

## Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Tambang Pada Kegiatan Pengupasan *Overburden* PT. Bara Prima Pratama Kabupaten Indragiri Hilir Provinsi Riau

Dede Yusup<sup>1</sup>, Hendro Purnomo<sup>2</sup>, Mustapa Ali Mohamad<sup>3</sup>, Bayurohman Pangacella Putra<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Pertambangan, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

Korespondensi : hendro.purnomo@itny.ac.id

### ABSTRAK

PT. Bara Prima Pratama merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pertambangan batubara yang terletak di Desa Selensen, Kecamatan Kemuning, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Kondisi geometri jalan angkut PT. Bara Prima Pratama masih memiliki beberapa bagian atau segmen jalan yang belum ideal, hal ini mempengaruhi kegiatan produksi *overburden* sehingga target produksi yang telah ditentukan tidak tercapai yaitu 150.000 BCM/Bulan. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perbaikan geometri jalan seperti pelebaran lebar jalan angkut, menurunkan kemiringan jalan yang tidak sesuai dengan standar, pembuatan *superelevasi* dan *cross slope* untuk dapat menentukan *rimpull* agar mendapatkan perhitungan teoritis estimasi *cycle time* dan produksi alat angkut setelah dilakukannya perbaikan jalan sehingga target produksi dapat tercapai. Pada kondisi geometri jalan aktual atau sebelum perbaikan diperoleh *cycle time* sebesar 6,74 menit dan produktivitas alat angkut Hino 500 FM 260 sebesar 130.787,96 BCM/Bulan. Setelah dilakukan perbaikan geometri jalan, dengan menggunakan analisis *rimpull* dapat diestimasi *cycle time* mengecil menjadi 5,68 menit dan produktivitas alat angkut Hino 500 FM 260 meningkat menjadi 155.195,58 BCM/Bulan. Sehingga produktivitas alat angkut meningkat sebesar 18,7%.

Kata kunci: Geometri, jalan, produksi, *overburden*.

### ABSTRACT

PT. Bara Prima Pratama is a company engaged in coal mining located in Selensen Village, Kemuning District, Indragiri Hilir Regency, Riau Province. The condition of the haul road geometry of PT. Bara Prima Pratama still has several sections or road segments that are not ideal, this affects *overburden* production activities so that the predetermined production target is not achieved, namely 150,000 BCM/Month. The purpose of this study is to improve road geometry such as widening the width of the haul road, reducing the slope of the road that is not in accordance with the standard, making *superelevation* and *cross slope* to be able to determine the *rimpull* in order to get a theoretical calculation of the estimated *cycle time* and production of transportation equipment after road repairs are carried out so that the target production can be achieved. In the actual road geometry conditions or before the repair, the *cycle time* is 6.74 minutes and the productivity of Hino 500 FM 260 is 130,787.96 BCM/Month. After repairing the geometry of the road, using *rimpull* analysis it can be estimated that the *cycle time* decreases to 5.68 minutes and the productivity of the Hino 500 FM 260 conveyance increases to 155,195.58 BCM/Month. So that the productivity of transportation equipment increased by 18.7%.

Keyword : Geometry, road, production, *overburden*.

### 1. PENDAHULUAN

PT. Bara Prima Pratama merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batubara yang dimana secara administratif terletak di Desa Selensen, Kecamatan Kemuning, Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. Penambangan batubara PT. Bara Prima Pratama dilakukan dengan sistem tambang terbuka (*Open Pit*). Tahapan kegiatan penambangan yang dilakukan diantaranya adalah: pembersihan lahan, pengupasan tanah pucuk (*top soil*), pengupasan tanah penutup (*overburden*), kegiatan penggalian atau pembongkaran, pemuatan, pengangkutan, dan reklamasi. Salah satu kegiatan penambangan yang dapat mempengaruhi produksi adalah proses pengangkutan[1]. Dalam operasional penambangan, jalan angkut harus diperhatikan dengan baik sesuai dengan standart. Tujuannya karena jalan angkut memiliki kontribusi utama untuk mendukung kelancaran kegiatan operasional penambangan. Jalan angkut yang baik tentunya dapat mendukung kinerja alat angkut yang melaluinya. Jika geometri jalannya sudah sesuai standart atau ideal, hal ini tentunya dapat memberikan kontribusi yang besar untuk waktu tempuh dan kecepatan alat angkut yang akan berdampak pada peningkatan produktivitas dari alat angkut itu sendiri [2]. Namun terdapat beberapa segmen jalan angkut dari *front* menuju *disposal* PT. Bara Prima Pratama belum sesuai dengan standart, seperti memiliki lebar jalan yang sempit dan memiliki tanjakan yang curam, sehingga alat

angkutan tidak bisa beroperasi secara optimal dan menyebabkan besarnya nilai *cycle time* khususnya nilai *travel time* alat angkut. Besarnya nilai *travel time* alat angkut dapat menyebabkan turunnya produktivitas alat angkut serta berdampak pada tidak tercapainya target produksi *overburden* yang telah ditentukan perusahaan yaitu sebesar 150.000 BCM/Bulan.

## 2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan yaitu metode kuantitatif dengan jenis penelitian evaluasi.

### Pengolahan data

Dilakukan dengan mengolah data-data yang telah diperoleh kemudian dikelompokkan sesuai dengan kegunaannya untuk lebih memudahkan dalam penganalisaan.

- Perhitungan geometri jalan ideal berdasarkan spesifikasi alat angkut. Disini akan dibahas tentang data primer geometri jalan angkut yang telah diukur yang selanjutnya akan dihitung menggunakan rumus yang akhirnya akan didapatkan geometri jalan ideal yang berguna untuk melakukan analisis perbaikan geometri jalan dan peningkatan produktivitas.
- Pengolahan data selanjutnya mengenai perhitungan produktivitas alat angkut yang didapat dari data primer yaitu data *cycle time* yang diamati secara aktual dilapangan sehingga didapatkan produktivitas aktual.
- Perhitungan *total resistance* yang membahas mengenai *rolling resistance* dan *grade resistance* pada jalan angkut.

### Analisis data

Dilakukan terhadap hasil pengolahan data dengan cara mengkorelasikan hasil pengolahan data dengan permasalahan yang diteliti.

- Analisis perbaikan geometri jalan  
Analisis ini dilakukan setelah didapatkan perhitungan geometri jalan ideal sesuai alat angkut terbesar yang melintasi jalan yang telah diteliti dengan berpatokan spesifikasi alat angkut itu sendiri terhadap geometri jalan tersebut sehingga dapat menganalisis mengenai perbaikan geometri jalan.
- Analisis peningkatan produktivitas  
Analisis ini dilakukan setelah perhitungan mengenai geometri jalan angkut secara aktual dilapangan sehingga didapatkan geometri jalan angkut yang sesuai yang berguna untuk acuan dalam peningkatan produktivitas alat angkut. Kemudian dianalisis menggunakan analisis rimpull dan dilakukan simulasi berdasarkan perhitungan *total resistance* yang berguna untuk meningkatkan kecepatan alat angkut sehingga waktu tempuh dapat berkurang dan produktivitas alat angkut dapat tercapai sesuai target perusahaan. Apabila hasil Analisa ini tercapai sesuai dengan target produktivitas terhadap data *plan* perusahaan maka langkah selanjutnya akan dilakukan pemberian kesimpulan dan rekomendasi terhadap perusahaan. Namun apabila tidak tercapai maka peneliti akan membahas mengenai pengolahan data perhitungan geometri jalan ideal berdasarkan spesifikasi alat angkut dan perhitungan kecepatan terencana. Dengan membandingkan parameter apa saja yang berpengaruh dan melakukan simulasi ulang sehingga dapat dilakukannya perbaikan demi tercapainya target produktivitas.

### 3.1. Geometri Jalan Angkut

Geometri jalan merupakan bagian dari perencanaan yang lebih ditekankan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas yang beroperasi di atasnya. Fungsi utama jalan angkut secara umum adalah untuk menunjang kelancaran operasi penambangan terutama dalam kegiatan pengangkutan [2].

#### A. Lebar Jalan

Perhitungan lebar jalan tambang didasarkan pada lebar kendaraan terbesar yang dioperasikan. Semakin lebar jalan yang digunakan maka operasi pengangkutan akan semakin aman dan lancar. Lebar jalan tambang terdiri dari 2 kategori, yaitu lebar jalan pada jalan lurus dan lebar jalan pada tikungan [3].

##### 1. Lebar Jalan pada Jalan Lurus

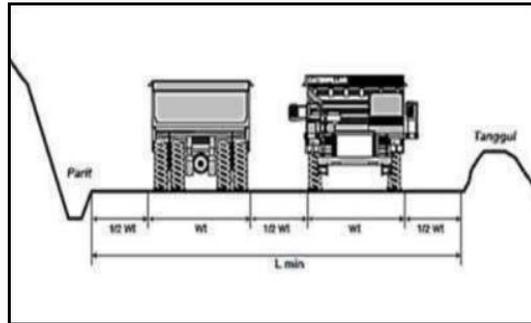
Penentuan lebar jalan lurus didasarkan pada rule of thumb yang dikemukakan oleh "American Association of State Transportation Highway Officials (AASHTO)" dalam buku *Manual Rural Highway Design* yaitu jumlah jalur dikali dengan lebar alat angkut ditambah setengah lebar alat angkut untuk masing-masing tepi kiri dan kanan, dan jarak antara dua alat angkut yang sedang bersilangan [3].

$L_{min} = n \times W_t + (n + 1) \times (1/2 \times W_t)$ . (3.1) Keterangan:

$L_{min}$  = Lebar jalan minimum (m)

$n$  = Jumlah jalur

$W_t$  = lebar alat angkut total (m)



Gambar 3.1 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Pada Jalan Lurus [3]

## 2. Lebar Jalan pada Tikungan

Lebar jalan ini akan memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan jalan pada kondisi lurus. Hal tersebut terjadi karena ruang gerak kendaraan yang melebar akibat jejak ban depan dan belakang. Selain itu lebar jalan pada belokan juga didasari atas beberapa faktor, yaitu lebar jantai alat angkut atau kendaraan saat bersimpangan dan jarak dari kedua tepi jalan. Untuk menghitung lebar minimum pada belokan [3].

Rumus yang digunakan adalah :

$$W_{min} = n (U + F_a + F_b + Z) + C \dots\dots\dots(3.2)$$

$$C = Z = 1/2 (U + F_a + F_b) \dots\dots\dots(3.3)$$

Keterangan:

$W_{min}$  = Lebar jalan angkut pada tikungan (m)

$U$  = Lebar jejak roda (m)

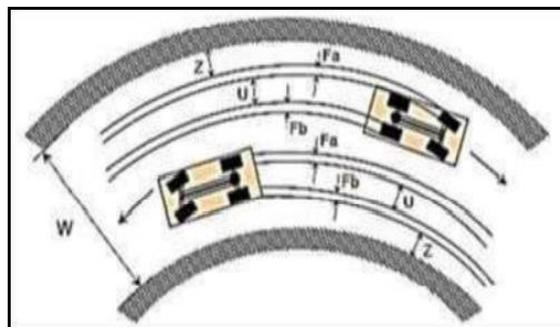
$n$  = Jumlah jalur

$F_a$  = Lebar jantai depan (m)

$F_b$  = Lebarjantai belakang (m)

$Z$  = Lebar bagian tepi jalan (m)

$C$  = Jarak alat angkut saat bersimpangan (m)



Gambar 3.2 Lebar Jalan Angkut Dua Jalur Pada Jalan Tikungan [3]

## B. *Superelevasi*

*Superelevasi* merupakan kemiringan jalan pada tikungan yang terbentuk oleh batas antara tepi jalan terluar dengan tepi jalan terdalam karena perbedaan ketinggian. Untuk menghitung nilai *superelevasi* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan dibawah ini, jika hanya ditinjau oleh gaya sentrifugal saja dan faktor gesekan [4].

$$e + f = \frac{v^2}{127 R} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan :

$e$  = *superelevasi*

$f$  = koefisien gesekan melintang

$R$  = radius belokan (m)

C. Kemiringan Jalan (*Grade*)

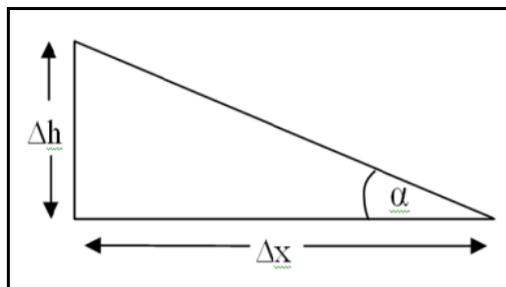
Kemiringan atau (*grade*) jalan angkut merupakan satu faktor penting yang harus diamati secara detail dalam kegiatan kajian terhadap kondisi jalan angkut tambang. Hal ini dikarenakan kemiringan jalan angkut berhubungan langsung dengan kemampuan alat angkut, baik dari pengereman maupun dalam mengatasi tanjakan. Besarnya kemiringan jalan angkut dinyatakan dalam persen (%). Dalam pengertiannya, kemiringan ( $\alpha$ ) 1% berarti jalan tersebut naik atau turun 1 m atau 1 ft untuk setiap jarak mendatar sebesar 100 m atau 100 ft [4]. Kemiringan (*grade*) jalan angkut dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut [5]:

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan:

$\Delta h$  = Beda titik antara dua titik yang diukur

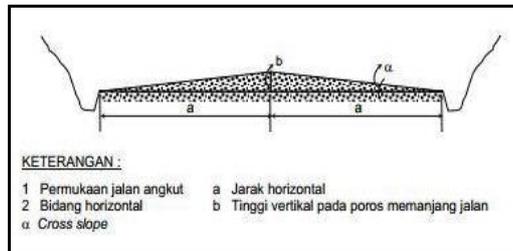
$\Delta x$  = Jarak datar antara dua titik yang diukur



Gambar 3.3 Kemiringan Jalan Angkut [6]

D. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

*Cross Slope* merupakan sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Jalan angkut umumnya memiliki bentuk penampang melintang cembung, hal tersebut bertujuan untuk memperlancar penyaliran di jalan angkut sehingga apabila hujan turun, air yang ada di permukaan jalan akan segera mengalir menuju tepi jalan [2].



Gambar 3.4 Penampang Melintang Jalan Angkut [3]

3.2. *Rolling Resistance*

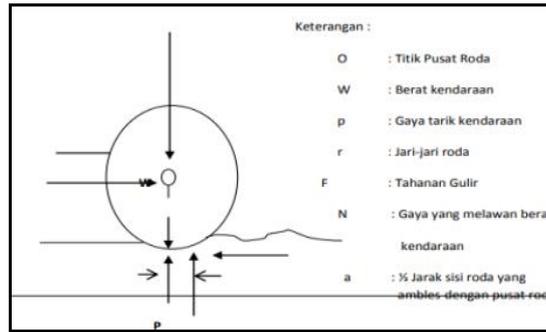
*Rolling resistance* merupakan tahanan gelinding/gulir yang terdapat pada roda yang sedang bergerak akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan tanah yang arahnya selalu berlawanan. Secara teoritis nilai dari tahanan gelinding dapat ditentukan dengan persamaan berikut [7]:

$$RR = CRR \times \text{Berat Kendaraan Beroda} \dots\dots(3.6)$$

Dimana :

RR = *Rolling resistance* (lb/ton)

CRR = Koefisien Tahanan Guling



Gambar 3.5 Tahanan Gulir Ban Terhadap Permukaan Jalan [7]

Untuk menentukan nilai tahanan gulir adalah sulit untuk dilakukan karena sebenarnya jenis dan tekanan ban serta kecepatan kendaraan ikut mempengaruhi harga *rolling resistance*, jadi nilai *rolling resistance* ditentukan dalam persen berat [7], seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 3.1 Nilai RR untuk Ban Karet [7]

KONDISI JALAN ANGKUT	RR Untuk Ban Karet lb/ton
Jalan keras dan licin	40
Jalan yang diaspal	45 – 60
Jalan keras dengan permukaan terpelihara baik	45 – 70
Jalan yang sedang diperbaiki dan terpelihara	85 – 100
Jalan yang kurang terpelihara	85 – 120
Jalan berlumpur dan tidak terpelihara	165 – 210
Jalan berpasir dan berkerikil	240 – 275
Jalan berlumpur dan sangat lunak	290 – 370

**3.3. Grade Resistance**

Tahanan kemiringan (*grade resistance*) ialah besarnya gaya berat yang melawan atau membantu gerak kendaraan karena kemiringan jalur jalan yang dilaluinya. Besarnya GR tergantung pada kemiringan jalan (%) dan berat kendaraan tersebut (ton). Besarnya GR dinyatakan rata-rata 20 lb dari rimpul untuk setiap gross berat kendaraan beserta isinya pada setiap kemiringan 1 % [8].

**3.4. Rimpull**

*Rimpull* merupakan besarnya kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin atau alat tersebut kepada permukaan roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalan angkut. *Rimpull* yang tersedia untuk masing-masing *gear* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut [8]:

$$Rimpull = \frac{HP \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{Kecepatan (mph)}} \dots\dots(3.7)$$

Keterangan:

HP = *Horse Power*

**3.5. Produktivitas Alat Angkut**

Produktivitas alat angkut dalam hal ini tidak dapat dipengaruhi oleh banyaknya trip atau lintasan yang dapat dicapai oleh alat angkut tersebut persatuan waktu. Banyaknya trip dipengaruhi oleh waktu edar dan efesiensi kerja alat. Produktivitas alat angkut dapat diketahui dengan menggunakan persamaan [9]:

$$Qa = (60/CTa) \times Na \times Cm \times Fp \times Sf \times E \dots\dots(3.8)$$

Keterangan:

Qa = produksi alat angkut (BCM/jam)

CTa = Waktu edar alat angkut (menit)

Na = Jumlah pengisian alat muat

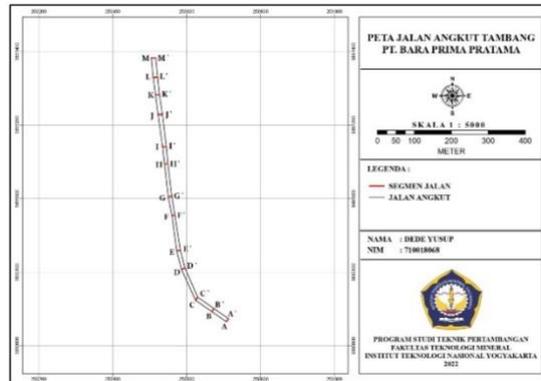
Cm = Kapasitas baku mangkuk (m<sup>3</sup>)

Fp = Faktor pengisian (%)  
 Sf = Swell Factor  
 E = Efisiensi kerja (%)

### 3. HASIL DAN ANALISIS

#### 3.1. Geometri Jalan Angkut

Jalan angkut yang digunakan dalam pengangkutan material *overburden* dari *front* menuju *disposal* berjarak 772 m yang dibagi menjadi 13 segmen.



Gambar 3.1 Peta Jalan Angkut

#### A. Lebar Jalan

Penentuan lebar jalan alat angkut tambang didasarkan pada unit alat angkut yang memiliki dimensi paling besar yaitu Hino 500 FM 260 JD.

##### 1. Lebar Jalan pada Jalan Lurus

$$\begin{aligned} L_{\min} &= n \cdot W_t + (n+1) (1/2 \times W_t) \\ &= 2 \cdot (2,5 \text{ m}) + (2+1) (1/2 \times 2,5 \text{ m}) \\ &= 5 \text{ m} + 3,75 \text{ m} \\ &= 8,75 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi lebar minimum jalan angkut pada kondisi lurus adalah 8,75 m

##### 2. Lebar Jalan pada Tikungan

$$\begin{aligned} F_a &= A_d \times \sin\theta \\ &= 1,255 \text{ m} \times \sin 65^\circ \\ &= 1,137 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_b &= A_b \times \sin\theta \\ &= 1,650 \text{ m} \times \sin 65^\circ \\ &= 1,495 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C=Z &= 1/2(1,855 \text{ m} + 1,137 \text{ m} + 1,495 \text{ m}) \\ &= 1/2(4,487 \text{ m}) \\ &= 2,244 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka lebar minimal jalan angkut pada tikungan :

$$\begin{aligned} W_{\min} &= 2(1,855+1,137+1,495+2,244)+2,244 \\ &= 13,462 \text{ m} + 2,244 \text{ m} \\ &= 15,70 \text{ m} \end{aligned}$$

Jadi lebar minimum jalan angkut pada kondisi tikungan adalah 15,70 m.

Data kemiringan jalan sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 3.1. Lebar jalan yang belum ideal perlu dilakukan penambahan lebar agar mencapai lebar minimum atau ideal.

Tabel 3.1 Lebar Jalan Aktual dan Perbaikan

Segmen	Lajur	Kondisi	Lebar (m)	Lebar Minimum (m)	Penambahan Lebar (m)	Hasil Perbaikan Lebar Jalan (m)
A-A'	2	Lurus	8,5	8,75	0,25	8,75
B-B'	2	Lurus	10,8	8,75	-	10,8
C-C'	2	Tikungan	11,6	15,7	4,1	15,7
D-D'	2	Lurus	12,8	8,75	-	12,8
E-E'	2	Lurus	12,5	8,75	-	12,5
F-F'	2	Lurus	10,3	8,75	-	10,3
G-G'	2	Lurus	9,2	8,75	-	9,2
H-H'	2	Lurus	11,4	8,75	-	11,4
I-I'	2	Lurus	10,1	8,75	-	10,1
J-J'	2	Lurus	7,8	8,75	0,95	8,75
K-K'	2	Lurus	10,6	8,75	-	10,6
L-L'	2	Lurus	11,8	8,75	-	11,8
M-M'	2	Lurus	11,9	8,75	-	11,9

### B. *Superelevasi*

*Superelevasi* rekomendasi yaitu 4%. Data *cross slope* sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 *Superelevasi* Aktual dan Perbaikan

Segmen	<i>Superelevasi</i> Aktual (m/m)	<i>Superelevasi</i> Perbaikan (m/m)
C-C'	0,0690	0,0401

### C. Kemiringan Jalan (*Grade*)

*Grade* jalan angkut memiliki nilai standart yaitu tidak melebihi 8%. *Grade* yang lebih dari 8% perlu dilakukan perbaikan dengan menaikkan atau menurunkan elevasi agar *grade* tidak lebih dari 8%. Data kemiringan jalan sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 *Grade* Aktual dan Perbaikan

Segmen	<i>Grade</i> (%)		Keterangan
	Sebelum Perbaikan	Sesudah Perbaikan	
A-B	6,9	4,4	Tanjakan
B-C	9,5	8,0	Tanjakan
C-D	9,3	8,0	Tanjakan
D-E	6,8	4,6	Tanjakan
E-F	-2,8	-0,2	Turunan
F-G	-4,9	-4,0	Turunan
G-H	0,9	0,3	Tanjakan
H-I	-2,6	-2,6	Turunan
I-J	-1,3	-1,8	Turunan
J-K	-5,0	-4,0	Turunan
K-L	-3,9	-3,9	Turunan
L-M	-0,6	-0,6	Turunan

### D. Kemiringan Melintang (*Cross Slope*)

*Cross Slope* rekomendasi yaitu 4%. Data *cross slope* sebelum dan setelah perbaikan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.4 *Cross Slope* Aktual dan Perbaikan

Segmen	Cross Slope Aktual (%)		Cross Slope Perbaikan (%)	
	Kiri	Kanan	Kiri	Kanan
A-A'	-4,7	4,7	4,0	4,0
B-B'	-1,9	1,9	4,0	4,0
D-D'	-6,3	-6,3	4,0	4,0
E-E'	-3,2	6,4	4,0	4,0
F-F'	1,9	-1,9	4,0	4,0
G-G'	4,3	2,2	4,0	4,0
H-H'	5,3	1,8	4,0	4,0
I-I'	-4,0	5,9	4,0	4,0
J-J'	5,1	-5,1	4,0	4,0
K-K'	-5,7	1,9	4,0	4,0
L-L'	-1,7	-3,4	4,0	4,0
M-M'	3,4	-3,4	4,0	4,0

**3.2. Rolling Resistance**

Setelah perbaikan jalan yang ditandai dengan permukaan jalan angkut produksi terpelihara, lebar jalan memenuhi syarat lebar minimal jalan angkut, drainase berfungsi dengan baik dan dilakukan *maintenance* jalan secara intensif sehingga harga *rolling resistance*-nya diasumsikan sebesar 70 lb/ton, yaitu kriteria jalan keras dengan permukaan yang terpelihara baik. Karena setiap alat yang mengalami percepatan akan mendapatkan *rolling resistance* tambahan sebesar 20 lb/ton, sehingga untuk kondisi setelah perbaikan jalan, *rolling resistance* totalnya adalah 90 lb/ton.

**3.3. Grade Resistance**

Untuk menentukan nilai setelah perbaikan jalan, maka digunakan kemiringan jalan yang sudah sesuai dengan standar, yaitu 8%. Harga *grade resistance* yaitu 20 lb/ton untuk setiap persen kemiringannya.

**3.4. Rimpull**

- Analisis *Rimpull*
- Kekuatan mesin = 257,4 HP
- Effisiensi mekanis = 83 %
- Rolling resistance* = 70 lb/ton
- Coefficient of traction* = 50%
- Berat *truck* kosong = 6.610 Kg = 6,61 ton
- Berat muatan = 15.500 Kg = 15,5 ton
- Beban yang diterima (bermuatan) = 72,72 %
- Beban yang diterima (kosongan) = 53,84%

$$Rimpull = \frac{257,4 \times 375 \times 83\%}{9,07} = 8833,05 \text{ lb}$$

Tabel 3.6 Kecepatan dan *Rimpull* yang Tersedia

Gear	Kecepatan (mph)	Kec (km/jam)	HP	Eff. Mekanis	Rimpull (lb)	Rimpull (kg)
1	9,07	14,59	257,4	0,83	8833,05	4010,204
2	12,75	20,51	257,4	0,83	6283,59	2852,749
3	17,25	27,76	257,4	0,83	4644,39	2108,554
4	23,03	37,06	257,4	0,83	3478,76	1579,355
5	31,56	50,78	257,4	0,83	2538,52	1152,489
6	44,36	71,38	257,4	0,83	1806,04	819,9403
7	60,01	96,56	257,4	0,83	1335,04	606,1082
8	80,11	128,90	257,4	0,83	1000,07	454,0326

A. Waktu Tempuh Bermuatan

Berat total = berat kosong + berat muatan  
 = 6.610 Kg + 15.500 Kg  
 = 22.110 Kg = 48744,206 lb

Roda penggerak sanggup menerima *rimpull* sebesar :  
 = 48744,206 lb x 50% x 72,72%  
 = 17.547,91 lb

*Rimpull* yang tersedia pada gear 1 sebesar 8.833,05 lb, jadi *dump truck* dapat bergerak pada gear 1.

Segmen A-B (jarak 0,048 km, grade 4,4 %)

*Rimpull* untuk mengatasi *rolling resistance* (RR) dan percepatan (a)

$$= (70 + 20) \text{ lb/ton} \times 22,11 \text{ ton}$$

$$= 1989,9 \text{ lb}$$

*Rimpull* untuk mengatasi *grade resistance* (GR)

$$= 20 \text{ lb/ton} \times (0,044) \times 22,11 \text{ ton}$$

$$= 1939,113 \text{ lb}$$

Jadi, total *rimpull* yang dibutuhkan adalah: 1989,9 lb + 1939,113 lb = 3929,113 lb. Dengan demikian, *dump truck* dapat bergerak menggunakan *gear* 3 dengan kecepatan 27,76 km/jam. Sehingga diperoleh waktu tempuh pada segmen A-B yaitu:

$$\text{Waktu} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan}} = \frac{0,048 \text{ km}}{27,76 \text{ km/jam}}$$

$$= 0,00173 \text{ jam}$$

$$= 0,104 \text{ menit}$$

Tabel 3.7 Analisis *Rimpull* Alat Angkut Bermuatan

No	Segmen	Jarak		Grade (%)	BERMUATAN			Gear	Kecepatan (km/jam)	Waktu	
		m	km		RP untuk RR dan a (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpull (lb)			jam	menit
1	A-B	48	0,048	4,4	1989,9	1939,213	3929,113	3	27,76	0,00173	0,104
2	B-C	54	0,054	8,0	1989,9	3537,032	5526,932	2	20,51	0,00263	0,158
3	C-D	92	0,092	8,0	1989,9	3523,833	5513,733	2	20,51	0,00449	0,269
4	D-E	50	0,050	4,6	1989,9	2038,839	4028,739	3	27,76	0,00180	0,108
5	E-F	96	0,096	-0,2	1989,9	-92,1615	1897,739	5	30	0,00320	0,192
6	F-G	53	0,053	-4,0	1989,9	-1754,23	235,6747	8	30	0,00177	0,106
7	G-H	89	0,089	0,3	1989,9	149,0622	2138,962	5	30	0,00297	0,178
8	H-I	47	0,047	-2,6	1989,9	-1129,39	860,5106	8	30	0,00157	0,094
9	I-J	95	0,095	-1,8	1989,9	-791,368	1198,532	7	30	0,00317	0,190
10	J-K	52	0,052	-4,0	1989,9	-1788,04	201,8559	8	30	0,00173	0,104
11	K-L	49	0,049	-3,9	1989,9	-1715,94	273,9565	8	30	0,00163	0,098
12	L-M	47	0,047	0,6	1989,9	282,2611	2272,161	5	30	0,00157	0,094
Total Waktu										0,02825	1,695

Jadi, berdasarkan analisis *rimpull* untuk alat angkut *dump truck* Hino 500 FM 260 JD didapatkan estimasi waktu tempuh dari *front* menuju *disposal* dalam keadaan kosong adalah 1,695 menit.

#### B. Waktu Tempuh Kosongan

Berat kosong = 6.610 Kg

$$= 14.572,406 \text{ lb}$$

Roda penggerak sanggup menerima *rimpull* sebesar :

$$= 14.572,406 \text{ lb} \times 50\% \times 53,84\%$$

$$= 3.922,89 \text{ lb}$$

*Rimpull* yang tersedia pada *gear* 1 sebesar 8.833,05 lb, jadi *dump truck* dapat bergerak pada *gear* 1.

Segmen M-L (jarak 0,047 km, grade 0,6 %)

*Rimpull* untuk mengatasi *rolling resistance* (RR) dan percepatan (a)

$$= (70 + 20) \text{ lb/ton} \times 6,61 \text{ ton}$$

$$= 594,9 \text{ lb}$$

*Rimpull* untuk mengatasi *grade resistance* (GR)

$$= 20 \text{ lb/ton} \times (0,06) \times 6,61 \text{ ton}$$

$$= 84,3847 \text{ lb}$$

Jadi, total *rimpull* yang dibutuhkan adalah: 594,9 lb + 84,3847 lb = 679,2847 lb. Dengan demikian, *dump truck* dapat bergerak menggunakan *gear* 8 dengan kecepatan 30 km/jam. Sehingga diperoleh waktu tempuh pada segmen M-L yaitu:

$$\text{Waktu} = \frac{\text{Jarak}}{\text{Kecepatan}} = \frac{0,047 \text{ km}}{30 \text{ km/jam}}$$

$$= 0,00157 \text{ jam}$$

$$= 0,094 \text{ menit}$$

Tabel 3.8 Analisis *Rimpull* Alat Angkut Kosongan

No	Segmen	Jarak		Grade (%)	RP untuk RR dan a (lb)	RP untuk GR (lb)	Total Rimpull (lb)	Gear	Kecepatan (km/jam)	Waktu	
		m	km							jam	menit
		1	M-L							47	0,047
2	L-K	49	0,049	-3,9	594,9	-512,998	81,90195	8	30,00	0,00163	0,098
3	K-J	52	0,052	-4,0	594,9	-534,553	60,34677	8	30,00	0,00173	0,104
4	J-I	95	0,095	-1,8	594,9	-236,587	358,3127	8	30,00	0,00317	0,190
5	I-H	47	0,047	-2,6	594,9	-337,642	257,258	8	30,00	0,00157	0,094
6	H-G	89	0,089	0,3	594,9	44,5636	639,4636	8	30,00	0,00297	0,178
7	G-F	53	0,053	-4,0	594,9	-524,443	70,45725	8	30,00	0,00177	0,106
8	F-E	96	0,096	-0,2	594,9	-27,5526	567,3474	8	30,00	0,00320	0,192
9	E-D	50	0,050	4,6	594,9	609,5309	1204,431	7	30,00	0,00167	0,100
10	D-C	92	0,092	8,0	594,9	1053,484	1648,384	6	30,00	0,00307	0,184
11	C-B	54	0,054	8,0	594,9	1057,43	1652,33	6	30,00	0,00180	0,108
12	B-A	48	0,048	4,4	594,9	579,7467	1174,647	7	30,00	0,00160	0,096
Total Waktu										0,02573	1,544

Jadi, berdasarkan analisis *rimpull* untuk alat angkut *dump truck* Hino 500 FM 260 JD didapatkan estimasi waktu tempuh dari *disposal* menuju *front* dalam keadaan kosong adalah 1,544 menit.

**3.5. Produktivitas Alat Angkut**

**A. Produktivitas Sebelum Perbaikan**

Perhitungan produksi aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* dan efisiensi kerja alat angkut di lapangan. *Cycle time* aktual alat angkut *dump truck* Hino 500 FM 260 JD dapat dilihat pada berikut:

Tabel 3.9 *Cycle Time* Aktual

Waktu Tetap (menit)				Waktu Travel (menit)		Cycle Time (menit)
Loading	Manufer Dumping	Dumping	Manufer Loading	Kosong	Muatan	
1,34	0,43	0,26	0,39	1,72	2,62	6,74

Berikut perhitungan produktivitas aktual *dump truck* Hino 500 FM 260 JD sebelum perbaikan jalan.

$$\begin{aligned}
 Ca &= n \times Cm \times Fp \\
 &= 5 \times 1,75 \times 0,957 \\
 &= 8,374 \\
 \text{Swell factor} &= 0,76 \\
 \text{Efisiensi kerja} &= 81 \% \\
 \text{Waktu edar} &= 6,74 \text{ menit} \\
 \\ 
 Qa &= (60/CTa) \times Na \times Ca \times Sf \times E \\
 &= (60/6,74) \times 5 \times 8,374 \times 0,76 \times 0,81 \\
 &= 229,45 \text{ BCM/Jam} \\
 &= 229,45 \text{ BCM/Jam} \times 570 \text{ Jam/Bulan} \\
 &= 130.787,96 \text{ BCM/Bulan}
 \end{aligned}$$

**B. Produktivitas Sesudah Perbaikan**

Simulasi perbaikan kondisi jalan digunakan untuk memperkirakan produksi teoritis dari alat angkut. Dari hasil perhitungan analisis *rimpull* pada tabel 7 dan tabel 8 diperoleh waktu tempuh total setelah perbaikan jalan. Maka diperoleh estimasi *cycle time* teoritis alat angkut setelah perbaikan jalan pada tabel berikut:

Tabel 3.10 *Cycle Time* Sesudah Perbaikan

Waktu Tetap (menit)				Waktu Travel (menit)		Cycle Time (menit)
Loading	Manufer Dumping	Dumping	Manufer Loading	Kosong	Muatan	
1,34	0,43	0,26	0,39	1,544	1,695	5,68

Berdasarkan estimasi *cycle time* teoritis dengan geometri jalan ideal, berikut perhitungan estimasi produktivitas *dump truck* Hino 500 FM 260 JD sesudah perbaikan jalan.

$$\begin{aligned}
 Ca &= n \times Cm \times Fp \\
 &= 5 \times 1,75 \times 0,957 \\
 &= 8,374 \\
 \text{Swell factor} &= 0,76 \\
 \text{Efisiensi kerja} &= 81 \%
 \end{aligned}$$

Waktu edar = 5,68 menit

$$\begin{aligned}
 Qa &= (60/CTa) \times Na \times Ca \times Sf \times E \\
 &= (60/5,68) \times 5 \times 8,374 \times 0,76 \times 0,81 \\
 &= 272,27 \text{ BCM/Jam} \\
 &= 272,27 \text{ BCM/Jam} \times 570 \text{ Jam/Bulan} \\
 &= 155.195,58 \text{ BCM/Bulan}
 \end{aligned}$$

#### C. Perbandingan Produktivitas Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Berdasarkan hasil perhitungan maka diperoleh produktivitas sebelum perbaikan sebesar 130.787,96 BCM/Bulan. Dan produktivitas sesudah perbaikan sebesar 155.195,58 BCM/Bulan. Berikut perbandingan produktivitas sebelum dan sesudah adanya perbaikan jalan terdapat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3.11 Perbandingan Produktivitas Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Produktivitas Sebelum Perbaikan (BCM/Bulan)	Produktivitas Sesudah Perbaikan (BCM/Bulan)	Peningkatan	
		BCM/Bulan	%
130.787,96	155.195,58	24.407,61	18,7

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dibahas maka dapat diambil kesimpulan yaitu, untuk lebar jalan lurus dan tikungan terdapat beberapa segmen jalan yang tidak sesuai dengan lebar minimum yaitu 8,75 meter untuk jalan lurus dan 15,7 meter untuk jalan tikungan. Lebar aktual pada segmen A-A' pada jalan lurus adalah 8,5 meter, sehingga perlu dilakukan penambahan lebar jalan sebesar 0,25 meter untuk mencapai lebar jalan angkut yang ideal. Lebar aktual pada segmen C-C' pada jalan tikungan adalah 11,6 meter, sehingga perlu dilakukan penambahan lebar jalan sebesar 4,1 meter untuk mencapai lebar jalan angkut yang ideal. Lebar aktual pada segmen J-J' pada jalan lurus adalah 7,8 meter, sehingga perlu dilakukan penambahan lebar jalan sebesar 0,95 meter untuk mencapai lebar jalan angkut yang ideal. Untuk *superelevasi* aktual pada segmen C-C' didapatkan sebesar 0,0690 m/m. Berdasarkan standar *superelevasi* yang diizinkan oleh perusahaan adalah 0,04 atau 4%, maka diperlukan penambahan ketinggian di tepi terluar tikungan pada titik C sebesar 0,17 m atau 17 cm agar *superelevasi* menjadi ideal. Untuk kemiringan jalan (*grade*) aktual terdapat segmen yang belum sesuai standar yaitu pada segmen B-C dan C-D, sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan cara menaikkan atau menurunkan elevasi sehingga didapatkan *grade* yang sesuai dengan standar yang ditetapkan yaitu 8%. Untuk *nilai cross slope* rekomendasi secara teoritis adalah 40 mm/m dengan lebar jalan minimum 8,75 m, maka dapat diperhitungkan beda tinggi antara tepi jalan dengan titik tengah jalan yaitu 0,175 m. Pada kondisi geometri jalan aktual atau sebelum perbaikan diperoleh *cycle time* sebesar 6,74 menit. Dan setelah perbaikan geometri jalan, dengan menggunakan analisis *rimpull* dapat diestimasi *cycle time* mengecil menjadi 5,68 menit. Sebelum adanya perbaikan geometri jalan diperoleh produktivitas alat angkut Hino 500 FM 260 sebesar 130.787,96 BCM/Bulan. Setelah dilakukan perbaikan geometri jalan, produktivitas alat angkut Hino 500 FM 260 meningkat sebesar 18,7% menjadi 155.195,58 BCM/Bulan. Sehingga target produksi *overburden* PT. Bara Prima Pratama sebesar 150.000 BCM/Bulan dapat tercapai.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT. Bara Prima Pratama yang telah memberikan kesempatan, memfasilitasi, dan membimbing peneliti sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Azwari, R. 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. 2015. *Jurnal Pertambangan*, 3(1).
- [2] Sukirman, S. *Dasar-dasar Perencanaan Geometri Jalan*. Bandung: NOVA. 1994.
- [3] Suwandhi, A. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka. Bandung: UNISBA. 2004.
- [4] Indonesianto, Y. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Yogyakarta: Teknik Pertambangan, UPN Veteran Yogyakarta. 2014.
- [5] Riyanto, T., Triantoro, A., Riswan, R., & Olla, Y. D. Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan Area Highwall. *Jurnal Himasapta*. 2019; 1(02).

- 
- [6] Putra, R. N., & Kasim, T. Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Produksi Sebagai Upaya Pencapaian Target Produksi Batubara 20000 ton/bulan di Tambang Terbuka PT. Allied Indo Coal Jaya (AICJ), Perambahan, Kecamatan Talawi, Kota Sawalunto, Sumatera Barat. *Bina Tambang*. 2019; 4(3): 77-88.
- [7] Halawa, A. Analisa Geometri Jalan Angkut Guna Meningkatkan Cycle Time Dan Produktivitas Alat Angkut Pada Kegiatan Pengupasan Overburden Dari Front Pengupasan Ke Disposal Area Pada Kegiatan Penambangan Batubara. *Jurnal Sains dan Teknologi ISTP*. 2021; 16(1): 90-103.
- [8] Prodjosumarto, P. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. 1993.
- [9] Hustrulid, W. dan Kuchta, M. *Open Pit Mine and Design*, Vol 1: Fundamentals. Rotterdam: A.A. Balkema. 2013.