

## Pengaruh Gear Ratio Transmisi dan Grade Jalan Terhadap Fuel Consumption Truck Batubara dengan Pendekatan Regresi Linier Berganda

Arif Nuryono<sup>\*1</sup>

Teknik Industri Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta

e-mail: <sup>\*1</sup> [arif.nuryono@dsn.ubharajaya.ac.id](mailto:arif.nuryono@dsn.ubharajaya.ac.id)

### ABSTRACT

*Transmission Gear Ratio usually affects torque and speed. The effect on fuel consumption for coal trucks with a capacity of 20 tons needs technical analysis and experiment to obtain actual data. In the experiment process using a standard transmission issued by the factory that is with 8 forward speed and 1 reverse speed. Experiment is done by comparing the calculation of fuel consumption with the use of transmission. Tests carried out using 2 dump trucks, 6 times sampling, 8-Speed, 30 km distance, with variations in the grade 8 segments and loads. From the results of testing and calculation of fuel consumption with parameter 8 variations in road grade and loaded, different fuel usage is obtained for each road segment and in load or empty conditions. When high grade fuel consumption also increases, when loaded conditions fuel consumption increases. Road grade and loaded conditions affect the use of fuel consumption. The use of transmission speed or gear ratio also affects fuel consumption.*

**Keywords:** *Transmission gear ratio, grade of road, fuel consumption*

### ABSTRAK

*Gear Ratio pada transmisi rata-rata berpengaruh terhadap torsi dan kecepatan. Sedangkan pengaruh terhadap pemakaian bahan bakar atau fuel consumption untuk truk batubara kapasitas 20 ton ini perlu analisis secara teknis dan pengujian lapangan untuk mendapatkan data secara aktual. Dalam proses pengujian menggunakan transmisi standar yang dikeluarkan oleh pabrik yaitu dengan 8 speed maju dan 1 speed mundur. Pengujian dilakukan dengan membandingkan antara perhitungan fuel consumption dengan penggunaan transmisi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan 2 dump truck, 6 kali sampling, 8-Speed, jarak tempuh 30 km, dengan variasi grade jalan dengan 8 segmen dan beban muatan. Dari hasil pengujian dan perhitungan fuel consumption dengan parameter 8 variasi grade jalan dan beban muatan, diperoleh perbedaan pemakaian bahan bakar untuk tiap segmen jalan dan dalam kondisi muatan atau kosong. Saat grade tinggi pemakaian bahan bakar juga meningkat, saat kondisi loaded pemakaian bahan bakar meningkat. Kondisi grade jalan dan muatan mempengaruhi pemakaian bahan bakar. Pemakaian speed atau gear ratio transmisi juga mempengaruhi fuel consumption.*

**Kata Kunci:** *Gear Ratio Transmisi, Grade Jalan, Fuel Consumption*

### PENDAHULUAN

Dalam usaha di bidang pertambangan batubara ada dua hal yang menjadi tujuan untuk mencapai *profit* atau keuntungan yaitu peningkatan *revenue* (pendapatan) dan mengurangi *cost* (biaya operasional). Pertambangan adalah industri padat modal yang sangat, dan diketahui fakta bahwa

pemanfaatan peralatan dan estimasi akurat dari pemanfaatan ini sangat penting karena manajer tambang ingin memanfaatkan peralatan mereka seefektif mungkin untuk mendapatkan kembali awal investasi mereka serta mengurangi total biaya produksi. (Elevli, 2010). Upaya-upaya untuk memaksimalkan produktivitas akan dapat

meningkatkan produksi (paduloh et al., 2020), sehingga pada gilirannya akan menghasilkan pengurangan biaya, dan hal ini paling sering dilakukan oleh sistem fleet management (Nel et al., 2011). Hilangnya ketersediaan peralatan yang terlibat kerugian dalam produksi baik dalam hal apapun terjadi kegagalan peralatan karena teknis atau alasan lain atau dalam kasus penghentian minor peralatan selama operasi. (Waqas et al., 2015-). Dalam operasi penambangan *open pit*, sistem penanganan material terdiri dari pemuatan, pengangkutan dan pembuangan. Sistem truck-shovel paling umum digunakan dalam penambangan terbuka. Shovel-truck mengacu pada sistem penambangan muatan-angkut-dump, yang melibatkan setiap kombinasi unit muat dan truk (Ram Prasad Choudhary, 2015). Yang mempengaruhi biaya operasional pengangkutan *overburden* dan batubara salah satunya adalah biaya pemakaian *fuel* alat *hauling* yaitu *dump truck*. Besar kecilnya *fuel* yang dibutuhkan tergantung banyak faktor, diantaranya adalah kondisi jalan yang dilalui (faktor eksternal), **kondisi unit (faktor internal)**, *skill* operator (faktor internal) dan sebagainya. Faktor eksternal yang timbul kemungkinan akan sulit kita kendalikan, tetapi faktor internal yang timbul masih bisa kita kendalikan guna mencapai kondisi unit atau *dump truck* yang prima, salah satunya dengan pemakaian suku cadang yang handal, modifikasi komponen atau *power train*. Seperti halnya penggunaan transmisi yang dimanifestasikan menjadi ***gear ratio*** transmisi, hal ini tentunya akan mempengaruhi juga pemakaian bahan bakar. Penelitian ini mengambil lokasi tambang di wilayah Kalsel, dengan obyek adalah DT Hino karena alat ini yang fokus mengangkut batubara. Fenomena yang terjadi adalah grade jalan yang bervariasi sehingga berdampak kepada penggunaan transmisi. Oleh sebab itu pendekatannya adalah bagaimana pemakaian gigi yang tepat saat menghadapi kondisi jalan yang ber-*contour*. Pendekatan lain adalah seberapa besar pengaruhnya pemakaian gigi transmisi terhadap pemakaian *fuel*.

## METODE PENELITIAN

### 2.1 POWER TRAIN (TRANSMISI)

Tanpa transmisi, tenaga motor yang digunakan pada kendaraan sudah mampu menggerakkan kendaraan dengan kecepatan tertentu pada kondisi jalan rata. Namun pada saat kendaraan menaiki tanjakan, atau pada saat menggerakkan kendaraan pertama sekali (dari kondisi diam untuk bergerak), motor mungkin akan mati. Agar tenaga yang ada pada motor dapat memenuhi segala kebutuhan tenaga pada semua tingkat beban, maka kendaraan (truck) dilengkapi dengan transmisi. Transmisi berfungsi untuk meningkatkan daya motor sesuai dengan beban yang ada. (Salim, H.A. Abbas. 2012)

1. Jenis-Jenis Transmisi
  - Transmisi standar : pada posisi tuas persneling tertinggi putaran input sama dengan putaran output.
  - Transmisi overdrive : pada posisi tuas persneling pada posisi tertinggi putaran output lebih tinggi di bandingkan putaran input.
  - Transmisi Otomatis : transmisi yang mampu menyesuaikan out-putnya (daya dan kecepatan) sesuai dengan kebutuhan kendaraan secara otomatis. Transmisi otomatis tidak memerlukan pedal kopling, sebagai pengantinya digunakan kopling fluida yang ditempatkan antara motor dan transmisi. (Salim, H.A. Abbas. 2012)
2. Teori Roda Gigi (Transmisi)
  - a. Perbandingan putaran transmisi (speed ratio), dinyatakan dalam notasi :  $i$   
 Speed ratio :  $i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \dots \dots \dots (1)$   
 Jika  $i < 1$  = transmisi roda gigi inkripsi  
 $i > 1$  = transmisi roda gigi reduksi  
 (Hagendoorn, J.J.M 1992)
  - b. Jumlah roda gigi  
 $Z = \frac{D}{m} \dots \dots \dots (2)$   
 Di mana :  
 Z = Jumlah gigi pada roda gigi (buah).  
 D = Diameter jarak bagi (mm).  
 m = Modul gigi (mm).  
 (Sularso, 2002).

Harga modul diambil dari tabel harga modul standar JIS B 1701 – 1973 (Sumber : Sularso, 2002).

- c. Diameter lingkaran kepala  
 $D_k = (Z + 2) \times m \dots\dots\dots (3)$   
 Di mana :  
 $D_k$  = Diameter lingkaran kepala (mm)  
 (Sularso, 2002).
- d. Diameter lingkaran kaki  
 $D_g = Z \times m \times \cos \alpha \dots\dots\dots (4)$   
 Di mana :  
 $D_g$  = Diameter lingkaran kaki (mm).  
 $\alpha$  = Sudut tekan (Derajat).  
 (Sularso, 2002).
- e. Kecepatan keliling  
 $V = \frac{\pi \times D \times n}{60 \times 1000} \dots\dots\dots (5)$   
 Di mana :  
 $V$  = Kecepatan keliling untuk tiap roda gigi (m/s).  
 $D$  = Diameter jarak bagi untuk tiap roda gigi (mm).  
 $n$  = Putaran poros (rpm).  
 (Sularso, 2002).
- f. Gaya tangensial  
 $F_t = \frac{102 \times P_d}{v} \dots\dots\dots (6)$   
 Di mana :  
 $F_t$  = Gaya tangensial (kg).  
 $P_d$  = daya rencana (kW).  
 (Sularso, 2002).

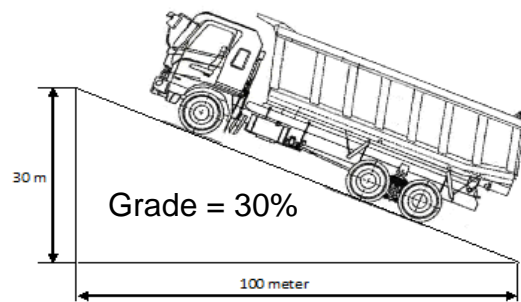
A. Grade Resistance & Gradeability

Gradeability didefinisikan sebagai grade maksimum kendaraan yang bisa di toleransi tanpa kehilangan kecepatan gerak. Biasanya, kemampuan menanjak didefinisikan pada gigi tertinggi (Hanbook Komatsu, 2009) Rata-rata penggunaannya, gradeability terjadi pada torsi puncak di gigi tertinggi yang seharusnya dicapai, rata-rata pada grade 1,8% atau minimum 1,5%.

Dalam penelitian Pranoto, H (2015) di istilah alat berat, Gradeability didefinisikan sebagai kemampuan alat berat (traktor atau truck) untuk beroperasi pada lokasi kemiringan (slope) terutama pada saat mendaki / menanjak

dalam beberapa variasi sudut kemiringan dalam satuan %. Variable yang di gunakan dalam perhitungan gradeability cukup kompleks. (Pranoto, H., 2015) Sehingga perhitungan ini menjadi penting disaat seorang engineer tambang harus mendesain tambang maupun jalan tambang (RML,PT, 2011). Kondisi akan menjadi sangat fatal apabila gradeability tidak di kaitkan dalam rancangan mine design. Gradeability dinyatakan dalam % karena slope atau kemiringan biasanya di wakili dengan Tan  $\theta$ .

Rumus Gradeability :



Sumber: Pranoto(2015)

Gambar 2 Gradeability Truck

$$G = \left[ \frac{T \times i \times \eta}{w \times r} \right] - \mu_r \quad (7)$$

- $T$  : Engine Max Torque
- $i$  : Transmission Gear Ratio x Rear Axle Gear Ratio
- $\eta$  : Mechanical Effisien
- $\mu_r$  : Coeffisien of rolling resistance
- $w$  : Gross Vehicle Weight
- $r$  : Dynamic Radius of Tire
- $G$  : Gradeability ( % )

Dalam Handbook Komatsu (2009), Daya Tahanan Kelandaian ( Power Grade Resistance) merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menanjak bukit. Daya untuk tahanan kelandaian di formulakan sbb :

$$P_g = \frac{G \times GVW \times V}{37.500} \quad (8)$$

- Dimana ;
- $P_g$  = Power grade resistance
- $G$  = Grade dalam satuan %
- $v$  = Kecepatan dalam satuan mph
- $GVW$  = Berat kendaraan / Gross Vehicle Weight dalam lb
- 37.500 = Konstanta

**B. Fuel Consumption**

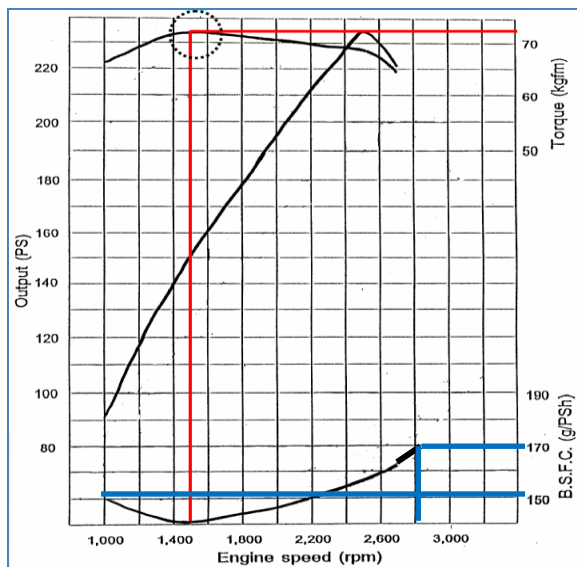
Perhitungan *fuel consumption* untuk kecepatan maksimum dapat menggunakan dengan rumus kecepatan maximum, karena satuan dari fuel consumption adalah km/liter artinya berapa jarak tempuh yang sudah dilalui dibanding konsumsi bahan bakarnya. Untuk aktifitas penambangan tidak hanya jarak tempuh yang di perhitungkan tetapi waktu operasi mesin menjadi hal yang sangat berpengaruh. Oleh sebab itu perhitungan *fuel consumption* dalam satuan liter per jam. Artinya seberapa besar volume bahan bakar digunakan dalam satuan waktu. (Warsowiwoho B.M.E., et al, 1982)

Persamaan *Fuel Consumption* dapat dirumuskan sbb :

$$a = \frac{P_{eng} \times fb}{1000 \times \rho} \tag{9}$$

Dimana,

- a = fuel consumption dalam liter / jam
- $P_{eng}$  = Total daya engine dalam satuan HP
- fb = Minimum fuel consumption dalam satuan gr/HP.h
- $\rho$  = Massa jenis bahan bakar solar, dalam satuan gr/ml



Sumber: Pengolahan Data (2019)  
Gambar 3 Minimum fuel rate ( fb )

Daya adalah kemampuan untuk mengubah suatu bentuk energi menjadi suatu bentuk energi lain dalam waktu tertentu. Perhitungan daya yang dibutuhkan tergantung pada gaya-

gaya yang bekerja pada kendaraan tersebut. Daya merupakan usaha yang dilakukan pada setiap satuan waktu. Sehingga rumus dasar daya adalah  $P = W / t$

$$(2.10)$$

- Dimana ;
- P = Daya (HP)
- W = Usaha (KJ)
- t = Waktu (jam)

**C. Regresi Linier Berganda**

Regresi linier berganda merupakan model persamaan yang menjelaskan hubungan satu variabel tak bebas/ response (Y) dengan dua atau lebih variabel bebas/ predictor ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ). Tujuan dari uji regresi linier berganda adalah untuk memprediksi nilai variabel tak bebas/ response (Y) apabila nilai-nilai variabel bebasnya/ predictor ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) diketahui. (Irianto, H.A, 2010). Disamping itu juga untuk dapat mengetahui bagaimanakah arah hubungan variabel tak bebas dengan variabel - variabel bebasnya. Persamaan regresi linier berganda secara matematik diekspresikan oleh :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_n X_n \tag{11}$$

Dimana :

- Y = variable tak bebas (nilai variabel yang akan diprediksi)
- a = konstanta
- $b_1, b_2, \dots, b_n$  = nilai koefisien regresi
- $X_1, X_2, \dots, X_n$  = variable bebas

Bila terdapat 2 variable bebas, yaitu  $X_1$  dan  $X_2$ , maka bentuk persamaan regresinya adalah :

$$Y = a + b_1 X_1 + b_2 X_2 \tag{12}$$

**D. Jenis Data**

Dalam penelitian ini jenis data yang digunakan adalah :

- Data primer : data dari observasi dan pengujian data sample
- Data sekunder : data dari pabrik pembuat truk yang berhubungan dengan spesifikasi alat

**E. Metode Penelitian**

Metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini adalah :

- Observasi : menguji data sample dengan beberapa variasi parameter
- Studi pustaka : pendekatan teknis dan teoritis mengenai performa alat

**F. Variabel Penelitian**

Variabel penelitian ini ada dua jenis yaitu :

- Variable dependen : yaitu variable terikat yang dalam hal ini adalah fuel consumption
- Variable independent : yaitu variable bebas yang dalam hal ini adalah kecepatan, grade jalan dan perbandingan gigi transmisi

**G. Instrumen Penelitian**

Penelitian ini membutuhkan beberapa instrument untuk membantu dalam hal pengujian lapangan, pengolahan data dan analisis

**1. Observasi**

Instrument yang digunakan adalah pendekatan mengukur nilai-nilai parameter variable penelitian. Alat yang digunakan adalah :

- Fuel gauge atau alat pengukur volume tangka bahan bakar
- Stopwatch untuk mengukur waktu ritasi alat berat
- Total station untuk mengukur nilai grade jalan

**2. Studi Pustaka**

Intrumen lain adalah menggunakan tools dalam pengolahan data dan analisis data dengan menggunakan MS Excel. Termasuk untuk perhitungan nilai persamaan atau rumus variable penelitian.

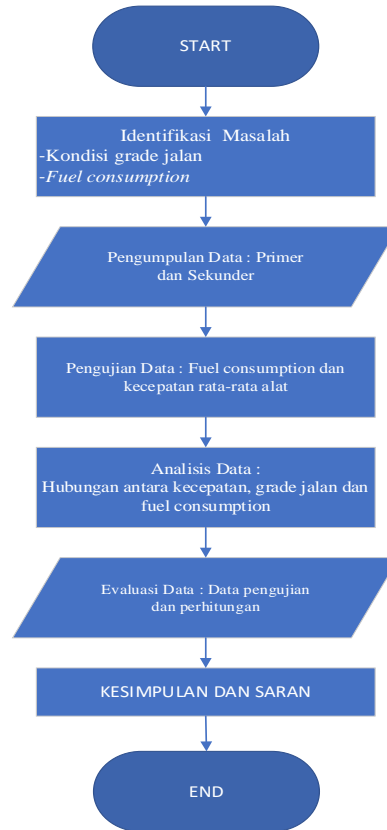
**H. Populasi dan Sample**

Dalam penelitian ini menggunakan 2 sample dump truk dari 5 populasi Dump truck yang digunakan. Penelitian dilakukan dengan 3 kali pengujian dan

tiap pengujian ada 6 kali pengambilan data.

**I. Flowchart Penelitian**

Urutan langkah penelitian dapat digambarkan dalam sebuah flowchart atau diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 4:



Sumber: Pengolahan Data (2019)  
Gambar 4 Flowchart Penelitian

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Parameter Penelitian**

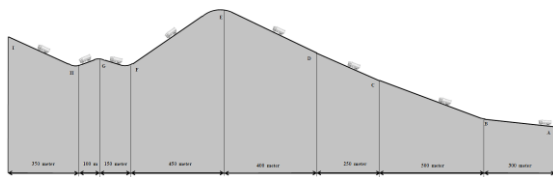
- Grade jalan : Variasi 8 segmen grade
  - Kecepatan : speed 1 – dengan kondisi Low range dan High range
  - Gear Ratio Transmisi : kondisi standar gear yaitu 1 – 8 rasio.
- Tabel 1 Segmen Jalan Pengujian

JALAN PIT 1 & 2		
Segment	Grade ( % )	Jarak ( m )
A – B	1.00%	300
B – C	6.20 %	500
C – D	4.56 %	250

D – E	6.89 %	400
E – F	8.10%	450
F – G	1.10%	150
G – H	1.00%	100
H – I	4.13 %	350
<b>Total</b>		<b>2500</b>

Sumber: Pengolahan Data (2019)

A. Kondisi Medan Pengujian



(Sumber : RML,PT, 2011)

Gambar 5 Penampang Segmen Jalan

B. Gear Ratio Transmisi

Gear Ratio pada transmisi untuk jenis DT Hino JD 260 adalah :

Tabel 2 Perbandingan Gigi Transmisi

Gigi	Transmission Gear Ratio FM 260 JD
1	8,829
2	6,281
3	4,644
4	3,478
5	2,538
6	1,806
7	1,335
8	1

(Sumber : RML,PT, 2011)

3.2 Hasil Perhitungan Gradeability

Dalam kasus penelitian ini jalan yang dilalui truck adalah jalan yang ber-contour dimana ada 8 segmen grade jalan, baik itu tanjakan maupun turunan. Oleh sebab itu kehandalan truck untuk menajak harus diperhitungkan lebih dulu. Tabel dibawah ini adalah tabel mengenai range/rentang nilai gradeability tiap gear ratio pada transmisi.

Tabel 3 Gradeability DT Hino

Model	Gear	T/M	Gradeability
-------	------	-----	--------------

			%	Derajat
FM260JD	1	8,829	0,236	13,5
FM260JD	2	6,281	0,152	8,7
FM260JD	3	4,644	0,1	5,7
FM260JD	4	3,478	0,061	3,5
FM260JD	5	2,538	0,032	1,8
FM260JD	6	1,806	0,01	0,6
FM260JD	7	1,335	-0,005	-0,3
FM260JD	8	1	-0,016	-0,9

(Sumber : RML,PT, 2011)

Jika dibandingkan dengan grade jalan pada potongan melintang diatas, pada gear 1, 2 dan 3 mampu dengan mudah menajak atau mendaki, dimana segmen tertinggi adalah di segmen E-F yaitu 8,1%

3.3 Hasil Pengujian Fuel Consumption

Dalam pengujian *fuel consumption* ini dilakukan dengan cara mengukur dengan *fuel gauge* dan sesuai dengan rute tempuh yang ditetapkan oleh *mine design*. Data ini ada actual, sehingga peneliti akan mengkomparasi dengan perhitungan rumus, dengan nilai data input dalam rumus juga actual. Pengujian dengan memperhitungkan 2 kondisi yaitu *loaded* dan *unloaded*

a. *Pengujian I fuel consumption* :  
*Pengujian dilakukan 2 truk dengan 6 ritasi tiap truck nya. Hasilnya adalah :*

Tabel 4. Pengujian Fuel Consumption I

Jumlah Lap	Kondisi	Jarak (km)	Volume Fuel (Liter)
12	Muatan	30	39,5
12	Kosongan	30	10,5

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

b. *Pengujian II fuel consumption* :  
*Pengujian dilakukan 2 truk dengan 6 ritasi tiap truck nya. Hasilnya adalah :*

Tabel 5. Pengujian Fuel Consumption II

Jumlah Lap	Kondisi	Jarak (km)	Volume Fuel (Liter)
12	Muatan	30	38,5
12	Kosongan	30	9,5

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

c. *Pengujian III*

fuel consumption : Pengujian dilakukan 2 truk dengan 6 ritasi tiap truck nya. Hasilnya adalah :

Tabel 6. Pengujian Fuel Consumption III

Jumlah Lap	Kondisi	Jarak (km)	Volume Fuel (Liter)
12	Muatan	30	40
12	Kosongan	30	9,5

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Rata-rata dari 3 kali pengujian adalah :

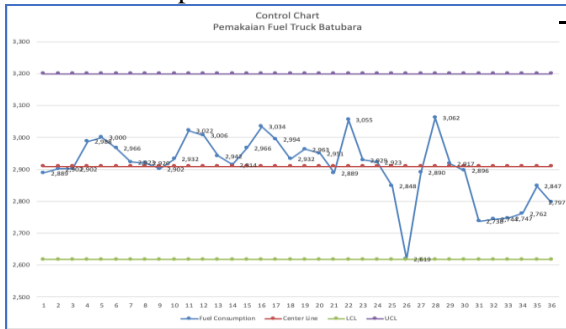
Tabel 7. Rerata Pengujian Fuel Consumption

Jumlah Lap	Kondisi	Jarak (km)	Volume Fuel (Liter)
36	Muatan	90	118
36	Kosongan	90	29,5

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Dari hasil penelitian tersebut dapat digambarkan dengan control chart, menunjukkan trend turun pemakaian bahan bakar. Bahkan di pengujian ke-26 terjadi pemakaian fuel yang sedikit dibawah garis batas bawah.

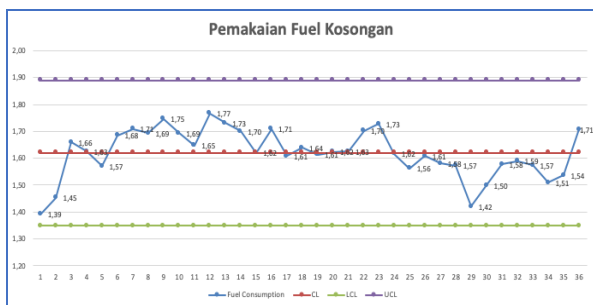
Berikut data pemakaian fuel untuk muatan :



(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Gambar 5 Fuel Consumption Muatan

Berikut data pemakaian fuel untuk kosongan :



(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Gambar 6 Pemakaian Fuel Kosongan Untuk pemakaian fuel kosongan trend meningkat, walaupun secara normal masih masuk dalam batas atas dan bawah.

### 3.4 Hasil Speed & Grade per Segmen

Hasil pengujian kecepatan dari 2 sample yang dilakukan dengan membandingkan nilai grade jalan sangat bervariasi yaitu

Tabel 8. Hasil Kec. Rerata vs Grade

Segment	Grade	Jarak (m)	KECEPATAN RERATA (km/jam)		
			Muatan	Kosongan	RATA-RATA
A – B	1%	-1%	300	14,4	19,7
B – C	6.20 %	- 6.20 %	500	10	28,2
C – D	4.56 %	- 4.56 %	250	10,8	26,1
D – E	6.89 %	- 6.89 %	400	10,5	26,7
E – F	-8,10%	0,081	450	24,6	16,7
F – G	1.10%	- 1.10%	150	21,6	23
G – H	- 1.00%	0,01	100	19,8	20,7
H – I	4.13 %	- 4.13 %	350	13,8	24,8
<b>RATA-RATA</b>			<b>2500</b>	<b>15,7</b>	<b>23,2</b>

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Jika dikonversikan menjadi perbandingan gigi pada transmisi adalah sbb :

Tabel 9 Gear Ratio Muatan

Segment	JALAN PIT 1 & 2		MUATAN	
	Grade (%)	Jarak (m)	Gear	Ratio
A – B	1.00%	300	5	2,54
B – C	6.20 %	500	3	4,64
C – D	4.56 %	250	4	3,48
D – E	6.89 %	400	3	4,64
E – F	8.10%	450	6	1,81
F – G	1.10%	150	5	2,54
G – H	1.00%	100	5	2,54
H – I	4.13 %	350	3	4,64
<b>Total</b>		<b>2500</b>		

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Tabel 10 Gear Ratio Kosongan

Segment	Grade (%)	Jarak (m)	Gear	Ratio
A – B	1.00%	300	6	1,81
B – C	6.20 %	500	7	1,34
C – D	4.56 %	250	7	1,34
D – E	6.89 %	400	7	1,34
E – F	8.10%	450	6	1,81
F – G	1.10%	150	7	1,34
G – H	1.00%	100	7	1,34
H – I	4.13 %	350	7	1,34
<b>Total</b>		2500		

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Dengan pendekatan rumus fuel consumption seperti yang ada di teori, dengan data actual yang ada dan dengan parameter grade jalan, kecepatan actual, jarak tempuh actual, daya actual (daya grade, rolling, aerodinamis dll) diperoleh data hubungan kecepatan dengan fuel consumption adalah sbb

Tabel 11 Kecepatan vs F/C Muatan

Segment	Grade	Jarak (meter)	Kecepatan Km/jam	Fuel Consumption Liter/jam
A – B	1,0%	300	14,4	9,67
B – C	6,2%	500	10,0	19,49
C – D	4,6%	250	10,8	16,32
D – E	6,9%	400	10,5	22,05
E – F	-8,1%	450	24,6	11,79
F – G	1,1%	150	21,8	16,02
G – H	-1,0%	100	19,7	9,27
H – I	4,1%	350	13,8	20,13
<b>Total</b>		<b>2500</b>	<b>15,7</b>	<b>15,6</b>

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Tabel 12 Kecepatan vs F/C Kosongan

Segment	Grade	Jarak (meter)	Kecepatan Km/jam	Fuel Consumption Liter/jam
A – B	1,00%	300	19,8	4,18
B – C	6,20%	500	28,1	5,38
C – D	4,60%	250	25,9	4,67
D – E	6,90%	400	26,6	4,54
E – F	8,10%	450	16,6	15,71

F – G	1,10%	150	22,7	5,41
G – H	1,00%	100	20,9	6,81
H – I	4,10%	350	24,9	4,62
<b>Total</b>		<b>2500</b>	<b>23,2</b>	<b>6,4</b>

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Hasil penelitian berkaitan dengan segmen grade jalan dengan volume total dari semua pengujian adalah sbb :

Tabel 13 Pemakaian Total Fuel Muatan

Segment	Grade	Jarak Tempuh (Km)	Waktu (Jam)	Volume (Liter)
A – B	1,0%	10,8	0,8	7,3
B – C	6,2%	18,0	1,8	35,0
C – D	4,6%	9,0	0,8	13,7
D – E	6,9%	14,4	1,4	30,2
E – F	-8,1%	16,2	0,7	7,8
F – G	1,1%	5,4	0,2	4,0
G – H	-1,0%	3,6	0,2	1,7
H – I	4,1%	12,6	0,9	18,4
<b>Total</b>		<b>90</b>	<b>6,8</b>	<b>117,9</b>

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

Tabel 14 Pemakaian Total Fuel Kosongan

Segment	Grade	Jarak Tempuh (Km)	Waktu (Jam)	Volume (Liter)
A – B	1,0%	10,8	0,55	2,3
B – C	6,2%	18,0	0,64	3,5
C – D	4,6%	9,0	0,35	1,6
D – E	6,9%	14,4	0,54	2,5
E – F	-8,1%	16,2	0,97	15,3
F – G	1,1%	5,4	0,24	1,3
G – H	-1,0%	3,6	0,17	1,2
H – I	4,1%	12,6	0,51	2,3
<b>Total</b>		<b>90</b>	<b>4,0</b>	<b>29,90</b>

(Sumber: Pengolahan Data 2019)

### 3.5 Analisis Regresi Berganda

Dalam analisis regresi berganda, data variable terikat adalah *fuel consumption* sedangkan variable bebasnya ada 2 variable X1 dan X2. Dimana persamaan liniernya akan menjadi :

$$Y = a + b_1X_1 + b_2X_2$$

Y = Fuel consumption

X1 = Grade Jalan tambang

X2 = Gear Ratio Transmisi



Untuk persamaan pada kondisi Muatan :

$$Y = 5,92 - 14,62.X1 + 2,8.X2$$

Dimana :

Nilai a = 5,92

Nilai b1 = -14,62

Nilai b2 = 2,80

Koefisien Determinannya ( $r^2$ ) = 0,6035 = 60,35%

Dari hasil ini menunjukkan bahwa variabel X2 mempunyai pengaruh lebih kuat dibanding variable X1 karena nilai b2 > b1. Sedangkan secara signifikan dari nilai akhir (Y) adalah dipengaruhi 60,35% dari kedua variabel X1 dan X2, dan sisanya 39,65% dipengaruhi oleh faktor lain, bisa skill operator, kondisi mesin dll.

Untuk persamaan pada kondisi Kosongan :

Dari hasil perhitungan menggunakan analisis regresi linier berganda dengan jumlah data adalah 96, maka di peroleh persamaan sbb :

$$Y = 0,44 + 39,15.X1 + 3,86.X2$$

Dimana :

Nilai a = 0,44

Nilai b1 = 39,15

Nilai b2 = 3,87

Koefisien Determinannya ( $r^2$ ) = 0,8778 = 87,78%

Dari hasil ini untuk kondisi kosong menunjukkan bahwa variabel X1 mempunyai pengaruh lebih kuat dibanding variable X2 karena nilai b1 > b2. Sedangkan secara signifikan dari nilai akhir (Y) adalah dipengaruhi 87,78% dari kedua variabel X1 dan X2, dan sisanya 12,22% dipengaruhi oleh faktor lain, bisa skill operator, kondisi mesin dll.

Jika dibandingkan kondisi muatan dengan kondisi kosong, variable X1 dan X2 cukup signifikan mempengaruhi pemakaian bahan bakar atau *fuel consumption*.

Ada kemungkinan factor lain yang menyumbang pengaruh kuat adalah skill operator, karena kondisi muatan 75% jalannya menanjak sehingga membutuhkan skill yang baik untuk pengoperasiannya.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Fuel consumption hasil pengukuran dengan fuel gauge tidak jauh berbeda dengan hasil perhitungan actual dengan menggunakan pendekatan rumus praktis
2. Gear ratio transmisi memiliki pengaruh lebih kuat terhadap pemakaian bahan bakar dibandingkan dengan kondisi grade jalan yang bervariasi untuk kondisi muatan (loaded)
3. Grade jalan memiliki korelasi pengaruh lebih kuat terhadap pemakaian bahan bakar dibanding dengan gear ratio.
4. Variable Grade jalan dan gear ratio transmisi masing-masing memiliki tingkat pengaruh 87,75% dan 60,35%. Hal ini menunjukkan bahwa kedua variabel sangat mempengaruhi pemakaian bahan bakar (*fuel*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Elevli, S., & Elevli, B. "Performance measurement of mining equipments by utilizing OEE". *Acta Montanistica Slovaca*, 15(2), (2010), 95.
- Hagendoorn, J.J.M 1992, *Konstruksi Mesin 2*, Jakarta, PT Rosda Jayaputra
- Irianto, H.A. (2010). *Statistik Konsep Dasar, Aplikasi dan Pengembangannya*. Edisi keempat. Perenadamedia. Jakarta
- Komatsu. (2009). *Specification & Application Handbook*. Edition 30<sup>th</sup>, Japan.
- Nel S, Kizil MS and Knights P (2011). *Improving Truck-Shovel Matching*, 35<sup>th</sup> APCOM Symposium, Wollongong, NSW 381-391.
- Paduloh et al. (2020). *Analysis Of Productivity Based On Kpi Case Study Automotive Paint Industry*. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 8(1), p1-12
- Pranoto, H. (2015). *Efisiensi Power Engine Truck Pergerakan Dinamis dengan Mengubah Ratio Final Drive Gear pada Truck Kapasitas 30 Ton*. *Sinergi*. 19(1). 45-50

- RML,PT, 2011, “Modul Pelatihan Aplikasi Alat Berat di Pertambangan”, Edisi 1-2011, Bekasi Jawa Barat
- RML,PT, 2013, “Modul Pelatihan New QC Leader”, Edisi 1-2013, Bekasi Jawa Barat
- Ram Prasad Choudhary, 2015, *OPTIMIZATION OF LOAD-HAUL-DUMP MINING SYSTEM BY OEE AND MATCH FACTOR FOR SURFACE MINING*, International Journal of Applied Engineering and Technology ISSN: 2277-212X (Online) An Open Access, Online International Journal Available 2015 Vol. 5 (2) April-June, pp. 96
- Sularso & Suga, K. (2002). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. *Jakarta: PT Pradnya Paramita.*
- Salim, H.A. Abbas. 2012. Manajemen Transportasi. Jakarta: PT. Rajagrafindo Persada
- Warsowiwoho B.M.E., dan Harahap, Gandhi. 1982. Bahan Bakar Pelumas Pelumasan Servis. Jakarta: Pradnya Paramita
- Waqas, M. (2013). Measuring Performance of Mining Equipments Used in Cement Industry by Using Overall Equipment Effectiveness (OEE). MSc. Thesis, Department of Mining Engineering, University of Engineering & Technology, Lahore, Pakistan.