi Bahan Bakar

Harga bahan bakar industri yang oleh perusahaan pada bulan April 2019 adalah sebesar Rp 11,200.-/liter. Sebelum dilakukannya rekomendasi perbaikan kemiringan jalan, *dump truck* menghabiskan bahan bakar sebanyak 14,632 liter/jam. Sedangkan setelah perbaikan kemiringan jalan, estimasi bahan bakar yang dihabiskan adalah sebanyak 14,4803 liter/jam.

Total estimasi nilai konsumsi bahan bakar setelah dilakukan rekomendasi penurunan kemiringan jalan tidak dapat mencapai standar konsumsi bahan bakar rata-rata yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 13 liter/jam. Hal ini disebabkan oleh tidak maksimalnya penurunan kemiringan segmen jalan, karena banyaknya segmen jalan dengan kemiringan di atas 8% dengan posisi *dump truck* menurun pada saat bermuatan. Jika segmen jalan di atas 8% dengan posisi *dump truck* menurun pada saat bermuatan tersebut disimulasikan menjadi 8%, maka akan memperbesar konsumsi bahan bakar *dump truck*. Perhitungan estimasi biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah perbaikan kemiringan jalan dapat dilihat pada tabel 13 dan tabel 14.

**Tabel 13.** Estimasi Biaya Bahan Bakar *Dump Truck* Sebelum Perbaikan kemiringan jalan

Bahan Bakar		Biaya Bahan Bakar (Rp)
liter/jam	14,632	163.878,4
liter/hari (4,3065 jam)	63,01271	705.742,3
liter/bulan (125,367 jam)	1.834,37	20.544.943,4
16 dt/jam	234,112	2.622.054,4
16 dt/hari	1.008,203	11.291.877,3
16 dt/bulan	29.349,92	328.719.094,0

**Tabel 14.** Estimasi Biaya Bahan Bakar *Dump Truck* Setelah Perbaikan Kemiringan Jalan

Bahan Bakar		Biaya Bahan Bakar (Rp)
liter/jam	14,4803	162.179,4
liter/hari (4,3065 jam)	62,35941	698.425,4
liter/bulan (125,367 jam)	1.815,352	20.331.939,8
16 dt/jam	231,6848	2.594.869,8
16 dt/hari	997,7506	11.174.806,6
16 dt/bulan	29.045,63	325.311.037,2

## 6 Kesimpulan dan Saran

### 6.1 Kesimpulan

- Berdasarkan perhitungan, didapat jika nilai *fuel ratio* aktual pada penambangan bauksit di PT. BKM sebesar 0,5526 liter/BCM.

- Total nilai tahanan kemiringan (*grade resistance*) pada jalan angkut ketika *dump truck* bermuatan adalah sebesar 144,158 lb/ton, sedangkan ketika *dump truck* kosong, total nilai tahanan kemiringannya adalah sebesar -144,158 lb/ton. Nilai tahanan gulir (*rolling resistance*) pada setiap segmen di jalan angkut adalah sebesar 58 lb/ton.
- Kemiringan jalan memiliki pengaruh yang besar terhadap konsumsi bahan bakar, yakni senilai 99,86% ketika *dump truck* bermuatan dan 96,94% ketika *dump truck* kosong. *Total resistance* juga memiliki pengaruh yang besar terhadap konsumsi bahan bakar, yakni senilai 99,46% ketika *dump truck* bermuatan dan 96,63% ketika *dump truck* kosong.
- Setelah dilakukan simulasi perbaikan kemiringan jalan, maka didapat hasil estimasi bahan bakar menjadi 14,4803 liter/jam.
- Berdasarkan perhitungan biaya bahan bakar, maka didapat biaya bahan bakar yang dikeluarkan oleh perusahaan pada saat sebelum dan setelah simulasi perbaikan kemiringan jalan sebagai berikut:
  - Biaya bahan bakar satu unit *dump truck* sebelum simulasi perbaikan kemiringan jalan, adalah sebesar Rp 163.878.4/liter/jam, sedangkan dalam waktu sehari dan sebulan, satu unit *dump truck* menghabiskan biaya sebesar Rp 705.742,3 dan Rp 20.544.943,37. Dalam melakukan kegiatan pengangkutan bauksit, PT. BKM memiliki 16 unit *dump truck*, maka biaya yang dihabiskan oleh 16 unit *dump truck* untuk bahan bakar adalah sebesar Rp 2.622.054,4-/liter/jam. Sedangkan dalam waktu sehari dan sebulan, 16 unit *dump truck* menghabiskan biaya sebesar Rp 11.291.877,3 dan Rp 328.719.094
  - Biaya bahan bakar satu unit *dump truck* setelah simulasi perbaikan kemiringan jalan, adalah sebesar Rp 162.179,4/liter/jam, sedangkan dalam waktu sehari dan sebulan, satu unit *dump truck* menghabiskan biaya sebesar Rp 698.425,4 dan Rp 20.331.939,8. Dalam melakukan kegiatan pengangkutan bauksit, PT. BKM memiliki 16 unit *dump truck*, maka biaya yang dihabiskan oleh 16 unit *dump truck* untuk bahan bakar adalah sebesar Rp 2.594.869,8/liter/jam. Sedangkan dalam waktu sehari dan sebulan, 16 unit *dump truck* menghabiskan biaya sebesar Rp 11.174.806,6 dan Rp 325.311.037,2

### 6.2 Saran

- Perlu dilakukan penurunan kemiringan jalan pada angkut untuk mengurangi biaya pemakaian bahan bakar.
- Dalam melakukan kemajuan tambang, perlu diperhatikan kondisi kemiringan jalan dari *pit* menuju *washing plant*.

### Daftar Pustaka

- [1] Prodjosumarto, Partanto. (1996) *Pemindahan Tanah Mekanis*.

- [2] Yulia, Vela, and Murad M.S. . (2020). Pengaruh Jarak Angkut dan *Grade* Jalan Terhadap Biaya Operasional Alat Angkut dari *Front* Penambangan Menuju *Dumping Area* untuk Efisiensi Biaya Produksi pada Penambangan Batu Kapur Bulan Oktober 2019 di PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang* **Vol. 5 , No. 2.** 32-44.
- [3] Sevendra, Dicky. Sumarya. Yoszi Mingsi Anaperta. (2018). Analisis Hubungan *Total Resistance* dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar *Dump Truck* Komatsu HD 785 dan Caterpillar HD 777 di PT. Semen Padang. *Jurnal Bina Tambang* **Vol. 3 No. 1.** 566-580.
- [4] Suwandhi, Awang . (2004) *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka.*
- [5] Anonim, PT DSM
- [6] Merlin, Nabella. (2016). Analisis Pengaruh Kemiringan Jalan Dan Jarak Angkut Terhadap Konsumsi Bahan Bakar dan *Fuel Ratio* Pada Kegiatan Penambangan Batuan Andesit di PT Gunung Sampurna Makmur Desa Rengasjajar Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor Jawa Barat. Universitas Islam Bandung. *Jurnal Prosiding Teknik Pertambangan* **Vol. 2 No. 1.** 237-244.
- [7] Adinata, Debi Yulian. Achmad Hendy Setyawan. (2016). Kajian Teknis Pemakaian Bahan Bakar Alat Muat Type Komatsu PC 400 LC 08 dan Alat Angkut Type DT Scania P 380 Terhadap Produksi. Surabaya. Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan IV. D227 – D238.
- [8] Anonim. (2009). *Specification & Application Handbook Edition 30.* Komatsu.
- [9] Ardian, Refdi. (2020) Maryanto. Solihin. Kajian Pengaruh Jarak dan Kemiringan Jalan terhadap Konsumsi Bahan Bakar dengan Menggunakan Analisis Regresi Linier Berganda di Tambang Sirtu CV Arindo, Desa Paseh Kaler, Kecamatan Paseh Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Universitas Islam Bandung. *Jurnal Prosiding Teknik Pertambangan* **Vol. 6 No.1.** 201-209.
- [10] Winarsunu, Tulus. (2009). *Statistik dalam Penelitian Psikologi dan pendidikan.*
- [11] Indonesianto, Yanto . (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis.*
- [12] Sugiono. (2010) *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif dan R&D.*