

Kajian Efisiensi Bahan Bakar Hd465-605 pada Jalan Tambang *Quarry D* Batu Gamping di PT. Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. Kecamatan Citeureup Kabupaten Bogor, Jawa Barat

Study on Fuel Efficiency of Hd465-605 on the Road of Limestone *Quarry D* at PT.Indocement Tungal Prakarsa, Tbk. Citeureup Subdistrict, Bogor Regency, West Java

¹Devi Diansyah R. Pratama, ²Dono Guntoro, ³Zaenal
^{1,2,3}*Prodi Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,
Jl. Tamansari No. 1 Bandung 40116
email: devirahmadita@gmail.com*

Abstract. Diesel fuel utilization of Komatsu HD465-605 is influenced by several factors, one of which is road transport. Road transport has an important role in improving the efficiency of fuel use. Based on research result in the field, there are some road segments which have not met the calculation wide straight road and wide road on a bend. According to "AASHTO 1973" the minimum width of the straight path is 18,8825 m, while for the minimum width of the road bend is 29,349 meter. The ability of tool to overcome the climb by 15%. This calculation is based on the ability to overcome rimpull. The slope of the curve recommended is 0,041m/m in order to pass the bend conveyance with maximum speed, based on the width of the road created, cross slope that have to be made is 17,5 cm. Carrying material can be classified to medium hard rock category that has carrying capacity of soil 80.000 psf. Travel time of conveyance 1 before road repair is 495,495 seconds and after optimum decline of percent slope, then the travel time of road 1 after road repair is 491,209 seconds. Travel time of conveyance 2 before road repair is 491,816 seconds and after optimum decline of percent slope travel time of road 2 after maintenance road is 483,245 seconds. Travel time of hauling was influenced by fuel consume per rit. The power which produce for brings rimpull from first haul road before road maintenance is 22323,586 kW and after road maintenance got the power 21860,092 kW. The power that produced for resolved rimpull from second road is 23213,464 kW and after road maintenance the power to be 22639,758 kW. The second road has lower power than the first road. Fuel consumption for the first road before road maintenance is 2,134 liter/rit, while fuel consumption for the first road after road maintenance to be 2,116 liter/rit less until $\pm 0,018$ liter/rit. Fuel consumption for the second road before road maintenance is 2,118 liter/rit, while fuel consumption the second road after road maintenance to be 2,081 liter/rit less until $\pm 0,037$ liter/rit. Diesel fuel efficiency can be influenced from several parameters. Parameters that most affect fuel use is power.

Keywords: Road Geometry, Grade Percent, Power, Fuel Efficiency

Abstrak. Penggunaan bahan bakar solar pada alat angkut Komatsu HD465-605, dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah jalan angkut. Jalan angkut memiliki peranan penting dalam meningkatkan efisiensi penggunaan bahan bakar solar. Berdasarkan hasil penelitian dilapangan masih terdapat beberapa segmen jalan yang belum memenuhi standar perhitungan lebar jalan lurus dan lebar jalan pada tikungan. Menurut "AASHTO 1973" lebar jalan lurus minimum adalah 18,8825 m, sedangkan untuk lebar jalan tikungan minimum adalah 29,349 meter. Kemampuan alat untuk mengatasi tanjakan sebesar 15%. Perhitungan ini berdasarkan kemampuan untuk mengatasi *rimpull*. Kemiringan pada tikungan (*Superelevasi*) yang disarankan adalah 0,041 m/m agar alat angkut bisa melewati tikungan dengan kecepatan maksimal. Berdasarkan lebar jalan yang dibuat, *cross slope* yang harus dibuat yaitu sebesar 17,5 cm terhadap sisi jalan agar badan jalan tidak digenangi oleh air. Daya dukung material yang ada dapat diklasifikasikan ke dalam kategori *Medium hard rock* yang memiliki daya dukung tanah sebesar 80.000 psf. Waktu tempuh alat angkut 1 sebelum perbaikan jalan adalah 495,495 detik dan setelah penurunan persen kemiringan yang optimum, maka waktu tempuh jalan 1 setelah perbaikan jalan adalah 491,209 detik. Waktu tempuh jalan angkut 2 sebelum perbaikan jalan adalah 491,816 detik dan setelah penurunan persen kemiringan yang optimum waktu tempuh jalan 2 setelah perbaikan jalan adalah 483,245 detik. Waktu sangat mempengaruhi konsumsi bahan bakar per ritase. Daya yang dihasilkan untuk mengatasi *rimpull* dari jalan satu sebelum perbaikan jalan sebesar 22323,586 kW dan setelah penurunan persen kemiringan didapatkan daya setelah perbaikan jalan sebesar 21860,092 kW. Daya yang dihasilkan untuk mengatasi *rimpull* dari jalan dua sebelum perbaikan jalan sebesar 23213,464 kW dan setelah penurunan persen kemiringan didapatkan daya setelah perbaikan jalan sebesar 22639,758 kW. Jalan 2 memiliki daya yang lebih rendah jika dibandingkan dengan jalan 1. Konsumsi bahan bakar jalan satu sebelum perbaikan jalan sebesar 2,134 liter/rit, sedangkan konsumsi

bahan bakar jalan satu setelah perbaikan jalan sebesar 2,116 liter/rit berkurang $\pm 0,018$ liter/rit. konsumsi bahan bakar jalan dua sebelum perbaikan jalan sebesar 2,118 liter/rit, sedangkan konsumsi bahan bakar jalan dua setelah perbaikan jalan sebesar 2,081 liter/rit berkurang $\pm 0,037$ liter/rit. Efisiensi bahan bakar solar dapat dipengaruhi dari beberapa parameter. Parameter yang paling mempengaruhi penggunaan bahan bakar adalah daya.

Kata Kunci: Geometri Jalan, Persen Kemiringan, Waktu Tempuh, Efisiensi Bahan Bakar

A. Pendahuluan

Latar Belakang

Alat angkut tidak bisa beroperasi secara optimal dikarenakan kondisi jalan angkut yang sempit, tanjakan yang curam, permukaan jalan yang licin, daya dukung jalan terhadap beban yang rendah hingga kemampuan alat angkut dalam mengatasi *rimpull* yang terlalu besar, sehingga akan mempengaruhi waktu tempuh dalam proses pengangkutan. Waktu tempuh yang lebih lama akan mengakibatkan penggunaan bahan bakar per ritase yang lebih besar. Serta keadaan geometri jalan angkut dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan mesin alat angkut. Oleh sebab itu geometri jalan angkut harus sesuai dengan standar yang ditetapkan agar alat angkut dapat melaju dengan kecepatan normal. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap penggunaan bahan bakar adalah jarak dari *crusher* menuju *loading point*, *payload*, kecepatan alat dan *topografi* lokasi penambangan. Dikarenakan penggunaan bahan bakar menjadi salah satu parameter yang berpengaruh dalam *operating cost*. Maka dengan adanya permasalahan tersebut maka diperlukan evaluasi geometri jalan angkut untuk mendapatkan suatu perhitungan kebutuhan bahan bakar yang efisien sehingga akan memperoleh keuntungan yang optimal dari kegiatan industri pertambangan tersebut dan mengurangi *operating cost* dari kegiatan pengangkutan.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui geometri jalan angkut yaitu panjang jalan, lebar jalan, *cross slope*, *superelevasi*, daya dukung jalan terhadap beban dan persen kemiringan.
2. Mengetahui waktu tempuh *dumpttruck* Komatsu HD465-605.
3. Mengetahui *daya* dari setiap segmen jalan angkut.
4. Mengetahui kebutuhan bahan bakar setiap segmen jalan angkut.
5. Mengetahui pengaruh jalan angkut terhadap konsumsi bahan bakar yang lebih efisien berdasarkan evaluasi geometri jalan angkut.

B. Landasan Teori

Geometri Jalan angkut tambang (*Mining Haulage Track*)

Untuk kondisi jalan *hauling* mesin *truck* memiliki empat zona, yaitu: *loading*, *traveling loaded*, *dumping*, and *traveling empty*. Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan. Geometri jalan angkut yang harus diperhatikan sama seperti jalan raya pada umumnya, yaitu:

1. Lebar jalan angkut;
2. Jari-jari tikungan dan super- elevasi;
3. Kemiringan jalan,
4. Superelevasi, dan
5. Cross slope.

Perhitungan Penggunaan Bahan Bakar

Untuk memperkirakan kinerja alat angkut secara teliti perlu dipelajari faktor-

faktor yang secara langsung dapat mempengaruhi hasil kerja alat tersebut. Faktor-faktor tersebut meliputi:

1. Geometri jalan angkut
2. Tahanan guling atau tahanan gelinding (*Rolling Resistance*),
3. Tahanan kemiringan (*Grade Resistance*),
4. Koefisien Traksi,
5. Rimpull,
6. Percepatan,
7. Payload.
8. Dan Koefisien *aerodinamis*,

Untuk menghitung kebutuhan bahan bakar alat angkut, maka dapat menggunakan rumus seperti di bawah ini:

$$P_{ld} = V_{ld} \times (a \times V_{ld}^2) + (b \times W_{ld}) \dots \dots \dots (1)$$

$$P_{dl} = V_{dl} \times (a \times V_{dl}^2) + (c \times W_{dl}) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

P_{ld} = Tenaga yang dibutuhkan untuk mengangkut material dari *loading point* ke *dumping point*, (kW)

P_{dl} = Tenaga yang dibutuhkan untuk mengangkut material dari *dumping point* ke *loading point*, (kW)

BF_{ld} = *Brake Spesific Fuel Consumption* untuk *loading point* ke *dumping point*, (gram/kW.jam)

BF_{dl} = *Brake Spesific Fuel Consumption* untuk *dumping point* ke *loading point*, (gram/kW.jam)

V_{ld} = Kecepatan angkut rata-rata dari *loading point* ke *dumping point*, (m/s)

V_{dl} = Kecepatan angkut rata-rata dari *dumping point* ke *loading point*, (m/s)

a,b,c = Konstanta

W_{ld} = Berat kendaraan saat bermuatan material, (kg)

W_{dl} = Berat kendaraan kosong, (kg)

Untuk mencari konstanta a, b, c dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$a = 0.5 \times C_d \times \rho \mu \times A_F \dots \dots \dots (3)$$

$$b = (g \times \cos \theta \times (f \times C_{rr})) + (g \times \sin \theta) \dots \dots \dots (4)$$

$$c = (g \times \cos \theta \times (f \times C_{rr})) - (g \times \sin \theta) \dots \dots \dots (5)$$

Keterangan:

C_d = Koefisien hambatan aerodinamis

$\rho \mu$ = Density udara, (Kg/m³)

A_F = Luas bagian depan kendaraan, (m²)

g = Percepatan gravitasi, (m/s²)

θ = Sudut kemiringan jalan, (°)

f = Koefisien gesekan ban dengan jalan

C_{rr} = Koefisien tahanan guling

Regresi Linier Sederhana

Regresi linier sederhana digunakan untuk mendapatkan hubungan matematis dalam bentuk suatu persamaan antara variabel tak bebas tunggal dengan variabel bebas tunggal.

$$Y = a + bX \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan:

Y = Variabel takbebas

X = Variabel bebas

- a = Parameter Intercep
- b = Parameter Koefisien Regresi Variabel Bebas

$$a = \frac{(\sum Y)(\sum X^2) - (\sum X)(\sum XY)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(7)$$

$$b = \frac{(n)(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{(n)(\sum X^2) - (\sum X)^2} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- N = Banyaknya data
- $\sum Y$ = Jumlah dari data variable tak bebas
- $\sum X$ = Jumlah dari data variable bebas
- $\sum XY$ = Jumlah dari perkalian data variable tak bebas dan bebas
- $\sum Y^2$ = Jumlah dari data variable tak bebas yang dikuadratkan
- $\sum X^2$ = Jumlah dari data variable bebas yang dikuadratkan

Untuk mencari korelasi antara variabel dengan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$r = \frac{n \sum X_i Y_i - (\sum X_i)(\sum Y_i)}{\sqrt{\{n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2\} \{n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2\}}} \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan:

- n = Banyaknya data
- $\sum Y_i$ = Jumlah dari data variable tak bebas
- $\sum X_i$ = Jumlah dari data variable bebas
- $\sum X_i Y_i$ = Jumlah dari perkalian data variable tak bebas dan bebas
- $\sum Y_i^2$ = Jumlah dari data variable tak bebas yang dikuadratkan
- $\sum X_i^2$ = Jumlah dari data variable bebas yang dikuadratkan

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Lebar Jalan Angkut Lurus

Setelah mengetahui spesifikasi dari *Dump Truck* Komatsu HD465-605, dapat dilakukan perhitung lebar minimum jalan angkut yang memenuhi standar AASHTO. Berikut hasil perhitungan lebar jalan lurus:

$$W = (1,5 \times L + 0,5) \times N \dots\dots\dots(10)$$

$$W = (1,5 \times 2 + 0,5) \times 5,395 \text{ m}$$

$$= 18,8825 \text{ m}$$

Lebar Jalan Tikungan

Berikut merupakan hasil perhitungan lebar jalan angkut pada tikungan:

$$W = 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \dots\dots\dots(11)$$

- Jarak roda (U) = 4,235 m
- Panjang keseluruhan truck = 10,12 m
- Jarak as roda depan dengan bagian depan truck (Ad) = 3,52 m
- Jarak as roda belakang dengan bagian belakang (Ab) = 3,08 m
- Sudut penyimpangan roda 39°

Dari data dimensi Komatsu HD465-605 tersebut dapat dihitung lebar jalan pada tikungan, yaitu:

$$Fa = 3,52 \times \sin 39^\circ = 2,22 \text{ m}$$

$$Fb = 3,08 \times \sin 39^\circ = 1,93 \text{ m}$$

$$C = Z = 0,5 (U + Fa + Fb)$$

$$= 0,5 (4,235 + 2,22 + 1,93) \text{ m}$$

$$= 4,193 \text{ m}$$

Dari perhitungan diatas, didapat nilai C adalah 4,193 m.

Dua jalur:

$$\begin{aligned}
 W &= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \\
 &= 2 (4,235 + 2,22 + 1,93 + 4,193) + 4,193 \\
 &= 2 (12,578) + 4,193 \\
 &= 25,156 + 4,193 \\
 &= 29,349 \text{ m} \\
 &= 29,349 \text{ meter} \sim 30 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Superelevasi

Kecepatan rencana yang digunakan pada jalan tambang adalah 25 km/jam. Sedangkan superelevasi dapat dihitung dengan:

Nilai superelevasi tikungan adalah: (R= 204)

$$\begin{aligned}
 e &= \frac{25^2}{127.204} \dots\dots\dots(12) \\
 &= 0,024^\circ
 \end{aligned}$$

Cross Slope

Dari pengamatan di lapangan maka didapat nilai *Cross Slope* untuk jalan angkut dengan lebar 18,85 m (dua jalur) mempunyai beda ketinggian pada poros jalan sebesar:

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} \times 18,85 \text{ m} \dots\dots\dots(13) \\
 &= 9,425 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Sehingga beda tinggi yang harus dibuat adalah:

$$\begin{aligned}
 b &= 9,425 \text{ m} \times 0,024^\circ \dots\dots\dots(14) \\
 &= 0,2262 \text{ m} \\
 &= 22,62 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Kemampuan Alat Mengatasi Tanjakan

Agar *dump truck* Komatsu HD465-605 mampu bergerak, jumlah rimpull yang diperlukan harus sama dengan rimpull yang tersedia. Keadaan tersebut akan terjadi bila tanjakan (a %) jalan angkut sebesar (perhitungan dalam kondisi bermuatan maksimal):

Rimpul yang diperlukan:

- Rimpul untuk mengatasi tanjakan misal (grade = a %)
106,54 ton x 20 lb/ton/% grade x a = (2.130,8 x a % grade) lb
- Rimpul untuk mengatasi tahanan gulir
106,54 ton x 100 lb/ton = 10.654 lb
- Total rimpull yang diperlukan = (2.130,8 x a %) lb + 10.654 lb
(2130,8 x a %) lb + 10.654 lb = 42.945 lb
2130,8 x a % = 32.291 lb
a % = 15,15

Jadi tanjakan yang mampu diatasi oleh *dump truck* Komatsu HD465-605 adalah 15,15 % = 15 %.

Waktu Tempuh

Waktu tempuh dari kedua jalan didapatkan sebelum dan sesudah perbaikan jalan dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Tabel 2. Waktu Tempuh Dump Truck Komatsu HD465-605 Kondisi Bermuatan

Jalan Angkut	waktu tempuh	Waktu Tempuh
	Sebelum Perbaikan (detik)	Sesudah Perbaikan (detik)

1	253,173	253,173
2	249,464	249,464

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2016

Tabel 3. Waktu Tempuh *Dump Truck Komatsu HD465-605* Kondisi Kosong

Jalan Angkut	waktu tempuh	Waktu Tempuh
	Sebelum Perbaikan (detik)	Sesudah Perbaikan (detiik)
1	242,322	238,036
2	242,353	233,782

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2016

Dilihat dari waktu tempuh jalan 1 memiliki waktu tempuh lebih tinggi dari jalan 2, baik sebelum diperbaiki ataupun sesudah diperbaiki.

Daya Yang Dihasilkan Mesin

Daya yang diperlukan untuk mengatasi *rimpull* sangat dipengaruhi oleh perbedaan *grade resistance*. Adapun pebedaan penggunaan daya dari kedua jalan angkut ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Tabel 4. Penggunaan Daya *Dump Truck Komatsu HD465-605* Kondisi Bermuatan

Jalan Angkut	Daya Sebelum Perbaikan Jalan (kW)	Daya Sesudah Perbaikan Jalan (kW)
1	10570,5	9988,59
2	11840,6	11196,7

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2016

Tabel 5. Penggunaan Daya *Dump Truck Komatsu HD465-605* Kondisi Kosong

Jalan Angkut	Daya Sebelum Perbaikan Jalan (kW)	Daya Sesudah Perbaikan Jalan (kW)
1	11871,5	11753,1
2	11443	11372,8

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2016

Penggunaan Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar jalan 1 dan jalan 2 dapat dilihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Penggunaan Bahan Bakar *Dump Truck Komatsu HD465-605*

Jalan	Bahan Bahan Sebelum Perbaikan Jalan (litr/rit)	Bahan Bakar Setelah Perbaikan Jalan (litr/rit)
1	2,134472532	2,116010733
2	2,118625709	2,081702111

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggal Prakarsa, 2016,

Evaluasi Pengaruh Jalan Pada Penggunaan Bahan Bakar

Evaluasi geometri kedua jalan melalui perhitungan regresi linier dapat dilihat pada tabel 5.11 di bawah ini.

Tabel 7. Evaluasi Geometri Jalan Terhadap Penggunaan Bahan Bakar

No	Evaluasi	Jalan 1	Jalan 2
1	Lebar Jalan Lurus yg tidak sesuai standar	6	5
2	Lebar Jalan Tikungan yg tidak sesuai standar	6	5
3	Total <i>Rimpull</i> (lb)	338.500	293.300
4	Waktu Tempuh (detik)	491,209	483,245
5	Penggunaan Daya Total (kWH)	21860,0900	22569,5000
6	Penggunaan Bahan Bakar (litr/rit)	2,116	2,081
Kondisi Mengangkut			
7	Nilai Regresi Linier pengaruh Jarak	$y = 0,0005x + 0,0186$	$y = 0,0007x + 0,0086$
8	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Jarak	$R^2 = 0,6607$	$R^2 = 0,8587$
9	Nilai Regresi Linier pengaruh Kemiringan	$y = 0,0006x + 0,0336$	$y = 0,0005x + 0,0365$
10	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Kemiringan	$R^2 = 0,0519$	$R^2 = 0,0586$
11	Nilai Regresi Linier pengaruh Daya	$Y = 0,0001 X$	$Y = 0,00009X$
12	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Daya	$R^2 = 1$	$R^2 = 1$
13	Nilai Regresi Linier pengaruh <i>Rimpull</i>	$y = 0,000001x + 0,0274$	$y = 0,000003x + 0,03$
14	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh <i>Rimpull</i>	$R^2 = 0,2514$	$R^2 = 0,4502$
15	Nilai Regresi Linier pengaruh Waktu Tempuh	$y = 0,003x + 0,0066$	$y = -0,002x + 0,0459$
16	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Waktu Tempuh	$R^2 = 0,09607$	$R^2 = 0,0196$
Kondisi Kosong			
17	Nilai Regresi Linier pengaruh Jarak	$y = 0,0006x + 0,0256$	$y = 0,0005x + 0,0375$
18	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Jarak	$R^2 = 0,5418$	$R^2 = 0,5082$
19	Nilai Regresi Linier pengaruh Kemiringan	$y = 0,0024x + 0,0212$	$y = 0,0023x + 0,0204$
20	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Kemiringan	$R^2 = 0,965$	$R^2 = 0,9722$
21	Nilai Regresi Linier pengaruh Daya	$Y = 0,0001 X$	$Y = 0,00009X$
22	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Daya	$R^2 = 1$	$R^2 = 1$
23	Nilai Regresi Linier pengaruh <i>Rimpull</i>	$y = 0,000002x + 0,015$	$y = 0,00002x + 0,0157$
24	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh <i>Rimpull</i>	$R^2 = 0,8028$	$R^2 = 0,9694$
25	Nilai Regresi Linier pengaruh Waktu Tempuh	$y = -0,0197x + 0,1662$	$y = -0,0224x + 0,183$
26	Nilai Koefisien Determinasi Pengaruh Waktu Tempuh	$R^2 = 0,04391$	$R^2 = 0,05554$

Sumber: Hasil Pengolahan data di PT Indocement Tunggul Prakarsa, 2016

D. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa point kesimpulan yaitu:

- Hasil perhitungan geometri sesuai standar dengan spesifikasi Komatsu HD465-605 adalah sebagai berikut:
 - Lebar minimum jalan lurus dua jalur = 18,8825 m
 - Lebar minimum jalan tikungan dua jalur = 29,349 meter ~ 30 meter
 - Daya dukung jalan = 80.000 psf
 - Cross slope* yang disarankan = 22,62 cm, Superelevasi optimum = 0,04 m/m
 - Persen kemiringan optimum = 15%
- Waktu tempuh dump truck HD465-605 pada jalan 1 lebih cepat $\pm 4,286$ detik. Waktu tempuh *dump truck* HD465-605 pada jalan 2 lebih cepat $\pm 8,571$ detik.
- Daya yang dihasilkan untuk mengatasi *rimpull* dari jalan satu berkurang sebesar $\pm 463,494$ kW. Daya yang dihasilkan jalan dua berkurang sebesar $\pm 573,706$ kW.
- Konsumsi bahan bakar jalan satu berkurang $\pm 0,018$ liter/rit. Konsumsi bahan bakar jalan dua berkurang $\pm 0,037$ liter/rit.
- Dan dari kedua jalan yang memiliki konsumsi bahan bakar yang paling efisien adalah jalan 2.

Daftar Pustaka

- Anonim (a), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), 2001. *A Policy On Geometric Design Of Highways And Streets*. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Anonim (b), Direktorat Jenderal Bina Marga, 1970. *Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya no.13/1970*. Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonim (c), Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Bogor, 2015.
- Elam, Robert and Ernest. 1999. "Haul Road Inspection Handbook". Department of Labor. USA.

- Hartman, Howard L. 1987. *"Introductory of Mining Engineering"*. The University of Alabama. Alabama.
- Holman, Pete. 2006. *"Caterpillar Haul Road Design and Maintenance"*. St Charles. Big Iron University. Illinois.
- Ivarson, Maria. 2009. *"Fuel Optimal Powertrain Control for Heavy Trucks Utilizing Look Ahead"*. Thesis no 1400 Linkoping University. Linkoping.
- Kaufman, Walter W and James C., 2001. *"Design of Surface Mine Haulage Roads"*. Bureau of mines, Colorado.
- Kennedy, Bruce A. 1990. *"Surface Mining Second Edition"*. Society of Mining, Metalurgy and Exploration. Colorado.
- Komatsu. Third edition. *"Handbook Komatsu OHT HD465-7"*. Komatsu Company. Japan
- Prodjosumarto, Partanto. 1993. *"Pemindahan Tanah Mekanis"*. Jurusan Teknik Pertambangan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Reif, K. 2014. *"Basic Principles of Vehicle Dynamics"*. Springer.
- Sahoo, Lalit K, Santanu and R. Banerjee. 2010. *"Energy Performance of Dump Trucks in Open Cast Mine"*. Departement of Energy. Bombay.
- Susetyo, Budi. 2011. *Statistika Untuk Analisis Penelitian*. Airlangga. Jakarta.
- Tannant, Dwayne D and Bruce Regensburg. 2001. *"Guidelines For Mine Haul Road Design"*. University of Britis Columbia. Okanagan
- Thompson, RJ. 2010. *"Mining Roads, Mine Haul Road Design, Construction and Maintenance"*. DTI. South Afica.