

PENGARUH GEOMETRI JALAN SEBELUM DAN SETELAH PERBAIKAN JALAN TERHADAP PRODUKTIVITAS DAN KONSUMSI BAHAN BAKAR SERTA RASIO BAHAN BAKAR

THE EFFECT OF ROAD GEOMETRY BEFORE AND AFTER THE IMPROVEMENT OF ROADS ON THE PRODUCTIVITY AND FUEL CONSUMPTION AND FUEL RATIO

Andi Kurniawan¹, Muhammad Amin² dan Bochori³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya

Jl. Raya Palembang Prabumulih KM.32, Indralaya, Sumatera Selatan, 30662, Indonesia

E-mail: kurniawan.andi90@gmail.com

ABSTRAK

Sistem penambangan batubara yang digunakan pada penelitian ini yaitu sistem tambang terbuka dengan metode strip mine karena kedudukan endapan batubara yang relatif datar dan berbagai lapisan. Salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas alat adalah jalan produksi yang digunakan. Jalan produksi yang baik adalah jalan yang dapat memberikan tempat bergerak yang optimum bagi kendaraan yang beroperasi. Jalan produksi yang menghubungkan front utara ke disposal area utara berjarak ± 600 meter yang terdiri dari 6 segmen. Tujuan penelitian yaitu mengevaluasi geometri jalan yang sesuai dengan standar spesifikasi dump truck Komatsu HD 785-7, mengevaluasi produktivitas alat angkut (dump truck) secara actual dan teoritis dan mengevaluasi rasio bahan bakar dump truck. Adanya evaluasi pada segmen tersebut ternyata dapat diketahui berbagai kondisi yang menyebabkan hambatan pada waktu alat angkut terutama pada lebar jalan yang masih belum standar, maka perlu adanya perbaikan geometri jalan produksi pada jalur lurus dengan lebar 24 meter, dan lebar pada jalan tikungan pada segmen dengan lebar 28 meter, selain itu dengan pembuatan cross slope sebesar 48 cm dan pembuatan superelevasi di jalan tikungan pada segmen sebesar 0,034 sehingga beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar harus di buat 0,95 meter, serta melakukan perkerasan jalan pada segmen tertentu berdasarkan hasil pengujian dengan metode DCP yang berfungsi mengetahui daya dukung tanah sehingga setelah dilakukan perbaikan dan perkerasan jalan diperoleh peningkatan produktivitas yang mulanya sebesar 152,20 bcm/jam menjadi 157,68 bcm/jam. Selain produktivitas, dengan adanya perbaikan jalan dapat mempengaruhi konsumsi bahan bakar serta rasio bahan bakar yang mulanya 71,961 liter/jam dan 0,473 liter/bcm menjadi 58,745 liter/jam dan 0,373 liter/bcm.

Kata Kunci: Geometri jalan, produktivitas, surface mining, konsumsi bahan bakar, rasio bahan bakar

ABSTRACT

The coal mining system used at this reaserch is an open pit mining system because of the relatively flat and various layers of coal deposits. One of the factors that affect tool productivity is the production road used. Good production road is a road that can provide an optimum moving place for vehicles that operate. The production road that connects the northern front to the northern disposal area is ± 600 meters consists of 6 segments. The aim of the study was to evaluate the road geometry in accordance with the Komatsu HD 785-7 dump truck specification standard, evaluate the actual and theoretical dump truck productivity and evaluate the dump truck fuel ratio. The analysis of the segment turns out to be able to know various conditions that cause obstacles when transporting equipment, especially on road widths that are still not standard, so that the geometry of the production road needs to be improved on a straight line 24 meters wide, and the width of the bend in the segment with a width of 28 meters, in addition to the manufacture of cross a slope of 48 cm and making superelevation on the bend in the segment of 0,034 so that the height difference between the inner and outer sides must be 0,95 meters, and the road pavement is done on certain segments based on the results of testing with the DCP method which functions to know the soil carrying capacity so that after road repair and

pavement obtained productivity improvements were initially amounted to 152,20 bcm/hour to 157,68 bcm/hour. In addition to productivity, the existence of road improvements can affect fuel consumption and fuel ratio which was originally 71,961 liters/hour and 0,473 liters/bcm to 58,745 liters/hour and 0,373liters /bcm.

Keywords: Road geometry, productivity, surface mining, fuel consumption, fuel ratio

1. PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batubara menggunakan metode tambang terbuka dengan menerapkan metode konvensional yaitu menggunakan *shovel and truck*. Kegiatan penambangan tersebut meliputi pengupasan lapisan tanah penutup, penggalian batubara, pemuatan batubara dan tanah (*loading*), pengangkutan (*hauling*), penimbunan tanah dan batubara (*dumping*), serta kegiatan penunjang penambangan seperti halnya perawatan jalan dan lainnya. Alat - alat yang digunakan pada kegiatan penggalian dan pemuatan lapisan penutup yaitu *Excavator Backhoe* Komatsu PC2000-8 dan alat angkut *heavy dump truck*, salah satunya yaitu Komatsu HD 785-7. Target produksi overburden pada bulan Maret sebesar 2.775.980 bcm sedangkan pada bulan Februari target produksi harian untuk overburdennya sebesar 2.349.926 bcm. Peningkatan target produksi harian dengan cara meningkatkan produktivitas alat angkut.

Geometri jalan merupakan faktor utama yang berkaitan dengan aktivitas dari alat angkut, apabila geometri jalan tidak sesuai dengan standar serta kondisi permukaan yang kurang baik maka dapat menyebabkan meningkatnya *cycle time* dari alat angkut sehingga menurunkan produktivitas serta meningkatkan konsumsi bahan bakar. Geometri jalan angkut produksi pada jalur utara menghubungkan *front loading* menuju *disposal area* utara sejauh 600 meter yang terdiri dari 6 segmen. Jalan angkut tersebut masih banyak berlubang dan kondisi permukaan jalan yang tidak rata dikarenakan material jalannya tanah *ekspansif* yang mengandung lempung yang akan mengembang ketika hujan dan akan menyusut pada saat panas sehingga kondisi permukaan jalan menjadi tidak rata. Jalan tersebut juga relatif datar atau tanpa *cross slope* yang standar sehingga setelah hujan akan menyebabkan genangan air yang dapat menurunkan kualitas material jalan dan beresiko menyebabkan kendaraan menjadi slip serta terbentuknya *undulating* pada jalan. Permasalahan lainnya terdapat beberapa segmen jalan yang tergolong kurang lebar sehingga apabila kendaraan berpapasan maka alat angkut akan mengurangi kecepatannya bahkan beberapa alat angkut berhenti untuk menghindari resiko terjadinya kecelakaan. Kondisi jalan tikungan belum terdapat superelevasi yang baik, hal ini akan berdampak menimbulkan resiko terjadinya kecelakaan ketika melewati tikungan dengan kecepatan tinggi [1]. Kondisi jalan yang tidak sesuai dan cenderung dipaksakan akan mempengaruhi tidak nyamannya operator alat untuk melintasi jalan, produktivitas umur alat menurun, dan berpotensi menimbulkan kecelakaan tambang [2].

Berdasarkan permasalahan ini maka perlu diadakan evaluasi geometri jalan angkut pada jalur utara. Tujuan penelitian yaitu mengevaluasi geometri jalan yang sesuai dengan standar spesifikasi *dump truck* Komatsu HD 785-7, mengevaluasi produktivitas alat angkut (*dump truck*) secara aktual dan teoritis dan mengevaluasi rasio bahan bakar *dump truck*.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 28 Februari hingga 25 Mei 2018 di unit kerja *Engineering* PT Saptaindra Sejati Jobsite BORO. Perusahaan ini terletak di Kecamatan Angsana, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

2.2. Tahapan Penelitian

Tahapan kegiatan penelitian ini antara lain:

2.2.1. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan cara mencari bahan-bahan pustaka berupa teori dan rumus-rumus perhitungan yang menunjang penelitian. Bahan - bahan pustaka dapat berupa buku, jurnal dan karya ilmiah lainnya serta laporan perusahaan yang berkaitan dengan geometri jalan angkut overburden.

2.2.2. Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung terhadap aktivitas penambangan yang dilakukan di lapangan dan mencari informasi pendukung yang berkaitan dengan permasalahan yang dibahas.

2.2.3. Pengambilan Data

Pengambilan data merupakan kegiatan memperoleh data-data yang diperlukan dalam melakukan penelitian. Data - data yang diambil adalah:

a. Data Primer

1. *Cycle time* dump truck Komatsu HD785-7

Data waktu edar (*cycle time*) ini diperoleh dari hasil pengamatan secara langsung pada 4 *dump truck* Komatsu HD 785-7. Data tersebut terbagi menjadi 3 bagian yaitu waktu edar dari front penambangan menuju disposal area dan kembali lagi menuju front penambangan, waktu edar pada saat bermuatan di jalur utara, dan waktu edar pada saat kosong di jalur utara. Variabel yang digunakan dalam mengukur *cycle time* dimulai dari waktu mengambil posisi (*manuver loading*), waktu pengisian (*loading*), waktu mengangkat muatan, waktu mengambil posisi untuk penumpahan (*manuver dumping*), waktu pengosongan muatan (*dumping*), waktu kembali kosong serta waktu *delay* yang menyebabkan adanya hambatan waktu. Variabel yang digunakan dalam mengukur *cycle time* pada saat di jalur utara baik kondisi bermuatan ataupun kosong hanya mengukur waktu tempuh dari satu titik menuju titik lainnya. Waktu pengambilan data untuk *cycle time* ini diambil dalam kondisi cuaca panas. Alat pendukung yang digunakan untuk mengukur waktu edar ini dengan menggunakan stopwatch, kertas yang telah dibuat tabel yang berdasarkan variabel data untuk mencatat waktu edar serta alat tulis.

2. Data DCP

Data DCP diperoleh berdasarkan pengujian yang dilakukan pada segmen jalan yang terdiri dari 5 segmen pada jalur bermuatan, jalur tengah dan jalur kosong yang masing – masing segmen berjarak 100 meter. Alat pendukung yang digunakan adalah *Dynamic Cone Penetrometer*, kertas yang telah dibuat format mengukur data dan alat tulis. Metode ini harus dilakukan minimal 3 orang penguji dan mengikuti prosedur atau panduan yang ada serta dilakukan pada kondisi cuaca baik atau panas. Lokasi titik pengujian diambil pada titik tengah dari suatu segmen. Variabel yang digunakan dalam mengukur data DCP yaitu jumlah kedalaman akibat tumbukan yang dilak, dimana nilai kedalaman tersebut dicatat dalam kelipatan 3 tumbukan. Hasil yang diperoleh dari lapangan kemudian dilakukan perhitungan menggunakan aplikasi Microsoft Excel sehingga data yang berupa kedalaman dalam satuan millimeter dikonversikan menjadi daya dukung tanah dalam satuan kg/cm^2 .

3. Lebar jalan tiap segmen

Lebar jalan berdasarkan pengamatan secara langsung yang diukur tiap segmen jalan. Alat pendukung yang digunakan yaitu menggunakan meteran pita, kertas dan alat tulis untuk mencatatnya. Perhitungan lebar jalan harus berhati – hati sebab terdapat aktivitas dari *dump truck*. Pengukuran dilakukan dimulai dari satu sisi ke sisi lainnya menggunakan meteran pita. Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh 6 segmen jalan dengan 1 jalan tikungan dan 5 jalan lurus (Tabel 1).

b. Data Sekunder

Data ini dikumpulkan dari literatur dan data yang diarsipkan perusahaan, data sekunder yang digunakan terdiri atas peta jalandan target produksi *overburden*, data spesifikasi alat angkut *dump truck*, curah hujan dan hari hujan, *grade* jalan tiap segmen, dan tekanan udara pada ban. Diketahui bahwa jalan produksi terdiri atas 6 segmen dengan jarak 100 m, dengan target produksi bulan Maret sebesar 2.775.980 bcm, dan tekanan udara sebesar 130 psi.

2.2.4. Pengolahan dan Analisis Data

Data-data yang telah dikumpulkan kemudian diolah dan dianalisis dengan bantuan sumber-sumber kepustakaan yang berkaitan dengan permasalahan ini. Penentuan lebar jalan minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *rule of thumb* yaitu jumlah jalur dikalikan lebar *truck* kemudian ditambah setengah lebar *truck* untuk tepi kiri dan kanan jalan, juga jarak antara dua *truck* yang sedang bersilangan. Lebar jalan minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih pada jalan lurus dapat ditentukan berdasarkan spesifikasi alat angkut Persamaan (1)[3].

Tabel 1. Lebar jalan actual

No	Segmen Jalan	Lebar Aktual (m)	Keterangan Jalan
1	(A) - (B)	18	Lurus
2	(B) - (C)	20	Lurus
3	(C) - (D)	18	Tikungan
4	(D) - (E)	22	Lurus
5	(E) - (F)	22	Lurus

$$W = (1,5 L + 0,5) X \quad (1)$$

Keterangan:

W = Lebar jalan minimum (m)

L = Jumlah jalur

X = Lebar alat angkut (m)

Penentuan lebar jalan minimum untuk jalan tikungan dapat dihitung dengan lebar total yang terdiri dari jarak jejak roda kendaraan, selisih lebar jejak ban depan dan ban belakang saat tikungan dilihat dari depan dan belakang, dan jarak sisi luar *truck* ke tepi jalan kemudian dikalikan jumlah jalur kemudian lalu hasilnya dijumlahkan jarak antara dua *truck* Persamaan(2) [4].

$$W = n \times (U + Fa + Fb + Z) + C \quad (2)$$

Keterangan:

W = Lebar jalan pada tikungan (m)

n = Jumlah jalur

U = Jarak jejak roda kendaraan (m)

Fa = Selisih lebar jejak ban depan dan ban belakang saat tikungan dilihat dari depan (m)

Fb = Selisih lebar jejak ban depan dan belakang saat tikungan dilihat dari belakang(m)

Z = Jarak sisi luar *truck* ke tepi jalan (m)

C = Jarak antara dua *truck* yang akan bersimpangan (m)

Pembuatan jalan tikungan harus menghitung besarnya superelevasi. Superelevasi bertujuan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan cara membuat kemiringan melintang jalan. Superelevasi dapat dihitung berdasarkan kecepatan dibagi radius lengkung minimum dan hasilnya dikurangi koefisien gesekan samping Persamaan(3) [1].

$$e_{maks} = \frac{V^2}{127 \times R_{min}} - f_{maks} \quad (3)$$

Keterangan:

e_{maks} = Superelevasi maksimum pada tikungan jalan (m/m)

f_{maks} = Koefisien gesekan samping maksimum

V = Kecepatan rencana (km/jam)

R_{min} = Radius lengkung minimum tikungan (m)

Grade jalan biasanya dinyatakan dalam persentase (%), yang berarti kemiringan permukaan yang menanjak atau menurun satu meter atau satu *feet* secara vertikal dalam jarak horizontal sebesar 100 m atau 100 *feet*. *Grade* dapat dihitung berdasarkan perbandingan beda tinggi antara dua titik dan jarak mendatar antara dua titik Persamaan(4) [5].

$$Grade (\alpha) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

Δh = Beda tinggi antara dua titik yang diukur (m)

Δx = Jarak mendatar antara dua titik yang diukur (m)

Pembuatan kemiringan melintang (*cross slope*) dilakukan untuk menghindari air tidak tergenang pada jalan saat hujan, dengan cara membuat bagian tengah jalan lebih tinggi dari bagian tepi jalan. Besarnya *cross slope* yang dianjurkan mempunyai ketebalan ¼ sampai ½ inch untuk tiap feet jarak horizontal atau sekitar 20 sampai 40 mm/m untuk tiap meter, sehingga beda tinggi dihitung berdasarkan ½ lebar jalan dikalikan *cross slope* Persamaan(5) [6].

$$\text{Beda tinggi} = \frac{1}{2} \text{ lebar jalan} \times \text{cross slope} \quad (5)$$

Besarnya beban alat angkut pada permukaan jalan dapat dihitung dengan mencari luas bidang kontak yang diperoleh dari perbandingan antara beban yang diterima roda dibagi dengan tekanan udara ban yang kemudian dilakukan perhitungan perbandingan antara beban pada tiap roda dibagi luas bidang kontak Persamaan(6-7) [4].

$$\text{Luas bidang kontak} = \frac{0,9 \times \text{Beban yang Diterima Roda (lb)}}{\text{Tekanan Udara Ban (Psi)}} \quad (6)$$

$$\text{Beban pada permukaan jalan} = \frac{\text{Beban pada tiap roda (lb)}}{\text{Luas bidang kontak (m}^2\text{)}} \quad (7)$$

Data pengamatan DCP yang hasilnya berupa DCP Index kemudian dilakukan perhitungan konversi yang mulanya DCP Index (mm/blow) menjadi CBR (%) Persamaan(8) [7].

$$\text{CBR} = \frac{292}{\text{DCPI}^{1,12}} \quad (8)$$

Keterangan:

CBR = Nilai California Bearing Ratio (%)

DCPI = Nilai DCP Index (mm/blow)

Nilai CBR yang diperoleh kemudian dilakukan konversi menjadi nilai daya dukung tanah (kg/cm²) Persamaan(9)[8].

$$\text{DDT} = 1,6649 + 4,3592 \log \text{CBR} \quad (9)$$

Keterangan:

DDT = Nilai daya dukung tanah (kg/cm²)

CBR = Nilai California Bearing Ratio (%)

Operator tak akan dapat bekerja selama 60 menit secara penuh karena ada hambatan - hambatan yang tak dapat dihindari [9]. Efisiensi kerja merupakan perbandingan antara waktu kerja efektif yang diperoleh dari selisih antara waktu kerja tersedia dan waktu hambatan, hasil yang diperoleh berupa waktu kerja efektif kemudian dibagi dengan waktu kerja yang tersedia sehingga diperoleh hasil berupa satuan persentase efisiensi kerja Persamaan(10-11) [5].

$$\text{Wke} = \text{Waktu Kerja Tersedia} - \text{Waktu Hambatan} \quad (10)$$

$$\text{Eff} = \frac{\text{Waktu Kerja Efektif}}{\text{Waktu Kerja Tersedia}} \times 100 \quad (11)$$

Produktivitas *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan kapasitas *bucket* yang dikali efisiensi kerja, kemudian hasilnya dibagi dengan waktu edarnya Persamaan(12) [10].

$$\text{TP} = \frac{\text{C} \times 3600 \times \text{Eff} \times \text{Sf}}{\text{CT}} \quad (12)$$

Keterangan:

TP = Produktivitas *dump truck* (bcm/jam)

C = Kapasitas *vessel* (m³)

Eff = Efisiensi kerja (%)

Sf = *Swell factor* (%)

CT = *Cycle time* alat angkut (detik)

Rimpull (RP) adalah besarnya kekuatan tarik (*pulling force*) yang dapat diberikan mesin atau suatu alat pada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalur jalan [5] (Indonesianto, 2005). Besarnya harga RP, *rimpull* untuk mengatasi *rolling resistance* (RR), dan *rimpull* untuk mengatasi *grade resistance* (GR) dihitung berdasarkan Persamaan(13-16)[5].

$$\text{Rimpull} = \frac{\text{HP}_{\text{kendaraan}} \times 375 \times \text{Eff}}{\text{Kecepatan}} \quad (13)$$

$$\text{Rimpull mengatasi RR} = w \times (\text{Faktor RR} + \text{Faktor } a) \quad (14)$$

$$\text{Rimpull mengatasi GR} = w \times \text{Faktor GR} \times \text{Grade } \% \quad (15)$$

$$t_{\text{angkut}} (\text{detik}) = \frac{\text{Jarak (m)}}{\text{Kecepatan (m/s)}} \quad (16)$$

Load factor adalah suatu faktor pengali untuk memperoleh *horse power* yang sesungguhnya, sehubungan dengan pengertian bahwa tenaga maksimum tidak dipergunakan menerus selama periode kerja, jadi besar kecilnya *loadfactor* tergantung pada kondisi kerjanya. *Load factor* dapat diketahui dari perhitungan besarnya jumlah *rimpull* yang terpakai Persamaan (17) [4].

$$Load\ factor = \frac{Rimpull\ terpakai}{Rimpull\ maksimal} \quad (17)$$

Konsumsi perbandingan berat bahan bakar yang masuk ke mesin selama satu jam dikalikan *load factor* dan dibagi berat bahan bakar per liter Persamaan (18) [4].

$$Konsumsi\ bbm = \frac{Berat\ bahan\ bakar / HP.jam \times BHP \times Load\ Factor}{berat\ bahan\ bakar\ per\ liter} \quad (18)$$

Rasio bahan bakar dapat diketahui dengan melakukan perbandingan antara konsumsi bahan bakar dibagi produktivitas Persamaan (19) [4].

$$Rasio\ Bahan\ Bakar = \frac{Konsumsi\ Bahan\ Bakar}{Produktivitas} \quad (19)$$

2.2.5. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian berupa beberapa rekomendasi perbaikan geometri jalan untuk mengatasi berbagai permasalahan. Evaluasi ini bertujuan memperbaiki geometri jalan sesuai standar agar meningkatkan produktivitas alat angkut sehingga target produksi dapat dicapai serta mengurangi konsumsi dari bahan bakar.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Lebar Jalan

Lebar jalan minimum berdasarkan spesifikasi alat angkut terbesar yang digunakan, salah satunya yaitu Komatsu HD 785-7. Berdasarkan perhitungan menggunakan Pers. (1-2) diperoleh lebar jalan minimum pada kondisi lurus sebesar 24 m, sedangkan lebar jalan minimum pada kondisi tikungan sebesar 28 m

3.2. Kemiringan Jalan

Kemiringan jalan aktual terbesar adalah 7% pada segmen jalan (A) – (B) (Tabel 2). *Grade* jalan angkut tersebut tergolong masih aman menurut standar dari PT Saptaindra Sejati yang maksimum sebesar 8%.

3.3. *Cross slope*

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh 2 sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Jalan angkut di PT Saptaindra Sejati tergolong masih belum memiliki *cross slope* yang standar karena beda tinggi antara bagian tengah jalan dan samping jalan sangat kecil atau relatif datar. Hasil perhitungan lebar jalan yang harus dibuat pada kondisi lurus adalah 24 m sehingga beda tinggi yang harus dibuat pada bagian tengah jalan dapat dihitung berdasarkan Pers.(5) diperoleh sebesar 480 mm.

3.4. Daya Dukung Tanah

Berdasarkan pengamatan daya dukung tanah menggunakan metode DCP diperoleh hasil pada tiap segmen jalan yang terbagi menjadi 3 bagian yaitu jalur bermuatan, tengah, dan jalur kosong (Tabel 3). Pengujian terhadap material yang akan digali oleh *excavator* untuk didapatkan rekomendasi material yang berfungsi untuk perkerasan jalan dengan menggunakan pengujian DCP. Hasil pengujian tersebut diketahui bahwa terdapat 3 material yang memiliki daya dukung tanah tinggi sehingga direkomendasikan untuk material perkerasan jalan (Tabel 4)

3.5. Beban pada Permukaan Jalan

Beban pada permukaan jalan dihitung berdasarkan menghitung luas permukaan jalan pada Pers. (6) kemudian dilanjutkan perhitungan beban pada permukaan dengan Pers. (7). Beban yang terbesar berdasarkan beban pada kondisi bermuatan untuk ban belakang sebesar 6,97 Kg/cm², lalu dilakukan perbandingan dengan daya dukung tanah (Gambar 1).

3.6. *Cycle time*

Cycle time Aktual

Berdasarkan hasil pengamatan yang diperoleh 30 data, dengan hasil untuk *cycle time* rata – rata sebesar 863,2 detik dari total waktu sebesar 25.896,4 detik dan waktu hambatan rata – rata sebesar 113,1 detik dari total waktu hambatan sebesar 3.394,4 detik. *Cycle time* berdasarkan pengamatan pada waktu bermuatan diperoleh sebanyak 30 data dengan rata - rata sebesar 103,55 detik, sedangkan pengamatan pada waktu tidak bermuatan diperoleh sebanyak 30 data dengan rata - rata sebesar 68,29 detik.

Perhitungan *Cycle time* Secara Teoritis

Cycle time pada saat bermuatan dan kosong di jalur utara dapat diperoleh berdasarkan perhitungan *rimpull* yang tersedia, *rimpull* untuk mengatasi *rolling resistance*, dan *rimpull* untuk mengatasi *grade resistance* berdasarkan Pers. (13-16) sehingga diperoleh total *cycle time* pada saat sebelum perbaikan dan setelah perbaikan geometri jalan dan perkerasan jalan (Tabel 5).

3.7. Produktivitas

Berdasarkan (Tabel 5), maka diperoleh peningkatan produktivitas *dump truck* Komatsu HD 785-7 sebesar 6,66 bcm/jam yang semula 185,04 bcm/jam menjadi 191,70 bcm/jam (Tabel 6).

Tabel 2. *Grade* jalan di jalur utara PT Saptaindra Sejati

Segmen Jalan	Jarak (m)	Elevasi (m)	Grade (%)
(A)		28,00	
-	100		-7,0
(B)		21,02	
-	100		0,7
(C)		21,72	
-	100		5,5
(D)		27,21	
-	100		4,3
(E)		31,51	
-	100		4,4
(F)		35,90	
-	100		4,2
(G)		40,10	

Tabel 3. Hasil pengujian *Dynamic Cone Penetrometer*

No	Segmen Jalan	Rata - Rata Daya Dukung Tanah		
		Jalur Bermuatan (kg/cm ²)	Jalur Tengah (kg/cm ²)	Jalur Kosong (kg/cm ²)
1	(B) - (C)	6,67	6,85	6,92
2	(C) - (D)	6,80	8,84	8,30
3	(D) - (E)	7,35	8,15	6,32
4	(E) - (F)	6,89	8,02	7,37
5	(F) - (G)	8,05	7,83	7,80

Tabel 4. Rekomendasi material perkerasan jalan

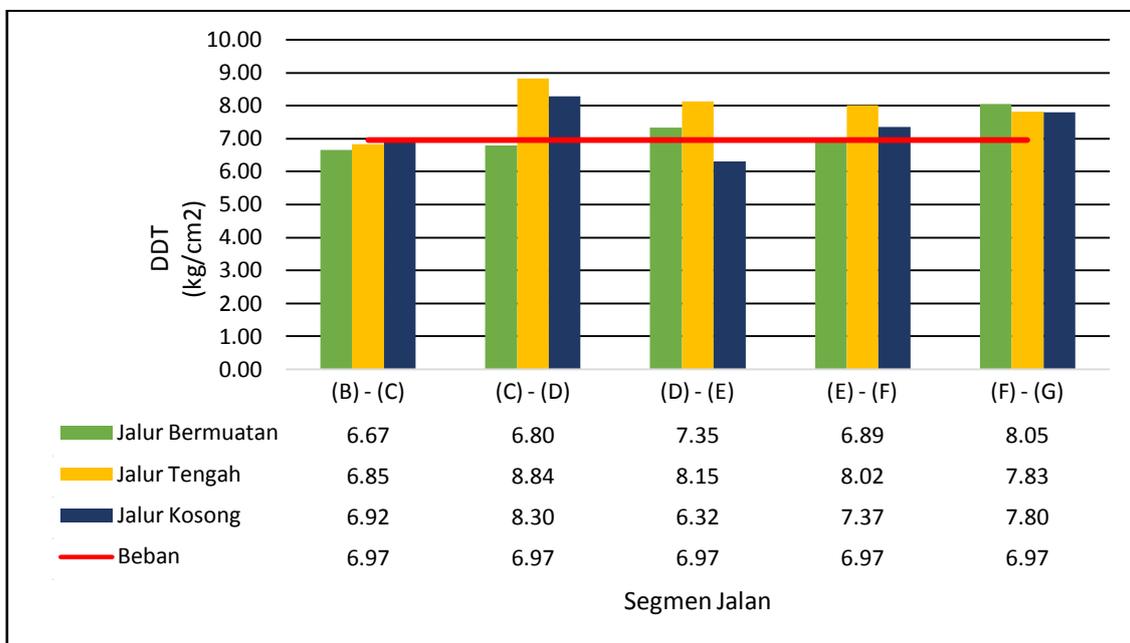
No	Koordinat		Lokasi Front	Daya Dukung Tanah (Kg/cm ²)
	Strip (X)	Block (Y)		
1	18	15	Selatan	7,81
2	18	13		7,48
3	17	17	Tengah	5,97
4	14	16		5,92
5	12	18	Utara	8,26
6	05	19		6,78

3.8. Konsumsi Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar alat angkut dapat dihitung berdasarkan *load factor* yang didapat dari perbandingan antara *rimpull* yang terpakai dengan *rimpull* maksimal yang tersedia pada alat. *Load factor* terbagi menjadi 2 bagian yaitu *load factor* pada kondisi bermuatan dan kondisi kosong. *Load factor* dapat dihitung berdasarkan Pers. (13-15) yaitu *rimpull* yang terpakai berdasarkan *rimpull* rata-rata dan *rimpull* maksimal yang tersedia berdasarkan *rimpull* pada gear 1 (Tabel 7). Konsumsi bahan bakar dapat diketahui setelah diperoleh *load factor* kemudian disesuaikan dengan waktu kerja, sehingga diperoleh perbandingan konsumsi bahan bakar alat angkut (Gambar 2). Berdasarkan perbandingan tersebut diperoleh terjadinya penurunan konsumsi bahan bakar yang semula sebesar 72,41 liter/jam menjadi 59,11 liter/jam, sehingga terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 13,30 liter/jam. Berdasarkan penurunan tersebut dengan biaya bahan bakar sebesar Rp 10.150 per liternya maka diperoleh penurunan biaya bahan bakar sebesar Rp 134.995 per jam. Penurunan biaya bahan bakar tersebut apabila diasumsikan dengan jumlah alat pada jalur utara sebanyak 15 buah, dengan ewh sebesar 13 jam dan serta jumlah hari kerja sebesar 30 hari, maka diperoleh penghematan biaya setelah dilakukan perbaikan geometri jalan sebesar = 30 x 13 x 15 x Rp 134.995 per jam = Rp 789.720.750 per bulan, sehingga perbaikan geometri dan perkerasan jalan sangat dianjurkan untuk dilakukan.

3.9. Rasio Bahan Bakar

Rasio bahan bakar yang merupakan perbandingan produktivitas dan konsumsi bahan bakar pada kondisi aktual, teoritis sebelum perbaikan, dan teoritis setelah perbaikan geometri jalan (Tabel 8).



Gambar 1. Perbandingan daya dukung tanah dan beban pada permukaan jalan

Tabel 5. Cycle time alat berat dump truck Komatsu HD 785-7 secara aktual, teoritis sebelum dan setelah perbaikan

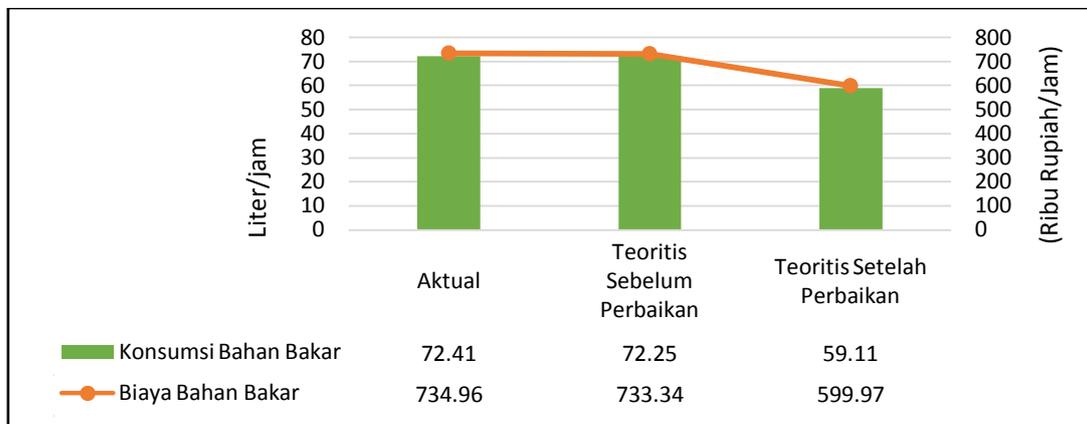
Kondisi Geometri Jalan	Loading (detik)	Travel isi (detik)	Manuver dumping (detik)	Dumping (detik)	Travel Kembali (detik)	Tunggu (detik)	Manuver loading (detik)	Total (detik)
Aktual	164,64	261,73	33,09	17,06	241,57	113,15	31,98	863,21
Sebelum perbaikan	164,64	264,19	33,09	17,06	232,67	113,15	31,98	856,78
Setelah perbaikan	164,64	243,04	33,09	17,06	230,27	113,15	31,98	833,22

Tabel 6. Perbandingan produksi *dump truck*

Kondisi	Cycle Time (detik)	Produktivitas (bcm/jam)
Aktual	863,21	185,04
Teoritis Sebelum Perbaikan	856,78	186,43
Teoritis Setelah Perbaikan	833,22	191,70

Tabel 7. Perbandingan *load factor*

Kondisi	Load Factor Bermuatan	Load Factor Kosong
Aktual	0,465	0,311
Teoritis Sebelum perbaikan	0,488	0,273
Teoritis Setelah perbaikan	0,390	0,262



Gambar 2. Perbandingan konsumsi dan biaya bahan bakar

Tabel 8. Rasio bahan bakar

Kondisi	Konsumsi Bahan Bakar (liter/jam)	Produktivitas (BCM/Jam)	Rasio Bahan Bakar (liter/BCM)
Aktual	72,41	185,04	0,39
Sebelum	72,25	186,43	0,39
Setelah	59,11	191,70	0,31

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan pada bab-bab sebelumnya yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Geometri jalan yang sesuai dengan standar berdasarkan spesifikasi *dump truck* Komatsu HD 785-7 yaitu dengan lebar jalan lurus sebesar 24 m, lebar jalan tikungan sebesar 28 m, superelevasi sebesar 0,034 m/m, kemiringan jalan dibawah 8%, dan *cross slope* sebesar 48 cm.
2. Cara memperbaiki geometri jalan apabila belum sesuai dengan standar yaitu menambahkan lebar jalan yang awal menjadi 24 m untuk lurus dan 28 m untuk tikungan, kemudian membuat superelevasi dan *cross slope* yang semulanya relatif datar menjadi masing – masing sebesar 0,0034m/m dan 48 cm, lalu melakukan perkerasan jalan pada segmen jalan yang telah direkomendasikan.

3. Produktivitas alat angkut aktual sebesar 185,04 bcm/jam dengan total *cycle time* sebesar 863,21 detik sedangkan analisis secara teroris produktivitas *dump truck* setelah adanya perbaikan sebesar 191,70 bcm/jam dengan total *cycle time* sebesar 833,22 detik.
4. Rasio bahan bakar alat angkut aktual sebesar 0,39 liter/bcm dengan total konsumsi bahan bakar dan produktivitas sebesar 72,41liter/jam dan 185,04 bcm/jam sedangkan rasio bahan bakar alat angkut setelah adanya perbaikan sebesar 0,31 liter/bcm dengan total konsumsi bahan bakar dan produktivitas sebesar 59,11liter/jam dan 191,70 bcm/jam. Berdasarkan konsumsi bahan bakar tersebut juga diperoleh penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 13,30 liter/jam sehingga diperoleh penghematan biaya bahan bakar mencapai Rp 789.720.750 perbulan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Sukirman, S. (1999), *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova.
- [2] Aldiansyah, Husain, J. R., Nurwaskito, A. (2016). Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara pada PT Ifishdeco Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara, *Jurnal Geomine*, 4 (1), 40.
- [3]Tannant, D. (2001). *Guidelines for Mine Haul Road Design*. Okanagan: University of British Columbia.
- [4]Indonesianto, Y. (2014). *Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan – FTM*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- [5]Indonesianto, Y. (2005). *Pemindahan Tanah Mekanis, Jurusan Teknik Pertambangan – FTM*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional Veteran Yogyakarta.
- [6]Azwari, R. (2014). Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Batubara menuju Stockpile Block B pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi. *Prosiding Penelitian Sivitas Akademika Unisba*, Bandung: Universitas Islam Bandung.
- [7]Webster, S.L. (1994). *Description and Application of Dual Mass Dynamic Cone Penetrometer*. Minneapolis: USAE Academy.
- [8]Webster, S.L. (1992). *Force Projection Site Evaluation Using the Electric Cone Penetrometer (ECP) and the Dynamic Cone Penetrometer (DCP)*. Minneapolis: USAE Academy.
- [9]Prodjosumarto, P. (1996). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Intitut Teknologi Bandung.
- [10]Tenriajeng, A.T. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Jakarta: Gunadarma.