

Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan *Overburden* Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi.

Audia Multriwahyuni^{1*}, MulyaGusman^{1**}, Yoszi Mingsi Anaperta^{1***}

¹Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* wahyuniaudia@gmail.com

** gusmanmulya_tambang@yahoo.co.id

*** yosziperta@yahoo.co.id

Abstract. PT. Artamulia Tatapratama (PT. ATP) is a coal mining company with a surface mining system. As a result of not achieving the production target where one of the causes is the condition of the haul road, it is necessary to evaluate and improve the road. In this study, the geometry evaluation of the road will use the 1993 AASHTO. Based on the results of road geometry evaluation, the results obtained as follows: the actual straight road width is between 13-30 m while the theoretical road width should be 21.7 m. Actual road grades from Pit to disposal ranging from 2.47% to 11.30%. Cross slope from Pit to disposal is 440 mm / m. Superelevation figures of 26.88 meters curved is 0.04. So that the height difference between the inner and outer sides of the bend that must be made is 1.07 m. Actual productivity before road repair using a dump truck is Hitachi EH 1700 on average 98,309 BCM / Hour. Productivity has not reached the production target set by PT. Artamulia Tatapratama is 114 BCM / hour. As for productivity after road improvement 118,231 BCM / hour. The productivity has met the production target set by PT. Artamulia Tatapratama is 114 BCM / hour.

Keywords: Surface mining, Open Pit Mining, Haul Road, *Overburden*, Productivity

1. Pendahuluan

PT. Artamulia Tatapratama (PT. ATP) merupakan perusahaan yang bergerak dibidang kontraktor pertambangan. Saat ini PT. ATP tengah melakukan penambangan di lokasi penambangan batubara milik PT. Kuansing Inti Makmur (PT. KIM).

Sistem penambangan yang diterapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama adalah sistem tambang terbuka (*surface mining*) dengan metode *open pit mining*. Salah satu kegiatan penambangan di PT. Artamulia Tatapratama adalah proses pengangkutan material *overburden* dengan menggunakan *Dump Truck* Hitachi EH 1700. Kegiatan pengangkutan ini harus diiringi dengan kondisi jalan yang sesuai dengan standar geometri jalan yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, maka perlu adanya pengontrolan keadaan jalan yang akan dilalui agar target produksi dan keselamatan operator di area penambangan dapat dijaga dengan baik.

Berdasarkan data produksi *Overburden* pada bulan Mei Tahun 2017 1.910.725 BCM, namun data aktual yang didapat sebesar 1.561.544 BCM, data ini jelas kurang dari yang direncanakan oleh perusahaan.

Salah satu penyebab tidak tercapainya target produksi adalah kondisi jalan angkut yang tidak sesuai dengan standar, oleh karena itu perlu adanya evaluasi dan perbaikan mengenai jalan tersebut. Dalam penelitian ini, evaluasi geometri jalan akan menggunakan teori AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) 1993^[1].

Pemilihan teori tersebut karena teori AASHTO merupakan standar Amerika yang telah banyak digunakan oleh pihak internasional dalam pembuatan jalan, baik jalan umum maupun jalan di pertambangan. Setelah dievaluasi dan diperbaiki sesuai dengan standar teori AASHTO^[2].

Keterkaitannya dengan penelitian yang saya lakukan adalah melakukan perhitungan geometri jalan dengan ketentuan AASTHO dan tujuannya sama-sama

untuk meningkatkan target produksi dari yang sebelumnya^[3].

Berdasarkan teori AASHTO memperoleh rekomendasi upaya perbaikan terhadap permasalahan-permasalahan dari geometri jalan angkut agar dapat mengoptimalkan kemampuan produktivitas alat angkut^[4].

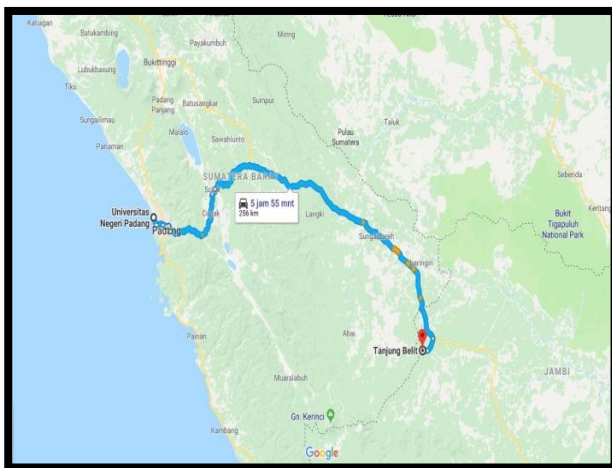
Geometri jalan raya maupun jalan angkut tambang seperti lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, *cross slope*, *superelevasi* dan *grade* jalan berpatokan pada teori AASHTO^[5].

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, penulis akan membahas lebih lanjut mengenai Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden di Pit Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit Kecamatan Jujuhan Kabupaten Muaro Bungo Provinsi Jambi^[6].

2. Lokasi Penelitian

Lokasi operasional PT. Artamulia Tatapratama terletak di Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi. Secara geografis lokasi penambangan PT. Artamulia Tatapratama terletak antara koordinat 101°42'58"BT-101°45'3"BT dan 01°24'15"LS-01°25'0"LS.

Lokasi operasional PT. Artamulia Tatapratama dapat ditempuh dari Kota Padang melalui Jalan Lintas Sumatra selama 7 jam menggunakan transportasi darat dengan jarak ± 260 km, dan dilanjutkan dengan perjalanan darat selama 30 menit menuju lokasi penambangan PT. Kuansing Inti Makmur. Lokasi proyek penambangan bisa dicapai dengan sarana perhubungan darat, bila melalui KM44 berjarak ± 18,5 Km dan bila melewati Simpang 4 Rantau Ikil berjarak ± 10 km dengan waktu tempuh sekitar 20 menit. Lokasi kesampaian daerah dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah

3. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 20 Juli 2017 – 4 Oktober 2017. Lokasi penelitian ini terletak di Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Muaro Bungo, Provinsi Jambi.

3.1. Jenis Penelitian

Dalam penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Hal itu dikarenakan dalam penelitian nantinya, akan menggunakan data-data berupa angka-angka. mendefinisikan penelitian kuantitatif penelitian kuantitatif adalah suatu proses menemukan pengetahuan yang menggunakan data berupa angka sebagai alat menganalisis keterangan mengenai apa yang ingin diketahui^[7].

3.2. Teknik Pengumpulan Data

Tahap kajian Literatur merupakan kegiatan awal sebelum dilakukannya penelitian. Pada tahap ini dilakukan kajian-kajian pustaka atau literatur sebagai pendukung kegiatan penelitian yang bersifat teoritis.

Selanjutnya orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung ke lapangan dan untuk mengamati langsung kondisi daerah yang akan dilakukan penelitian serta dapat mengangkat permasalahan yang ada untuk dijadikan topik dalam suatu penelitian.

Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa geometri jalan angkut (lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, kemiringan (*grade*), *cross slope*, dan *superelevasi*), *cycle time* alat angkut. Data sekunder berupa peta topografi, peta IUP, peta geologi, spesifikasi *Hitachi EH 1700* dan *HD 465* dan peta jalan angkut tambang.

3.3. Teknik Pengolahan Data

Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga dari keduanya didapat pendekatan penyelesaian masalah. Setelah mendapatkan data-data yang diperlukan, penulis menggunakan rumus-rumus melalui studi literatur yang ada untuk menganalisis data.

3.3.1. Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian langsung di lapangan selesai dilaksanakan. Data yang diambil berupa data primer dan data sekunder. Dilakukan dengan cara: Melakukan pengamatan, mencari faktor penyebab masalah, tindakan perbaikan, dan evaluasi hasil^[8].

Pengambilan data berupa penentuan segmen jalan, pengukuran geometri jalan angkut aktual meliputi lebar jalan lurus dan tikungan, kemiringan (*grade*), *cross slope* dan *superelevasi*. Produktivitas data-data aktual yang diperlukan adalah *cycle time* alat angkut, efisiensi kerja alat angkut, spesifikasi alat angkut dan berat alat angkut.

3.3.2. Analisis Geometri Jalan Berdasarkan AASHTO

Analisis data dilakukan dengan melakukan beberapa perhitungan. Data disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada. Penentuan geometri jalan dianalisis menurut AASHTO dan didasarkan pada alat terbesar di PT. Artamulia Tatapratam yaitu *Hitachi EH 1700*.

3.3.3. Analisis Produktivitas Dump Truck

Produktivitas *dump truck* dianalisis pertama dengan melakukan perbaikan terhadap efisiensi kerja alat angkut dengan memperbaiki waktu yang dapat dihindari. Cara kedua dengan menghitung produktivitas alat angkut setelah dilakukan perbaikan efisiensi kerja dan kondisi geometri jalan ideal secara teoritis menggunakan analisis *rimpull*^[9].

3.3.4. Kesimpulan

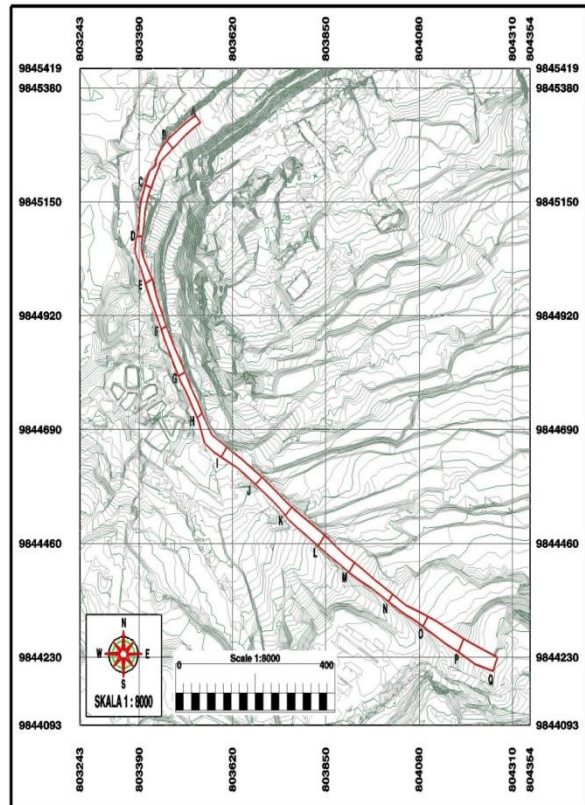
Tahap ini diperoleh setelah dilakukan korelasi antara hasil pengolahan data yang telah dilakukan dengan permasalahan yang diteliti serta pemberian saran mengenai perbaikan atau pemeliharaan kondisi jalan angkut sebagai upaya agar alat angkut dapat beroperasi secara optimal dan produksi *Overburden* dari *Pit* ke *disposal*^[10].

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Geometri Jalan

Daerah *Pit* Timur merupakan salah satu area penggalian *Overburden* pada tambang PT. Artamulia Tatapratama. Aktifitas penggalian pada area ini bertujuan untuk mendapatkan *Overburden* dan akan diangkut langsung ke *disposal*. Jarak dari *Pit* Timur ke *disposal* 1.596.572 m. Jalan produksi terdiri dari 16 segmen untuk jalur lurus dan tikungan.

Geometri jalan produksi adalah ukuran dari bentuk fisik jalan produksi tersebut meliputi lebar jalan (dalam keadaan lurus dan lebar jalan pada tikungan), kemiringan jalan, kemiringan melintang (*cross slope*) dan *superelevasi*^[11].



Gambar 2. Kondisi Jalan Sebelum Perbaikan

Geometri jalan angkut yang dibahas disini meliputi lebar jalan angkut baik lebar jalan lurus maupun lebar jalan tikungan, *grade* (kemiringan jalan), kemiringan melintang (*cross slope*), jari-jari dan *superelevasi*. Berikut penjelasan masing-masing point tersebut:

4.1.1. Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut produksi sangat mempengaruhi kelancaran operasi pengangkutan. Lebar jalan angkut dari *pit* menuju *disposal* memiliki lebar yang bervariasi. Pengukuran lebar jalan menggunakan meteran yang diukur pada masing-masing segmen. Perhitungan lebar jalan lurus berbeda dengan lebar jalan tikungan karena jumlah lajur pada jalan angkut produksi mempunyai 2 lajur (*n*) dengan unit alat angkut terbesar yang menjadi patokan pengukuran lebar adalah *Hitachi EH 1700* yang mempunyai lebar sebesar 6,2 meter (*Wt*). Perhitungan lebar jalan lurus dapat menggunakan rumus berikut^[12]:

$$L_{min} = (n \times Wt) + (n + 1) \times (\frac{1}{2} \times Wt) \quad (1)$$

Lebar *Hitachi EH 1700* = 6,2 m (Lampiran G)

Jalur kendaraan = 2 jalur

Jalan dari *Disposal* menuju *Pit* Timur menggunakan jalur ganda. Untuk jalur ganda lebar jalan minimum dalam keadaan lurus menjadi:

$$L_{min} = n \cdot Wt + (n+1) \cdot (\frac{1}{2} \cdot Wt)$$

$$L_{min} = (2 \times 6,2) + (2+1) (\frac{1}{2} \times 6,2) = 21,7 \text{ m}$$

Jadi lebar jalan angkut pada jalan lurus adalah 21,7 m

Tabel 1. Koreksi Lebar Jalan Lurus

Lebar Alat Angkut Dalam Keadaan Lurus			
Segmen	Rencana Lebar Jalan berdasarkan perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar jalan (m)
A-B	21.7	20	1.7
C-D	21.7	13	8.7
E-F	21.7	14	7.7
F-G	21.7	17	4.7
G-H	21.7	15	6.7
I-J	21.7	20	1.7
J-K	21.7	22	
K-L	21.7	27	
L-M	21.7	24	
M-N	21.7	18	3.7
N-O	21.7	23	
O-P	21.7	29	
P-Q	21.7	30	

Adapun perhitungan untuk lebar jalan minimal pada tikungan adalah:

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

$$C = Z = 0,5 (U + Fa + Fb) \quad (3)$$

Berdasarkan pengamatan di lapangan didapatkan data sebagai berikut :Jarak roda depan dengan bagian depan truck (Ad) sebesar 2,72 m, jarak roda belakang dengan bagian belakang truck (Ab) sebesar 3,35 m, jejak antar Roda (U) sebesar 5,14 m, jumlah Jalur (n) sebesar 2, jarak antara poros roda depan dan belakang (Wb) sebesar 4,600 m, jari – jari lintasan roda depan (R) sebesar 10,9 m, sudut penyimpangan roda depan (α)

Maka:

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha}$$

$$10,9 = \frac{4,600}{\sin \alpha}$$

$$\sin \alpha = 0,42$$

$$A = 24,83^\circ$$

$$Fa = Ad \sin \alpha$$

$$= 2,72 \text{ m} \times \sin 24,83^\circ = 1,14 \text{ m}$$

$$Fb = Ab \sin \alpha$$

$$= 3,35 \text{ m} \times \sin 24,83^\circ = 1,40 \text{ m}$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + fa + fb)$$

$$= \frac{1}{2} (5,14 \text{ m} + 1,14 \text{ m} + 1,40 \text{ m})/2$$

$$= 3,84 \text{ m}$$

$$Lt = n (U + Fa + Fb + Z) + C$$

$$= 2 (5,14 \text{ m} + 1,14 \text{ m} + 1,40 \text{ m} + 3,84 \text{ m}) + 3,84$$

$$= 23,04 \text{ m} + 3,84 \text{ m}$$

$$= 26,88 \text{ m (Lebar tikungan pada 2 jalur)}$$

Koreksi lebar jalan tikungan dapat dilihat pada tabel 2 berikut:

Tabel 2. Koreksi Lebar Jalan Tikungan

Lebar Alat Angkut Dalam Keadaan Tikungan			
Segmen	Rencana Lebar Jalan berdasarkan perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Penambahan Lebar jalan (m)
B-C	26.88	15	11.88
D-E	26.88	18	8.88
H-I	26.88	24	2.88

4.1.2. Kemiringan Jalan (Grade)

Kemiringan (grade) jalan angkut produksi dinyatakan dalam persen (%) yang merupakan perbandingan antara beda tinggi dengan jarak mendatar.

Perhitungan untuk kemiringan jalan dapat menggunakan rumus berikut^[13]:

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

$$Grade(\%) = \frac{2,17}{87,931} \times 100 \%$$

$$= 2,47 \%$$

Koreksi kemiringan jalan (grade) dapat dilihat pada tabel 3 berikut:

Tabel 3. Koreksi Kemiringan Jalan sebelum diperbaiki

Segmen	Elevasi	BEDA ELEVASI		Panjang Jalan (m)	Target ATP untuk Grade Jalan 8 %	
		MUATAN	KOSONG		MUATAN	KOSONG
A-B	115,963	-2,17	2,17	87,931	-2,47	2,47%
	113,790					
B-C	113,790	-2,86	2,86	102,780	-2,78	2,78%
	110,931					
C-D	110,931	-3,00	3,00	106,236	-2,82	2,82%
	107,931					
D-E	107,931	-3,08	3,08	97,521	-3,16	3,16%
	104,852					
E-F	104,852	-5,74	5,74	100,847	-5,69	5,69%
	99,115					
F-G	99,115	5,31	-5,31	103,205	5,14	-5,14%
	104,421					
G-H	104,421	0,79	-0,79	96,743	0,81	-0,81%
	105,207					
H-I	105,207	3,69	-3,69	98,497	3,75	-3,75%
	108,899					
I-J	108,899	4,11	-4,11	101,366	4,06	-4,06%
	113,014					
J-K	113,014	11,02	-11,02	97,334	11,33	-11,33%
	124,038					
K-L	124,038	10,37	-10,37	102,692	10,10	-10,10%
	134,408					
L-M	134,408	5,14	-5,14	92,432	5,56	-5,56%
	139,547					
M-N	139,547	9,76	-9,76	114,346	8,54	-8,54%
	149,310					
N-O	149,310	6,00	-6,00	98,905	6,06	-6,06%
	155,307					
O-P	155,307	10,40	-10,40	102,329	10,16	-10,16%
	165,705					
P-Q	165,705	5,28	-5,28	93,408	5,65	-5,65%
	170,983					

Tabel 4.Grade pada setiap segmen (setelah diperbaiki)

Segmen	Elevasi	BEDA ELEVASI		Panjang Jalan (m)	Target ATP untuk Grade Jalan 8%	
		MUATAN	KOSONG		MUATAN	KOSONG
A-B	115.963	-2.17	2.17	87.931	-2.47%	2.47%
	113.790					
B-C	113.790	-2.86	2.86	102.780	-2.78%	2.78%
	110.931					
C-D	110.931	-3.00	3.00	106.236	-2.82%	2.82%
	107.931					
D-E	107.931	-3.08	3.08	97.521	-3.16%	3.16%
	104.852					
E-F	104.852	-5.74	5.74	100.847	-5.69%	5.69%
	99.115					
F-G	99.115	5.31	-5.31	103.205	5.14%	-5.14%
	104.421					
G-H	104.421	0.79	-0.79	96.743	0.81%	-0.81%
	105.207					
H-I	105.207	3.69	-3.69	98.497	3.75%	-3.75%
	108.899					
I-J	108.899	6.11	-6.11	101.366	6.03%	-6.03%
	115.014					
J-K	115.014	7.02	-7.02	97.334	7.22%	-7.22%
	122.038					
K-L	122.038	7.96	-7.96	102.692	7.75%	-7.75%
	130.000					
L-M	130.000	7.00	-7.00	92.432	7.57%	-7.57%
	137.000					
M-N	137.000	9.00	-9.00	114.346	7.87%	-7.87%
	146.000					
N-O	146.000	7.00	-7.00	98.905	7.08%	-7.08%
	153.000					
O-P	153.000	8.00	-8.00	102.329	7.82%	-7.82%
	161.000					
P-Q	161.000	7.00	-7.00	93.408	7.49%	-7.49%
	168.000					

4.1.3. Kemiringan Melintang (Cross Slope)

Kemiringan melintang sangat perlu dibuat untuk mengatasi masalah drainase supaya kondisi permukaan jalan tidak tergenang oleh air dan permukaan jalan tidak mudah rusak sehingga aktivitas pengangkutan batubara menjadi lancar dan produktivitas alat angkut menjadi optimal^[14].

Angka *cross slope* pada jalan angkut dinyatakan dalam perbandingan jarak vertikal dan horisontal, dengan satuan mm/m. Jalan angkut yang baik memiliki *cross slope* 40 mm/m. Ini berarti setiap 1 meter jarak mendatar terdapat beda tinggi sebesar 40 mm = 4 cm. Pembuatan kemiringan melintang (*cross slope*) ini berdasarkan lebar jalan pada kondisi lurus dan dilakukan dengan cara membuat bagian tengah jalan lebih tinggi dari bagian tepi jalan.

Sehingga untuk jalan angkut dengan lebar 21,7 m (dua jalur) mempunyai beda ketinggian pada poros jalan sebesar:

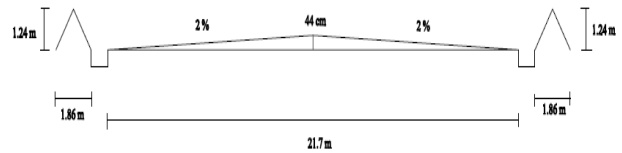
Untuk jalan angkut dua jalur :

$$\begin{aligned}
 a &= \frac{1}{2} \text{ lebar jalan} \\
 &= \frac{1}{2} \times 21,7 \text{ m} \\
 &= 10,85 = 11 \text{ m}
 \end{aligned}$$

sehingga beda tinggi yang harus dibuat :

$$\begin{aligned}
 b &= 11 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 440 \text{ mm} = 44 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai *cross slope* yang baik untuk jalan angkut dengan lebar jalan 21,7 m adalah 440 mm/m. Jalan produksi yang baik memiliki kemiringan melintang 20 mm/m sampai 40 mm/m.



SKALA 1 : 100

Gambar 3.Penampang melintang jalan lurus

4.1.4 Superelevasi

Superelevasi ini bertujuan untuk membantu kendaraan dalam mengatasi tikungan. Dengan *superelevasi* yang ada, diharapkan alat angkut tidak tergelincir pada saat melewati tikungan dengan kecepatan yang maksimum. Secara umum *superelevasi* yang ada di PT. Artamulia Tatapratama belum semuanya ada sehingga ketika alat angkut melewati tikungan kecepatan yang dipakai sangat rendah sehingga berpengaruh pada *cycle time* alat angkut yang semakin besar. Angka *superelevasi* yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan pada PT. Artamulia Tatapratama dengan kecepatan maksimum 40km/jam.

Kecepatan yang digunakan adalah berdasarkan grade per section. Sedangkan koefisien gesekan secara matematis dapat dihitung sebagai berikut :

- Untuk $V < 80$ km/jam
 $f = -0,00065 \times V + 0,192$
- Untuk $V > 80$ km/jam
 $f = -0,00125 \times V + 0,24$

Untuk mencari angka *superelevasi* yang standat penulis berpatokan pada nilai *superelevasi* yang diizinkan^[1].

Tabel 5. Nilai *Superelevasi* yang Diizinkan

Jari Jari Tikungan (feet)	Kecepatan mph					
	10	15	20	25	30	<30
50	0.04	0.04				
100	0.04	0.04	0.04			
150	0.04	0.04	0.04	0.05		
250	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	
300	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
600	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
1000	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

$$1 \text{ feet} = 0,305 \text{ m}$$

$$1 \text{ mph} = 1,609 \text{ km/jam}$$

$$e + f = \frac{v^2}{127 \times R} \quad (5)$$

Dimana :

- e = Angka *superelevasi*
- f = Koefisien gesekan melintang
- V = Kecepatan kendaraan (km/jam)
- R = Radius/jari-jari tikungan (m)

Perhitungan :

$$f = -0,00065 \times V + 0,192$$

$$f = -0,00065 \times 40 + 0,192 = 0,166$$

$$R = \frac{(V)^2}{127(e+f)} = \frac{(40)^2}{127(0,04+0,166)} = 61,16$$

$$e + f = \frac{V^2}{127 \times R}$$

$$e + 0,17 = \frac{(40)^2}{127 \times 61,16}$$

$$e + 0,17 = 0,21$$

$$e = 0,04$$

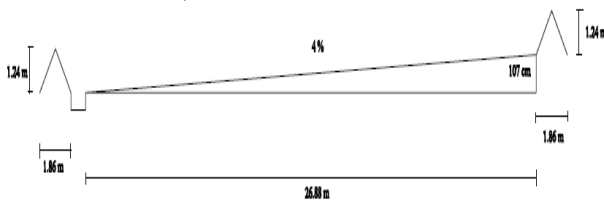
Angka *superelevasi* yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan pada PT.Artamulia Tatapratama dengan kecepatan maksimum 40km/jam dengan lebar jalan ditikungan 26,88 meter adalah 0,04. Sehingga beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat yaitu :

$$\text{tg } \alpha = 0,04 \text{ ; maka } \alpha = 2,29^\circ$$

$$a = r \times \sin \alpha$$

$$= 26,88 \text{ meter} \times \sin 2,29^\circ$$

$$= 1,07 \text{ meter}$$



SKALA 1 : 100

Gambar 4. Penampang melintang jalan tikungan

4.2 Perhitungan Rimpull

Tenaga penggerak	: 710 HP
Efisiensi mekanis	: 83%
Rolling resistance	: 100 lb/ton
Coefficient of Traction	: 60%
Beban roda bermuatan	: 100%
Beban roda kosong	: 40 %

Rimpull yang tersedia untuk masing-masing gigi dapat dihitung menggunakan persamaan berikut^[15]:

$$\text{Rimpull} = \frac{\text{HP} \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{Kecepatan}} \quad (6)$$

Rimpull yang tersedia untuk masing-masing gear dapat dilihat pada tabel 6 berikut^[16]:

Tabel 6. Rimpull yang Tersedia

Gear	Kec.(mph)	Kec.(Km/jam)	Efficiency mesin	HP	Rimpull (lb)
1	6	9,654	83%	710	36,831.3
2	11	17,538	83%	710	20,274.1
3	15	24,135	83%	710	14,732.5
4	19	31,054	83%	710	11,450.1
5	25	40,708	83%	710	8,734.7
6	35	55,671	83%	710	6,386.9

4.2.1 Tempuh Alat Angkut dalam Keadaan Kosong

Untuk kondisi bermuatan:

$$\text{Berat berisi} = 95,2 \text{ ton} = 95.200 \text{ kg} = 209.440 \text{ lb}$$

Untuk kondisi bermuatan, roda penggerak sanggup menerima rimpull sebesar:

$$= 209.440 \text{ lb} \times 60\% \times 100\%$$

$$= 1.256,64 \text{ lb}$$

Waktu Tempuh Bermuatan

Untuk setiap segmen jalan angkut adalah sebagai berikut:

Segmen A- B (jarak = 87,931 m ; grade = -2,47 %)

Rimpull untuk rolling resistance (RR= 100 lb/ton):

$$= 100 \text{ lb/ton} \times 95,2 \text{ ton} = 9.520 \text{ lb}$$

Rimpull untuk grade resistance (GR=20 lb/ton/%):

$$= 20 \text{ lb/ton/\%} \times 2,47\% \times 95,2 \text{ ton}$$

$$= 4702,88 \text{ lb}$$

Jadi, total rimpull yang dibutuhkan adalah: 9.520 lb + 4702,88 lb = 14,222,88lb

Dengan demikian, dump truck dapat bergerak menggunakan gear 3 dengan kecepatan 24 km/jam. Sehingga diperoleh waktu tempuh pada segmen 1 yaitu:

$$W_{\text{angkut}} = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan}}$$

$$= \frac{87,931}{10 \text{ km/jam}}$$

$$= 0,0087 \text{ menit} = 31,65 \text{ detik}$$

Dengan menggunakan metode yang sama, diperoleh perhitungan untuk setiap segmen jalan, seperti terlihat pada tabel di bawah ini (Tabel.7)

Tabel 7. Analisis Rimpull Alat Angkut dari Pit ke Stocpile (Keadaan Bermuatan)

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m) Lurus / Tikungan	Grade (%)	Rimpull untuk RR	Rimpull untuk GR	Rimpull tersedia	Kecepatan (mph)	Km/jam	Waktu (detik)	
A-B	87,931	30	2,47	9.520	4702,88	14.222,9	6	9,654	10	31,65
B-C	102,78	29	-2,78	9.520	-3780,8	5.739,2	35	56,315	40	9,25
C-D	106,236	23	-2,82	9.520	-3835,2	5.684,8	35	56,315	40	9,56
D-E	97,521	18	-3,16	9.520	-4297,6	5.222,4	35	56,315	40	8,78
E-F	100,847	24	-5,69	9.520	-7738,4	1.781,6	35	56,315	40	9,08
F-G	103,205	27	5,14	9.520	6990,4	16.510,4	11	17,699	20	18,38
G-H	96,743	22	0,81	9.520	1101,6	10.621,6	19	30,571	30	11,61
H-I	98,497	20	3,75	9.520	5100	14.620,0	15	24,135	25	14,18
I-J	101,366	24	6,91	9.520	9397,6	18.917,6	11	17,699	20	18,25
J-K	97,334	15	7,19	9.520	9778,4	19.298,4	11	17,699	20	17,52
K-L	102,692	17	7,79	9.520	10594,4	20.114,4	11	17,699	20	18,48
L-M	92,432	14	7,57	9.520	10235,2	19.815,2	11	17,699	20	16,64
M-N	114,346	18	7,87	9.520	10703,2	20.223,2	11	17,699	20	20,38
N-O	98,905	13	7,08	9.520	9428,8	19.148,8	11	17,699	20	17,80
O-P	102,329	15	7,82	9.520	10635,2	20.155,2	11	17,699	20	18,42
P-Q	93,408	20	7,49	9.520	10186,4	19.706,4	11	17,699	20	16,81
Jumlah									405	257,20
Waktu Handling Isi (menit)									4,29	

Waktu Kembali Kosong

Untuk setiap segmen jalan angkut adalah sebagai berikut:

Segmen P - Q (Panjang/jarak = 93.408 m; *grade* = -7,49%)

Rimpull untuk mengatasi *rolling resistance* (RR):
 = 100 lb/ton x 68 ton
 = 6800 lb

Rimpull untuk mengatasi *grade resistance* (GR):
 = 20 lb/ton/% x -7,49 % x 68 ton
 = -10.186,4 lb

Jadi, total *rimpull* yang dibutuhkan adalah:
 = 6800 lb -10.186,4 lb
 = -3386 lb (turunan)

Dengan demikian, *dump truck* dapat bergerak menggunakan *gear* 6 dengan kecepatan 35 km/jam. Sehingga diperoleh waktu tempuh pada segmen P - Q, yaitu:

$$W_{angkut} = \frac{\text{jarak tempuh}}{\text{kecepatan}} = \frac{93.408 \text{ m}}{30 \text{ km/jam}} = 10,55 \text{ detik}$$

Tabel 8. Analisis *Rimpull* Alat Angkut dari Pit ke *Disposal* (Keadaan Kosong)

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Lebar Jalan (m)		Grade (%)	Rimpull untuk RR	Rimpull GR	Rimpull tersedia	Kecepatan (mph)	Km/jam	Km/jam (asumsi)	Waktu (detik)
		Lurus	Tikungan								
A-B	87,931	30		2,47	6800	3399,2	10.159	19	30,571	30	10,55
B-C	102,778	29		2,78	6800	3780,8	10.981	19	30,571	30	12,33
C-D	106,236	23		2,82	6800	3852	10.635	19	30,571	30	12,75
D-E	97,521	18		3,16	6800	4297,6	11.098	19	30,571	30	11,70
E-F	100,847	24		5,69	6800	7738,4	14.538	15	24,135	25	14,32
F-G	103,205	27		-5,14	6800	-690,4	(190)	35	56,315	40	9,29
G-H	96,743	22		-0,81	6800	-1101,6	5.698	35	56,315	40	8,71
H-I	98,497	20		-3,75	6800	-5100,0	1.700	35	56,315	40	8,86
I-J	101,366		24	-6,91	6800	-997,6	(2.936)	35	56,315	40	9,12
J-K	97,334	15		-7,19	6800	-9778,4	(2.976)	35	56,315	40	8,76
K-L	102,692	17		-7,79	6800	-1094,4	(3.794)	35	56,315	40	9,24
L-M	92,432	14		-7,57	6800	-10295,2	(3.495)	35	56,315	40	8,32
M-N	114,346		18	-7,87	6800	-10703,2	(3.903)	35	56,315	40	10,29
N-O	98,905	13		-7,08	6800	-9628,8	(2.829)	35	56,315	40	8,90
O-P	102,329		15	-7,82	6800	-10635,2	(3.835)	35	56,315	40	9,21
P-Q	93,408	20		-7,49	6800	-10186,4	(3.386)	35	56,315	40	8,41
Jumlah							37.400			385	160,97
Waktu Hauling Isi (menit)											2,68

Dari kedua tabel di atas (Tabel 7 dan Tabel 8) diperoleh waktu tempuh total (*travel/variable time*) alat angkut *dump truck* Hitachi EH 1700 yang beroperasi dari Pit Timur menuju *Disposal* dan sebaliknya setelah perbaikan jalan yaitu:

$$= (4,29 + 2,68) \text{ menit} \\ = 6,97 \text{ menit}$$

Jadi, *cycle timedump truck* teoritis setelah perbaikan jalan adalah :

$C_t = \text{manuver kosong} + \text{loading} + \text{hauling isi} + \text{manuver isi} + \text{dumping} + \text{hauling kosong} + \text{waktu tunggu}$

Diketahui:

Manuver Kosong = 0,35 menit (lampiran K)
Loading = 4,82 menit (lampiran K)
Hauling isi = 4,29 menit
Manuver isi = 0,37 menit (lampiran K)
Dumping = 0,43 menit (lampiran K)
Hauling kosong = 2,68 menit

Maka:

$$C_t = 0,35 + 4,82 + 4,29 + 0,37 + 0,43 + 2,68 \\ C_t = 12,94 \text{ menit}$$

Simulasi perbaikan kondisi jalan digunakan untuk memperkirakan produktivitas teoritis alat angkut^[17]. Jadi, *cycle timedumpt truck* Hitachi EH 1700 teoritis setelah perbaikan jalan adalah 12,94 menit.

4.3. Produktivitas Aktual Alat Angkut

4.3.1 Produktivitas Dump Truck Hitachi EH 1700 Aktual Berdasarkan Geometri Jalan Saat Ini sebelum perbaikan

Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Aktual

$$C = n \times q_1 \times k \\ P = Cx \frac{3600}{C_{tm}} \times E$$

Keterangan:

Produktivitas (P) = BCM/Jam
 Kapasitas bucket (q_1) = 6,7 m³
 Faktor pengisian bucket (K) = 0,8
Cycle time alat angkut (C_{tm}) = 934,83
 Efisiensi Kerja (E) = 0,83
Swell factor (Sf) = 0,82 material
 Jumlah Pengisian (n) = 7

Maka :

$$C = n \times q_1 \times k \\ P = Cx \frac{3600}{C_{tm}} \times E \\ P = 7 \times 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{934,83} \times 0,83 \\ P = 119,89 \text{ LCM LCM/Jam} \times \text{SF} \\ P = 119,89 \text{ LCM/Jam} \times 0,82 \\ P = 98,309 \text{ BCM/Jam}$$

Produktivitas Alat Gali Muat

$$q = q_1 \times k \\ Q = \frac{3600}{C_{tm}} \times E$$

Keterangan:

Kapasitas bucket (q_1) = 6,7 m³
 Faktor pengisian bucket (K) = 0,8
Cycle time alat angkut (C_{tm}) = 27,43
 Efisiensi Kerja (E) = 0,83
Swell factor (Sf) = 0,82

Perhitungan Produktivitas *excavator* rata-rata

$$q = q_1 \times k \\ Q = qx \frac{3600}{C_{tm}} \times E \times \text{Density} \\ Q = 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{27,43 \text{ detik}} \times 0,83 \\ Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times \text{SF} \\ Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times 0,82 \\ Q = 478 \text{ BCM/Jam}$$

Perhitungan produktivitas aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* di lapangan. Dari perhitungan produktivitas aktual didapatkan produktivitas satu unit *dump truck Hitachi EH 1700* rata-rata 101,93 BCM/Jam. Produktivitas tersebut belum mencapai target produksi yang ditetapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama yaitu sebesar 114 BCM/ Jam.

4.4 Produktivitas Teoritis Berdasarkan Evaluasi Geometri Jalan dengan Ketentuan AASHTO sesudah perbaikan

4.4.1 Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Aktual Hitachi EH 1700

$$C = n \times q1 \times k$$

$$P = Cx \frac{3600}{Cmt} \times E$$

Keterangan:

Produktivitas (P)	= BCM/Jam
Kapasitas bucket (q1)	= 6,7 m ³
Faktor pengisian bucket (K)	= 0,8
Cycle time alat angkut (Ctm)	= 12,62 dt
Efisiensi Kerja (E)	= 0,83
Swell factor (Sf)	= 0,82
Jumlah Pengisian (n)	= 7

Maka :

$$C = n \times q1 \times k$$

$$P = Cx \frac{3600}{Cmt} \times E$$

$$P = 7 \times 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{757,2} \times 0,83$$

$$P = 144,185 \text{ LCM/Jam} \times \text{SF}$$

$$P = 144,185 \text{ LCM/Jam} \times 0,82$$

$$P = 118,231 \text{ BCM/Jam}$$

Produktivitas Alat Gali Muat

$$q = q1 \times k$$

$$Q = \frac{3600}{Ctm} \times E$$

Keterangan:

Kapasitas bucket (q1)	= 6,7 m ³
Faktor pengisian bucket (K)	= 0,8
Cycle time alat angkut (Ctm)	= 27,43
Efisiensi Kerja (E)	= 0,83
Swell factor (Sf)	= 0,82

Perhitungan Produktivitas *excavator* rata-rata

$$q = q1 \times k$$

$$Q = qx \frac{3600}{Ctm} \times \text{Ex Density}$$

$$Q = 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{27,43 \text{ detik}} \times 0,83$$

$$Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times \text{SF}$$

$$Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times 0,82$$

$$Q = 478 \text{ BCM/Jam}$$

Perhitungan produktivitas aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* di lapangan. Dari perhitungan produktivitas aktual didapatkan produktivitas satu unit *dump truck Hitachi EH 1700* rata-rata 118,231 BCM/Jam. Produktivitas tersebut sudah memenuhi target produksi yang ditetapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama yaitu sebesar 114 BCM/ Jam.

4.5 Produktivitas Dump Truck HD 465 Aktual Berdasarkan Geometri Jalan Saat Ini sebelum perbaikan

4.5.1 Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Aktual

$$C = n \times q1 \times k$$

$$P = Cx \frac{3600}{Cmt} \times E$$

Keterangan:

Produktivitas (P)	= BCM/Jam
Kapasitas bucket (q1)	= 6,7 m ³
Faktor (K)	= 0,8
Cycle time alat angkut (Ctm)	= 732,567
Efisiensi Kerja (E)	= 0,80
Swell factor (Sf)	= 0,82

Jumlah Pengisian (n)

$$C = n \times q1 \times k$$

$$P = Cx \frac{3600}{Cmt} \times E$$

$$P = 5 \times 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{732,567} \times 0,80$$

$$P = 105,27 \text{ LCM/Jam} \times \text{SF}$$

$$P = 105,27 \text{ LCM/Jam} \times 0,82$$

$$P = 86,32 \text{ BCM/Jam}$$

Produktivitas Alat Gali Muat

$$q = q1 \times k$$

$$Q = \frac{3600}{Ctm} \times E$$

Keterangan:

Kapasitas bucket (q1)	= 6,7 m ³
Faktor pengisian bucket (K)	= 0,8
Cycle time alat angkut (Ctm)	= 27,43
Efisiensi Kerja (E)	= 0,80
Swell factor (Sf)	= 0,82

Perhitungan Produktivitas *excavator* rata-rata

$$q = q1 \times k$$

$$Q = qx \frac{3600}{Ctm} \times \text{Ex Density}$$

$$Q = 6,7 \text{ m}^3 \times 0,8 \times \frac{3600}{27,43 \text{ detik}} \times 0,80$$

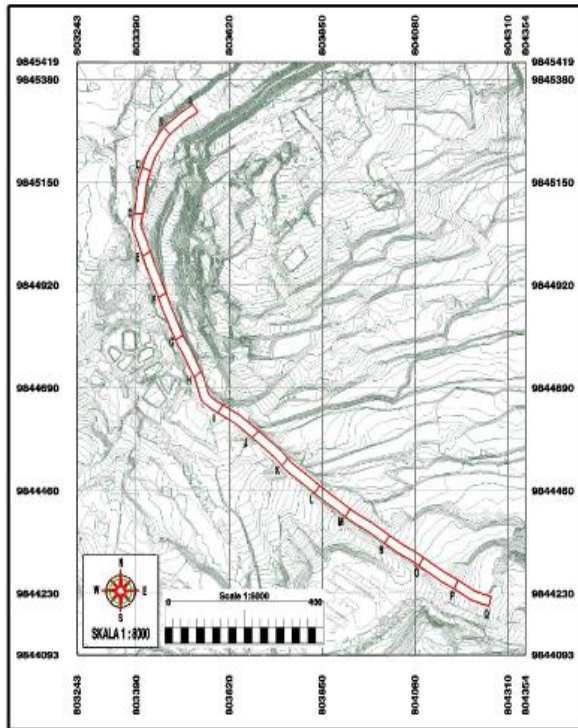
$$Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times \text{SF}$$

$$Q = 583 \text{ LCM/Jam} \times 0,82$$

$$Q = 478 \text{ BCM/Jam}$$

Perhitungan produktivitas aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* di lapangan. Dari perhitungan produktivitas aktual didapatkan produktivitas satu unit *dump truck HD 465* rata-rata 86,32 BCM/Jam. Produktivitas tersebut sudah memenuhi target produksi yang ditetapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama.

Bentuk Jalan tambang sesudah perbaikan dapat dilihat pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Kondisi Jalan sesudah Perbaikan

Kondisi jalan angkut setelah diperbaiki dibuat dengan standarisasi, kemudian data diolah menggunakan *software minescape*^[18].

5 Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

1. Lebar jalan lurus aktual adalah antara 13 - 30 meter sedangkan secara teoritis lebar jalan keadaan lurus harus dibuat 21,7 meter, jadi perlu penambahan lebar jalan pada setiap segmen sebagai berikut:
 - a. Segmen A- B dari 20 meter ditambah 1,7 meter
 - b. Segmen C-D dari 13 meter ditambah 8,7 meter
 - c. Segmen E-F dari 14 meter ditambah 7,7 meter
 - d. Segmen F-G dari 17 meter ditambah 4,7 meter
 - e. Segmen G-H dari 15 meter ditambah 6,7 meter
 - f. Segmen I-J dari 20 meter ditambah 1,7 meter
 - g. Segmen J-K dari 22 meter sudah sesuai standar
 - h. Segmen K-L dari 27 meter sudah sesuai standar
 - i. Segmen L-M dari 24 meter sudah sesuai standar
 - j. Segmen M-N dari 18 meter ditambah 3,7 meter
 - k. Segmen N-O dari 23 meter sudah sesuai standar
 - l. Segmen O-P dari 29 meter sudah sesuai standar
 - m. Segmen P-Q dari 30 meter sudah sesuai standar
2. Lebar jalan pada tikungan aktual adalah antara 15-24 meter sedangkan secara teoritis lebar jalan pada tikungan harus dibuat 26,88 meter, jadi perlu penambahan lebar jalan pada setiap segmen sebagai berikut:
 - a. Segmen B-C dari 15 meter ditambah 11,88 meter
 - b. Segmen D-E dari 18 meter ditambah 8,88 meter
 - c. Segmen H-I dari 24 meter ditambah 2,88 meter
3. *Grade* jalan aktual pada PT. Artamulia Tatapratama dari *Pit* sampai *disposal* mulai dari 2,47 % hingga 11,30 %. Dibeberapa segmen jalan terdapat *grade* jalan yang melampaui standar 8%.

4. *Cross slope* di PT. Artamulia Tatapratama dari *Pit* sampai *disposal* dengan lebar jalan pada keadaan lurus sebesar 21,7 meter dan *cross slope* yang harus dibuat adalah sebesar 440 mm/m.
5. Secara umum Angka *superelevasi* yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan pada PT. Artamulia Tatapratama dengan kecepatan maksimum 40km/jam dengan lebar jalan ditikungan 26,88 meter adalah 0,04. Sehingga beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat yaitu 1,07 meter
6. Fasilitas-fasilitas pendukung keselamatan pada jalan angkut seperti batas kecepatan maksimum, tanda adanya pertigaan atau persilangan dengan jalan warga, rambu-rambu jarak aman untuk berhenti di tikungan dan tanjakan pada PT. Artamulia Tatapratama belum ada. Dengan kecepatan maksimal 40 km/jam maka jarak pandang henti adalah 40 meter maka disetiap tanjakan dan tikungan harus dipasang rambu-rambu agar dalam radius 40 meter dilarang untuk alat angkut berhenti
7. Produktivitas aktual sebelum perbaikan jalan menggunakan *dump truck* adalah Hitachi EH 1700 rata-rata 98,309BCM/Jam . Produktivitas tersebut belum mencapai target produksi yang ditetapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama yaitu sebesar 114 BCM/ Jam. Sedangkan untuk produktivitas setelah perbaikan jalan 118,231BCM/Jam. Produktivitas tersebut Sudah memenuhi target produksi yang ditetapkan oleh PT. Artamulia Tatapratama yaitu sebesar 114 BCM/ Jam.

5.2 Saran

1. Perawatan geometri jalan agar dapat dilakukan secara berkala dan terus menerus.
2. Kemiringan melintang perlu dibuat guna mencegah air yang berasal dari hujan tidak tergenang di badan jalan. Pembuatan kemiringan melintang dapat dibuat dengan cara meninggikan bagian tengah dari jalan (poros jalan) sebesar 44 cm.
3. Untuk menghindari segala bahaya yang dapat mengancam keselamatan pekerja dan peralatan, maka perlu dipasang rambu-rambu lalu lintas seperti batas maksimum kecepatan kendaraan dan tanda persimpangan di jalan pertemuan dengan jalan warga.
4. Peningkatan pengawasan kerja baik di *pit* penambangan maupun di *disposal*.

Daftar Pustaka

- [1] A, Suwandhi. *Perencanaan Jalan Tambang. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka*. (2004).
- [2] Kurniawan, Redho, Yoszi Mingsi Anaperta. *Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Produksi Berdasarkan Ketentuan AASTHO Terhadap Optimalisasi Produksi Dump Truck Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Batubara 1.000 ton/hari di Site Jebak PT. Nan Riang, Kecamatan Muara Tembesi, Kabupaten Batanghari, Jambi. Jurnal Bina Tambang*, 3, No 2 (2018)

- [3] Azwari Rudy. *Evaluasi Jalan Angkut Dari Front Tambang Batubara Menuju StockpileBlock B pada Penambangan Batubara di PT. Minemex Indonesia, Desa Talang Serdang Kecamatan Mandiangin Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi.* Jurnal Pertambangan **3**, 1 .Universitas Islam Bandung.(2015)
- [4] Akhmad Rifandy ,dkk. *Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling Pada PT. GURUH PUTRA BERSAMA site Desa Gunung Sari Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai Kartanegara.* Jurnal HIMASAPTA **3**,1. Universitas Lampung Mangkurat. (2017)
- [5] M. Tasrik Hi Malik, dkk .*Evaluasi Geometri Jalan Angkut Dari Lokasi Pengupasan Overburden ke Disposal Pada Sektor Penambangan Bijih Besi Blok 2D di PT. Adidaya Tangguh, Desa Tolong, Kecamatan Lede, Kabupaten Taliabu, Maluku Utara.* Jurnal Tambang Unisba **3**, 1. Bandung : Universitas Islam Bandung.(2016)
- [6] Hefni ,dkk . *Evaluasi Kondisi Jalan Angkut Overburden Pit 1 Blok 15 PT.Rimau Energy Mining Site Putut tawuluh Kecamatan Karosen Janang.* Jurnal HIMASAPTA **3**, 1. Banjarmasin : Lambung Mangkurat.(2016)
- [7] Kontjojo.*Metodologi Penelitian.* Kediri.(2009)
- [8] Adip Mustofa,dkk. *Perbaikan Jalan Angkut Tambang Pengaruh Perubahan Struktur Lapisan Jalan Terhadap Produktivitas Alat Angkut.* Jurnal Tambang Unisba **3**,1. Bandung : Universitas Islam Bandung.(2016)
- [9] Yudhidya Wicaksana,dkk. *Analisis Koefisien Tahanan Gulir Angkut Dump Truck Pada Jalan Angkut Kuari Batu Gamping.* Jurnal Tambang Unisba **2**, 2. Bandung : Universitas Islam Bandung.(2016)
- [10] Akhmad Rifandy,dkk .*Evaluasi Geometri Jalan Tambang (Ramp) Pada Kegiatan Pengupasan Tanah Penutup di Pit Seam 12 PT. Kitadin Job Site Embalut Kecamatan Tenggara Seberang Kabupaten Kutai Kartanegara.* Jurnal HIMASAPTA **3**,1. Universitas Lambung Mangkurat. (2017)
- [11] Marga, Bina .*Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota.*(1997)
- [12] Shirley L. Hendarsin. *Perencanaan Teknik Jalan Raya.*Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Bandung.
- [13] Silvia Sukirman. *Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan.* Bandung.(1999)
- [14] Zulkifli Sayuti,dkk. *Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Tambang dan Rencana Pembuatan Saluran Penirisan di Tepi Jalan Angkut Tambang.* Jurnal Tambang **9**, 1. Universitas Hasanudin.(2015)
- [15] Indonesianto,Yanto. *Pemindahan Tanah Mekanis.* Yogyakarta: UPN “Veteran” Yogyakarta.(2012)
- [16] Prodjosumarto, Partanto. *Pemindahan Tanah Mekanis.* Bandung: InstitutTeknologi Bandung.(1996)
- [17] Ady Winarko, dkk .*Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Overburden Untuk Mencapai Target Produksi 240.000 Bcm / Bulan Di Site Project Mas Lahat PT. Ulma Nitra Sumatera Selatan.* Jurnal Ilmu Teknik **2**, 2. Indralaya : Universitas Sriwijaya.(2015)
- [18] Aldiyansyah, dkk .*Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara Pada PT.IFISHDECO Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara.*Jurnal Geomine **4**,2. Universitas Muslim Indonesia.(2016)