

EVALUASI PENGARUH GEOMETRI JALAN ANGKUT OVERBURDEN TERHADAP PRODUKSI OHT CATERPILLAR 777D DARI PIT 1 UTARA LOADING POINT CE 7139 MENUJU IPD 1 N, PT. ADIMITRA BARATAMA NUSANTARA, SANGA-SANGA, KUTAI KARTANEGARA, KALIMANTAN TIMUR

Yoszi Mingsi Anaperta¹⁾, Muhammad Ikmal²⁾

^{1,2}Jurusan Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang
E-mail : ¹yosziperta@yahoo.co.id, ²ikmalmuhammad397@gmail.com

ABSTRACT

Overburden removal from north pit 1 at PT. Adimitra Baratama Nusantara has a production target of April 2018 of 295.044 BCM while the actual production is only 189.808 BCM. The combination of units in this location are 1 unit of excavator CATERPILLAR 6030 and 4 units of OHT CATERPILLAR 777D. Not The achievement of production monthly be foundation author research. In conducting this problem research, the authors combine the theory with field data, so that both of them obtained a problem solving approach. Evaluation of road geometry is needed to determine the rimpull in order to get a calculation of cycle time estimation and the production of hauler after road repair. Based on the calculation of the road geometry evaluation, the minimum width of each straight and bend road must be applied are 21,5 meters and 22 meters. Grade > 10% must be reduced to 10% which is the grade tolerance limit that OHT could pass. Superelevation of the bend that must be made is 121,65 cm and the cross slope that must be applied is 43 cm. The actual production achieved is 287.789,75 BCM while the estimated increase in production after road repair is 377.925,6 BCM.

Keywords: Cycle Time, OHT CATERPILLAR 777D, Overburden, Road Geometry, Production

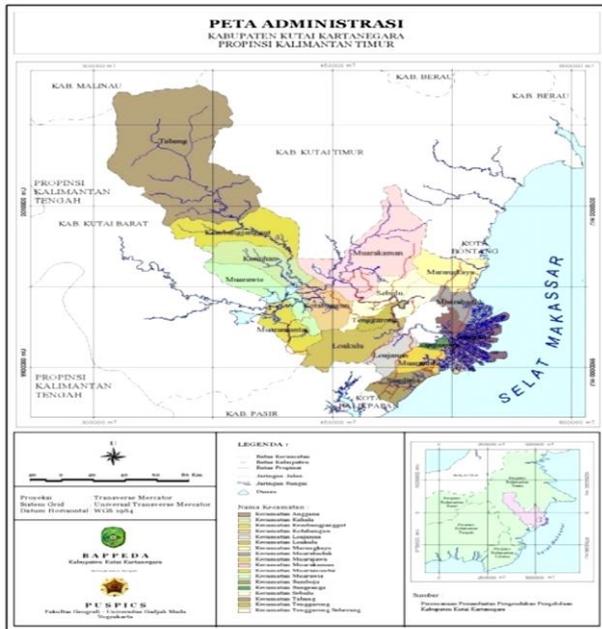
INTISARI

Kegiatan pengupasan *overburden* pit 1 utara PT. Adimitra Baratama Nusantara mempunyai target produksi bulan April 2018 sebesar 295.044 BCM sedangkan produksi aktual hanya 189.808 BCM. Kombinasi unit pada lokasi ini yaitu 1 unit *excavator* CATERPILLAR 6030 dan 4 unit OHT CATERPILLAR 777D. Tidak tercapainya produksi bulanan menjadi landasan penulis melakukan penelitian. Solusi untuk meningkatkan target produksi adalah melakukan perbaikan geometri jalan seperti pelebaran lebar jalan angkut, menurunkan kemiringan jalan yang tidak sesuai dengan standar, pembuatan *superelevation* dan *cross slope* untuk dapat menentukan *rimpull* agar mendapatkan perhitungan teoritis estimasi *cycle time* dan produksi alat angkut setelah dilakukannya perbaikan jalan. Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi geometri jalan, lebar jalan lurus dan tikungan minimal masing-masing yang harus diterapkan yaitu 21,5 meter dan 22 meter. *Grade* jalan > 10% harus diturunkan menjadi 10% yang merupakan batas toleransi *grade* yang dapat dilalui OHT. *Superelevation* tikungan yang harus dibuat adalah 121,65 cm dan *cross slope* yang harus diterapkan adalah 43 cm. Produksi aktual yang tercapai yaitu 287.789,75 BCM sedangkan estimasi peningkatan produksi setelah perbaikan jalan yaitu 377.925,6 BCM.

Kata kunci : OHT CATERPILLAR 777D, Geometri jalan, Overburden, Produksi, Waktu Edar

PENDAHULUAN

PT. Adimitra Baratama Nusantara (ABN) adalah perusahaan yang bergerak pada bidang batubara di Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur, Indonesia. Secara geografis PT. ABN berada di 02° 16' 28.0"LS sampai dengan 02° 18' 28.0" LS dangaris bujur 102° 44' 20.0" BT sampai dengan 102° 49' 15.0" BT.



Gambar 1. Letak Administratif Area KP PT. Adimitra Baratama Nusantara.

Operasi penambangan yang dilakukan di PT. Adimitra Baratama Nusantara menggunakan metode tambang terbuka/open pit. PT. Adimitra Baratama Nusantara saat ini memiliki empat lokasi utama penambangan yaitu Pit Sari, Pit 1 Utara, Pit 4, dan Pit West. Lokasi penelitian yang dilakukan penulis berada pada Pit 1 Utara, loading point CE 7139 menuju IPD 1 N (disposal). Untuk kegiatan pemuatan overburden menggunakan excavator CATERPILLAR 6030 dan kegiatan pengangkutan overburden menggunakan OHT CATERPILLAR 777D dan 773E. Sedangkan untuk kegiatan penggalian batubara menggunakan excavator CATERPILLAR 349D dan 329 flat bucket dan untuk kegiatan pengangkutan batubara menggunakan dumptruck type IVECO 380 TRAKKER.

Dari observasi dan pengamatan yang dilakukan di PT. Adimitra Baratama Nusantara ada beberapa permasalahan yang ditemukan. Berdasarkan data yang diperoleh, target produksi loading point CE 7139 pada bulan April 2018 adalah sebesar 295.044 BCM sedangkan produksi aktual hanya tercapai 189.808 BCM, sering dijumpai antrian OHT pada saat proses loading yang disebabkan kurang optimalnya kinerja

excavator dalam melakukan penggalian. Selain itu pada saat alat angkut OHT CATERPILLAR 777D berpapasan, OHT pada kondisi kosong harus memprioritaskan OHT bermuatan untuk jalan terlebih dahulu dikarenakan ada beberapa segmen lebar jalan yang sempit. Lebar jalan lurus aktual berkisar antara 15,8 meter – 20 meter sedangkan berdasarkan perhitungan yang dilakukan lebar jalan lurus minimal adalah 21,36 meter. Pada kondisi jalan tikungan ditemukan lebar jalan yang tidak ideal pada segmen C – D yaitu sebesar 20 meter sedangkan melalui perhitungan yang dilakukan seharusnya lebar tikungan minimal pada segmen tersebut adalah 22 meter. Selain itu terdapat grade jalan yang > 10% yaitu pada segmen LP – A (11%), segmen C – D (13%), dan segmen G – H (11%).

Salah satu kegiatan penambangan yang mempengaruhi produksi adalah operasi pengangkutan (hauling) yang diakibatkan oleh kondisi geometri jalan angkut tersebut yang tidak sesuai dengan standar. Jalan angkut yang memiliki grade jalan yang tinggi dan lebar jalan yang tidak ideal akan menyebabkan alat angkut tidak beroperasi secara optimal. Akibatnya target produksi overburden tidak tercapai. Berdasarkan permasalahan tersebut maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Overburden Terhadap Produksi OHT CATERPILLAR 777D dari Pit 1 Utara Loading Point CE 7139 menuju IPD 1 N PT. Adimitra Baratama Nusantara, Sangasanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur”.

PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH

Berdasarkan jenis data yang diperoleh maka jenis penelitian menggunakan penelitian kuantitatif. Penelitian ini juga terarah ke penelitian terapan (applied research). Penelitian terapan lebih menekankan pada penerapan ilmu, aplikasi ilmu, ataupun penggunaan ilmu untuk keperluan tertentu. Penelitian terapan merupakan suatu kegiatan yang sistematis dan logis dalam rangka menemukan sesuatu yang baru atau aplikasi baru dari penelitian yang telah pernah dilakukan selama ini^[1].

Tahap pengumpulan data dimulai dengan studi literatur yaitu mencari bahan-bahan pustaka yang dipakai untuk menghimpun data-data atau sumber-sumber yang berhubungan dengan topik yang diangkat dalam suatu penelitian^[2].

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^[3]. Kemudian pengambilan data lapangan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupawaktu edar alat angkut, kecepatan dan transmisi OHT CATERPILLAR 777D, pengukuran lebar jalan lurus dan tikungan, pengukuran panjang jalan total dan per-segmen, koordinat dan elevasi. Data sekunder berupa peta topografi, spesifikasi alat gali muat dan alat angkut, data target dan pencapaian produksi *overburden*.

Analisis data adalah memperkirakan atau dengan menentukan besarnya pengaruh secara kuantitatif dari beberapa kejadian terhadap beberapa kejadian lainnya, serta memperkirakan atau meramalkan kejadian lainnya. Teknik analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu dengan menggabungkan antara teori dengan data-data lapangan, sehingga didapatkan kesimpulan^[4].

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 factor penyebab masalah, tindakan perbaikan, dan evaluasi hasil^[5].

Pengolahan data dilakukan dengan mengolah data sesuai dengan teori pada literatur yang ada. Setelah mendapatkan data primer dan data sekunder, dilakukan pengolahan data dengan menggabungkan kedua data tersebut. Selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel-tabel atau rangkaian perhitungan dalam penyelesaian masalah yang ada.

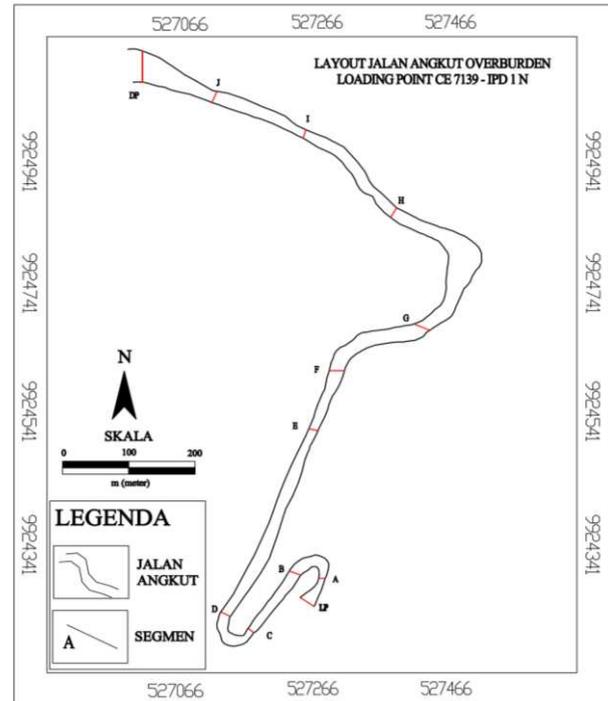
Analisis data dilakukan dengan menganalisis dan membahas sesuai dengan pengolahan data yang sudah dilakukan mengacu pada literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah. Analisis data yang dilakukan mengenai *cycle time* alat angkut OHT CATERPILLAR 777D pada kondisi aktual, geometri jalan angkut *overburden* aktual dari *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N yang meliputi lebar jalan angkut lurus dan tikungan, kemiringan jalan (*grade*), superelevasi, *cross slope*, perhitungan *rimpull* untuk mendapatkan estimasi *cycle time* alat angkut OHT CATERPILLAR 777D pada kondisi ideal sebagai upaya untuk mengestimasi peningkatan produksi dari alat angkut OHT CATERPILLAR 777D dengan kondisi geometri jalan yang sudah ideal.

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* pada *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N tercapai.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Jalan Angkut

Jalan angkut *overburden* yang digunakan untuk menganalisis geometri jalan adalah dari *loading point* CE-7139 sampai IPD 1 N (disposal). Gambar *layout* jalan angkut dapat dilihat pada gambar 2 berikut :



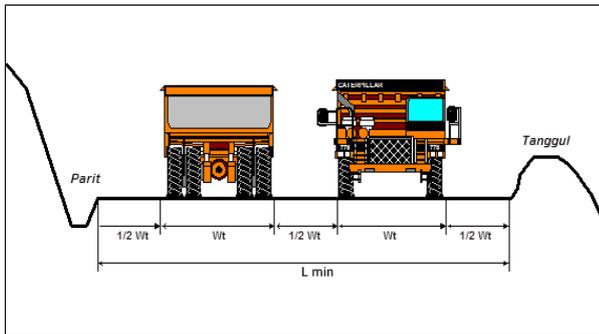
Gambar 2. *Layout* jalan angkut *overburden* *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N.

Jalan angkut ini merupakan jalan angkut dengan dua jalur. Jalan angkut tersebut dibagi menjadi 11 segmen untuk jalan lurus maupun tikungan dengan jarak tempuh dari *loading point* ke disposal ± 1.509 meter. Geometri jalan angkut yang dibahas disini meliputi lebar jalan, *grade* (kemiringan jalan), kemiringan melintang (*cross slope*) dan superelevasi. Berikut penjelasan masing-masing point tersebut:

Lebar Jalan Angkut

Lebar jalan angkut dari *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N memiliki lebar yang bervariasi. Pengukuran lebar jalan menggunakan meteran yang diukur pada masing-masing segmen. Jumlah jalur pada jalan angkut pit 1 utara adalah 2 jalur. OHT CATERPILLAR 777D merupakan unit alat angkut terbesar dengan lebar 6,105 meter yang beroperasi pada jalan angkut *overburden* menuju IPD 1 N. Perhitungan lebar jalan lurus dapat menggunakan rumus berikut :

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



Gambar 3. Lebar jalan angkut dua jalur pada jalan lurus

Dimana,

L = lebar minimal jalan angkut pada kondisi lurus (meter)

n = Jumlah jalur

Wt = Lebar alat angkut

Maka lebar jalan minimal untuk 2 jalur adalah :

$$L_{min} = 2 \times 6,105 \text{ m} + (2+1) \times (\frac{1}{2} \times 6,105) = 12,21 \text{ m} + 9,15 \text{ m} = 21,36 \text{ m}$$

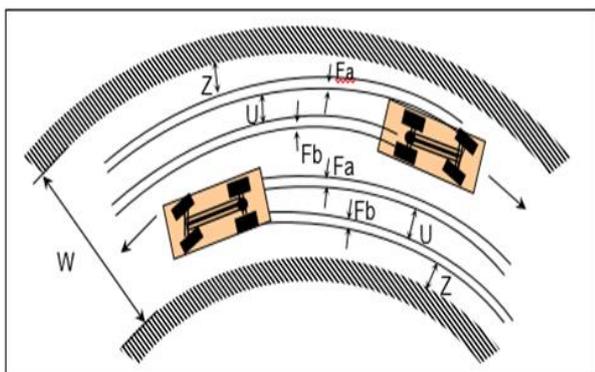
Koreksi lebar jalan lurus dan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Koreksi lebar jalan lurus

Segmen Jalan		n Jalur	Lebar Jalan Aktual (m)	Lebar Jalan minimal (m)	Penambahan Lebar (m)	Penerapan lebar jalan minimal (m)
ISI	KOSONG					
LP - A	A - LP	2	20	21,3675	1,4	21,5
B - C	C - B	2	20	21,3675	1,4	21,5
D - E	E - D	2	15,8	21,3675	5,6	21,5
E - F	F - E	2	17	21,3675	4,4	21,5
F - G	G - F	2	17,5	21,3675	3,9	21,5
H - I	I - H	2	18,5	21,3675	2,9	21,5
I - J	J - I	2	16,5	21,3675	4,9	21,5
J - DP	DP - J	2	20	21,3675	1,4	21,5

Adapun perhitungan untuk lebar jalan minimal pada tikungan adalah :

$$W_{min} = n \times (U + Fa + Fb + Z) + C \quad (2)$$



Gambar 4. Lebar jalan angkut dua jalur pada tikungan^[6]

Dimana,

Wmin : Lebar minimum jalan angkut pada tikungan (meter)

U : Lebar jejak roda (meter)

Fa : Lebar jantai (*overhang*) depan (meter)

Fb : Lebar jantai belakang (meter)

Z : Lebar bagian tepi jalan (meter) = 1/2 (U + Fa + Fb)

C : jarak antara alat angkut saat berpapasan (meter) = 1/2 (U + Fa + Fb)

Alat angkut untuk menghitung lebar jalan tikungan yaitu OHT CATERPILLAR 777D sebagai unit terbesar di jalan angkut tersebut.

Jarak sumbu roda depan dengan bagian depan (ad) : 2,19 m

Jarak sumbu roda belakang dengan bagian belakang (ab) : 3,02 m

Sudut penyimpangan roda (α) : 30,5°

Lebar jejak roda (U) : 3,57 m

Lebar jantai depan (Fa)

$$= ad \times \sin \alpha$$

$$= 2,19 \text{ m} \times \sin 30,5$$

$$= 1,11$$

Lebar jantai belakang (Fb)

$$= ab \times \sin \alpha$$

$$= 3,02 \text{ m} \times \sin 30,5$$

$$= 1,53$$

$$C = Z = \frac{U+Fa+Fb}{n} \quad (3)$$

$$C = (3,57 \text{ m} + 1,11 \text{ m} + 1,53 \text{ m}) / 2$$

$$C = 6,21 \text{ m} / 2$$

$$C = Z = 3,11 \text{ m}$$

Lebar jalan minimal untuk 1 jalur pada tikungan (Wmin)

$$W_{min} = 1 \times (3,57 \text{ m} + 1,11 \text{ m} + 1,53 \text{ m} + 3,11 \text{ m}) + 3,11 \text{ m}$$

$$W_{min} = 1 \times 9,32 \text{ m} + 3,11 \text{ m}$$

$$W_{min} = 12,43 \text{ m}$$

Lebar jalan minimal untuk 2 jalur pada tikungan (Wmin)

$$W_{min} = 2 \times (3,57 \text{ m} + 1,11 \text{ m} + 1,53 \text{ m} + 3,11 \text{ m}) + 3,11 \text{ m}$$

$$W_{min} = 2 \times 9,32 \text{ m} + 3,11 \text{ m}$$

$$W_{min} = 21,75 \text{ m}$$

Koreksi lebar jalan tikungan dapat dilihat pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Koreksi lebar jalan tikungan

Segmen Jalan		n Jalur	Lebar Jalan Aktual (m)	Lebar Jalan Minimal (m)	Penambahan Lebar (m)	Penambahan Lebar jalan minimal (m)
ISI	KOSONG					
A – B	B – A	2	24	21,75	-	-
C – D	D – C	2	20	21,75	1,75	22
G – H	H – G	1	23,5	12,43	-	-

Kemiringan Jalan (Grade)

Perhitungan untuk kemiringan jalan dapat menggunakan rumus berikut^[7] :

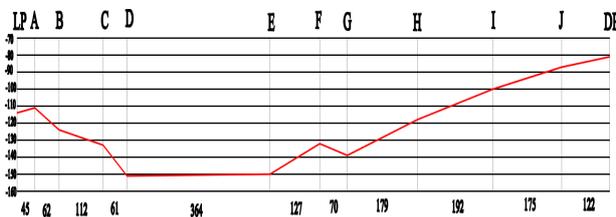
$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \quad (4)$$

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

Tabel 3. Koreksi kemiringan jalan

Segmen Jalan		Panjang Jalan (m)	Jarak Mendatar (m)	Beda Tinggi (m)	Grade (%)		Keterangan
Isi	Kosong				Isi	Kosong	
LP – A	A – LP	45	44,72	5	-11,18%	11,18%	Tidak Ideal
A – B	B – A	62	61,79	5	-8,09%	8,09%	Ideal
B – C	C – B	112	111,63	9	-8,06%	8,06%	Ideal
C – D	D – C	61	60,47	8	-13,23%	13,23%	Tidak Ideal
D – E	E – D	364	363,99	1	0,27%	-0,27%	Ideal
E – F	F – E	127	126,74	8	6,31%	-6,31%	Ideal
F – G	G – F	70	69,93	3	4,29%	-4,29%	Ideal
G – H	H – G	179	177,76	21	11,81%	-11,81%	Tidak Ideal
H – I	I – H	192	191,97	3	1,56%	-1,56%	Ideal
I – J	J – I	175	174,71	10	5,72%	-5,72%	Ideal
J – DP	DP – J	122	121,66	9	7,40%	-7,40%	Ideal

Penampang melintang jalan angkut *overburden* dapat dilihat pada gambar 5 berikut :



Gambar 5. Penampang melintang jalan angkut *overburden loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N.

Superelevasi

Untuk mendapatkan nilai superelevasi, kecepatan yang digunakan adalah kecepatan rata-rata dari alat angkut saat melewati tikungan yaitu sebesar 16,5 km/jam, sedangkan koefisien gesekan dapat menggunakan perhitungan berikut^[8] :

Untuk $V < 80$ km/jam

$$f = (-0,00065 \times V) + 0,192 \quad (5)$$

Untuk V antara 80 – 112 km/jam

$$f = (-0,00125 \times V) + 0,24 \quad (6)$$

Maka untuk harga koefisien gesekan dengan $V = 16,5$ km/jam adalah:

$$f = (-0,00065 \times 16,5) + 0,192$$

$$f = 0,18275$$

$$e + f = \frac{v^2}{127 \times R} \quad (7)$$

Nilai superelevasi tikungan adalah : ($R = 9,005$ m)

$$e + 0,18275 = \frac{16,5^2}{127 \times 9,005}$$

$$e = 0,23805 - 0,18275$$

$$e = 0,05530 \text{ m/m}$$

Dengan menggunakan angka superelevasi 0,05530 m/m maka beda tinggi yang harus dibuat yaitu :

$$\text{Tg } \alpha = e$$

$$\text{Tg } \alpha = 0,05530$$

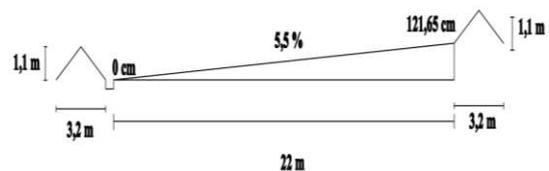
$$\alpha = 3,17^\circ$$

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

$$a = 22 \text{ m} \times \sin 3,17^\circ$$

$$a = 1,2165 \text{ m} = 121,65 \text{ cm}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 1,2165 meter atau 121,65 cm untuk lebar minimal pada jalan tikungan sebesar 22 meter.



Gambar 5. Penampang jalan tikungan.

Cross Slope

Perhitungan untuk *cross slope* dan yang seharusnya diterapkan oleh PT. Adimitra Baratama Nusantara dengan lebar minimal jalan lurus 21,5 meter pada *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N dapat menggunakan rumus berikut :

$$P = \frac{1}{2} \times L \quad (8)$$

$$q = p \times 40 \text{ mm/m} \quad (9)$$

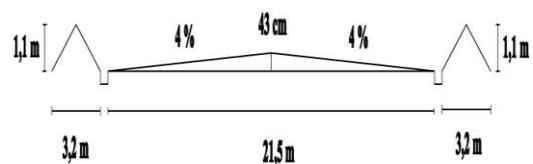
$$P = \frac{1}{2} \times 21,5 \text{ m}$$

$$P = 10,75 \text{ m}$$

$$q = 10,75 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m}$$

$$q = 430 \text{ mm} = 43 \text{ cm}$$

Sehingga *cross slope* yang harus dibuat yaitu 43 cm.



Gambar 6. Penampang jalan lurus.

Perhitungan Rimpull

Berat OHT kosong : 64,670 ton = 142572,94 lb
 Berat OHT bermuatan : 82,432 ton = 181731,45 lb
 Berat total : 147,102 ton = 324304,40 lb
 Rolling Resistance : 70 lb/ton (jalan terpelihara)
 Rimpull percepatan : 20 lb/ton
 Grade Resistance : 20/lb/ton/%grade

Besarnya harga rimpull dapat dihitung dengan rumus berikut^[9] :

$$Rimpull = \frac{HP \text{ Kendaraan} \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{Kecepatan (mph)}} \quad (10)$$

Rimpull yang tersedia dapat dilihat pada tabel 4 berikut :

Tabel 4. Rimpull yang Tersedia

Rimpull yang Tersedia				
Gear	HP	Kecepatan (mph)	Kecepatan (km/jam)	Rimpull (lb/ton)
1	938	6.5	10.5	40586.538
2	938	8.9	14.3	29641.854
3	938	12	19.3	21984.375
4	938	16.2	26	16284.722
5	938	21.9	34.9	12046.233
6	938	29.4	46.6	8973.214
7	938	39.9	60	6611.842

Nilai 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 70 lb/ton ditambah 20 lb/ton yaitu 90 lb/ton.

Perhitungan Rimpull dan Waktu Tempuh Alat Angkut dalam Keadaan Bermuatan

Perhitungan rimpull untuk *rolling resistance* (RR) dan percepatan (a) yaitu :
 Segmen H-I = Berat Total x (RR+a)
 = 147,102 ton x (70 lb/ton + 20 lb/ton)
 = 13239,18 lb

Perhitungan rimpull untuk *grade resistance* yaitu :
 Segman H-I = Berat Total x GR
 = 147,102 ton x 20 lb/ton/% x 1,56%
 = 4589,58 lb

Nilai Grade Resistance

Untuk menentukan nilai setelah perbaikan jalan, maka digunakan kemiringan jalan yang sudah sesuai dengan standar, yaitu 10 %. Harga *grade resistance* yaitu 20 lb/ton untuk setiap persen kemiringannya^{[10][11]}.

Perhitungan Rimpull dan Waktu Tempuh Alat Angkut dalam Keadaan Kosong

Perhitungan rimpull untuk *rolling resistance* (RR) dan percepatan (a) yaitu :
 Segmen A-LP = Berat Kosong x (RR+a)
 = 64,670 ton x (70 lb/ton + 20 lb/ton)
 = 5820,3 lb

Perhitungan rimpull untuk *grade resistance* yaitu :
 Segman A-LP = Berat Kosong x GR
 = 64,670 ton x 20 lb/ton/% x 10%
 = 12934 lb

Total rimpull adalah 5820,3 lb + 12934 lb = 18754.3 lb maka gear yang cocok untuk total rimpull tersebut adalah gear 3 dengan kecepatan 20 km/jam dan jarak tempuh 0,045 km. Sehingga estimasi waktu tempuh pada segmen LP-A yaitu 8,1 detik^{[12][13][14]}.

Perhitungan rimpull dan waktu tempuh alat angkut pada keadaan kosong setelah perbaikan jalan dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 5. Waktu tempuh teoritis keadaan kosong setelah perbaikan jalan

No	Segmen Jalan	Panjang Jalan		Ket	Grade Jalan (%)	RP utk RR & a (lb)	RP utk GR (lb)	Total Rimpull	Gear	Kec (km/Jam)	Waktu	
		(m)	(km)								jam	detik
1	A - LP	45	0.045	Lurus	10%	5820.3	12934	18754.3	3	20	0.00225	8.1
2	B' - A'	62	0.062	Tikungan	8.06%	5820.3	10424.8	16245.1	2	14.3	0.004336	15.60839161
3	C - B	112	0.112	Lurus	8.04%	5820.3	10398.94	16219.24	4	26	0.004308	15.50769231
4	D' - C'	61	0.061	Tikungan	10%	5820.3	12934	18754.3	2	14.3	0.004266	15.35664336
5	E - D	364	0.364	Lurus	-0.27%	5820.3	-349.218	5471.082	5	34.9	0.01043	37.54727794
6	F - E'	127	0.127	Lurus	-6.30%	5820.3	-8148.42	-2328.12	5	34.9	0.003639	13.10028653
7	G - F	70	0.07	Lurus	-4.29%	5820.3	-5548.69	271.614	5	34.9	0.002006	7.220630372
8	H' - G'	179	0.179	Tikungan	-10%	5820.3	-12934	-7113.7	2	14.3	0.012517	45.06293706
9	I - H	192	0.192	Lurus	-1.56%	5820.3	-2017.7	3802.596	5	34.9	0.005501	19.80515759
10	J - I	175	0.175	Lurus	-5.71%	5820.3	-7385.31	-1565.01	5	34.9	0.005014	18.05157593
11	DP - J	122	0.122	Lurus	-7.38%	5820.3	-9545.29	-3724.99	3	20	0.0061	21.96
Waktu tempuh teoritis keadaan kosong setelah perbaikan jalan											217.3205927	3.622009878

Total rimpull adalah 13239,18 lb + 4589,58 lb = 17828,76 lb maka gear yang cocok untuk total rimpull tersebut adalah gear 3 dengan kecepatan 19,3 km/jam dan jarak tempuh 0,192 km. Sehingga

estimasi waktu tempuh pada segmen H-I yaitu 35,8 detik^{[15][16][17]}.

Perhitungan rimpull dan waktu tempuh alat angkut pada keadaan kosong setelah perbaikan jalan dapat dilihat pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Waktu tempuh teoritis keadaan bermuatan setelah perbaikan jalan

No	Segmen Jalan	Panjang Jalan		Ket	Grade Jalan (%)	RP utk RR & a (lb)	RP utk GR (lb)	Total Rimpull	Gear	Kec (km/Jam)	Waktu	
		(m)	(km)								jam	detik
1	LP - A	45	0.045	Lurus	-10%	13239.18	-29420.4	-16181.2	1	10.5	0.004286	15.42857143
2	A - B	62	0.062	Tikungan	-8.06%	13239.18	-237.128	13002.05	5	34.9	0.001777	6.395415473
3	B - C	112	0.112	Lurus	-8.04%	13239.18	-23654	-10414.8	5	34.9	0.003209	11.5530086
4	C - D	61	0.061	Tikungan	-10%	13239.18	-29420.4	-16181.2	5	34.9	0.001748	6.29226361
5	D - E	364	0.364	Lurus	0.27%	13239.18	794.3508	14033.53	4	26	0.014	50.4
6	E - F	127	0.127	Lurus	6.30%	13239.18	18534.85	31774.03	2	14.3	0.008881	31.97202797
7	F - G	70	0.07	Lurus	4.29%	13239.18	12621.35	25860.53	2	14.3	0.004895	17.62237762
8	G - H	179	0.179	Tikungan	10%	13239.18	29420.4	42659.58	1	10.5	0.017048	61.37142857
9	H - I	192	0.192	Lurus	1.56%	13239.18	4589.582	17828.76	3	19.3	0.009948	35.8134715
10	I - J	175	0.175	Lurus	5.71%	13239.18	16799.05	30038.23	2	14.3	0.012238	44.05594406
11	J - DP	122	0.122	Lurus	7.38%	13239.18	21712.26	34951.44	1	10.5	0.011619	41.82857143
Waktu tempuh teoritis keadaan bermuatan setelah perbaikan jalan											322.7330803	5.378884671

Produksi Pengangkutan Overburden

Perhitungan produksi aktual berdasarkan pada pengamatan *cycle time* di lapangan. Dari pengamatan *cycle time* aktual OHT CATERPILLAR 777D adalah seperti pada tabel 7 berikut :

Tabel 7. Cycle Time Aktual OHT CATERPILLAR 777D

Manuver Loading (detik)	Loading (detik)	Travel Isi (detik)	Manuver Dumping (detik)	Dumping (detik)	Travel Kosong (detik)	Cycle Time (detik)	Cycle Time (menit)
28,23	107,86	418,36	20,36	30,03	348,66	953,7	15,895

Produksi Alat Angkut Aktual Sebelum Perbaikan Jalan

Alat angkut OHT CATERPILLAR 777D yang beroperasi untuk pengupasan *overburden* pada *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N berjumlah 4 unit. Pada tabel 8 berikut adalah perhitungan produksi alat angkut aktual OHT CATERPILLAR 777D dengan *excavator* CATERPILLAR 6030.

Tabel 8. Produksi Alat Angkut Aktual

Produksi OHT CATERPILLAR 777D Aktual			
Kapasitas Bucket	q1	16	m ³
Bucket Fill Factor	K	0,8	
Jumlah pengisian	N	4	
Effisiensi Kerja	Eff	0,75	%
Cycle Time	CT	15,89	Menit
Swell Factor	Sf	1,24	
Jam Kerja Efektif		16,54	Jam
Jumlah OHT		4	Unit
Produksi	Q	144,99	BCM/jam
		2.398,24	BCM/hari
		9.592,99	BCM/hari/4 unit
		287.789,75	BCM/bulan

Produksi Teoritis Alat Angkut Setelah Perbaikan Jalan

Simulasi perbaikan kondisi jalan digunakan untuk memperkirakan produksi teoritis dari alat angkut^{[18][19]}. Dari hasil perhitungan analisis rimpull pada tabel 5 dan tabel 6 diperoleh waktu tempuh total setelah perbaikan jalan. Maka diperoleh estimasi *cycle time* teoritis alat angkut setelah perbaikan jalan pada tabel 9 berikut.

Tabel 9. Estimasi *Cycle Time* teoritis alat angkut setelah perbaikan jalan

Manuver Loading (detik)	Loading (detik)	Travel Isi (detik)	Manuver Dumping (detik)	Dumping (detik)	Travel Kosong (detik)	Cycle Time (detik)	Cycle Time (menit)
28,23	107,86	322,73	20,36	30,03	217,32	726,53	12,10

Berdasarkan estimasi *cycle time* teoritis alat angkut setelah perbaikan jalan, maka perhitungan estimasi produksi *overburden* dari alat angkut OHT CATERPILLAR 777D dengan *excavator* 6030 dapat dilihat pada tabel 10 berikut

Tabel 10. Estimasi Produksi Alat Angkut Setelah Perbaikan Jalan

Produksi OHT CATERPILLAR 777D			
Kapasitas Bucket	q1	16	m ³
Bucket Fill Factor	K	0,8	
Jumlah pengisian	N	4	
Effisiensi Kerja	Eff	0,75	%
Cycle Time	CT	12,10	Menit
Swell Factor	Sf	1,24	
Jam Kerja Efektif		16,54	Jam
Jumlah OHT		4	Unit
Produksi	Q	190,41	BCM/jam
		3.149,38	BCM/hari
		12.597,52	BCM/hari/4 unit
		377.925,6	BCM/bulan

KESIMPULAN

- 1 Lebar jalan lurus aktual berkisar antara 15,8 – 20 meter sedangkan secara perhitungan didapatkan lebar jalan lurus minimal yang harus dibuat adalah 21,37 meter. Jadi perlu dilakukan penambahan lebar jalan lurus pada setiap segmen jalan lurus.
- 2 Pada lebar jalan tikungan terdapat 3 segmen yang mana lebar jalan aktualnya adalah 20,24, dan 23,5 meter, sedangkan secara perhitungan teoritis didapatkan lebar jalan tikungan minimal untuk 1 jalur harus dibuat 12,43 meter dan lebar jalan tikungan minimal untuk 2 jalur harus dibuat 21,75 meter, jadi perlu dilakukan penambahan lebar jalan lurus pada segmen C-D yaitu dari 20 meter ditambah 1,75 meter.
- 3 *Grade* jalana ktual pada *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N beragam mulai dari 0,27% sampai 13,11%. Terdapat 3 segmen jalan yang > 10% sebagai *grade* yang tidak aman untuk dilalui oleh alat angkut yaitu pada segmen LP-A (11%), segmen C-D (13%), dan segmen G-H (11%).
- 4 Dengan nilai superelevasi 0,05530 m/m dan menggunakan lebar jalan minimal pada tikungan yaitu 22 meter maka beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 1,2165 meter atau 121,65 cm.
- 5 Dengan lebar minimal pada jalan lurus sebesar 21,36 meter, maka *cross slope* yang harus diterapkan PT. ABN pada jalan angkut dari *loading point* CE 7139 menuju IPD 1 N adalah sebesar 43 cm.
- 6 Produksi actual alat angkut OHT CATERPILLAR 777D sebelum perbaikan jalan yaitu 9.592,99 BCM/hari dengan 4 unit OHT CATERPILLAR 777D atau 287.789,75 BCM/bulan.
- 7 Estimasi produksi teoritis alat angkut OHT CATERPILLAR 777D setelah perbaikan jalan yaitu 12.597,52 BCM/hari dengan 4 unit OHT CATERPILLAR 777D atau 377.925,6 BCM/bulan.

SARAN

1. Perlu dilakukan penambahan lebar jalan sesuai dengan standar lebar jalan minimal dari perhitungan secara teoritis baik pada jalan lurus maupun jalan tikungan.
2. *Grade* jalanangkut yang > 10% perlu dilakukan penurunan *grade* jalan tersebut guna memudahkan alat angkut dapat beroperasi

- dengan kecepatan yang optimal ketika mengatasi tanjakan.
3. *Cross slope* perlu dilakukan perawatan secara berkala untuk mencegah air tidak tergenang di badanjalan.
 4. Perawatan geometri jalan agar dapat dilakukan secara berkala guna meningkatkan efisiensi kerja dan produksi alat angkut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Muri Yusuf. *Metodologi Penelitian*. Padang: UNP Press. (2013)
- [2] Savendra, Dicky dan Yoszi Mingsi Anaperta. *Analisis Hubungan Total Resistance dan Kecepatan Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dump Truck Komatsu HD785 dan Caterpillar 777D di PT. Semen Padang*. Jurnal Bina Tambang. **3**, No. 1 (2017)
- [3] Sugiyono. *Metodologi Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Jakarta: Alfabeta. (2017)
- [4] Rahman, Saipul dan Uyu Saismana. *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat Liebherr 9400 dalam Kegiatan Pindahkan Overburden di PT. Rahman Abdijaya Jobsite PT. Adaro Indonesia*. Jurnal HIMASAPTA **2**, 3. Universitas Lambung Mangkurat (2017)
- [5] Uyu Saismana, 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: Universitas Lambung Mangkurat (2018)
- [6] Anonim. “*Specifications & Application Handbook Caterpillar 777D*”. USA: Caterpillar. (2007)
- [7] A. Suwandhi. *Diktat Perencanaan Tambang Terbuka seri Perencanaan Jalan Tambang*. Bandung: Universitas Islam Bandung (2004)
- [8] Kaufman, W.K, and Ault. J.C. “*Design of Surface Mine Haulage Roads*”. USA: United States Departement of Interior, Bureau of Mines. (1977)
- [9] 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)
- [10] Sumarya. *Bahan Ajar Alat Berat dan Interaksi Alat Berat*. Padang: Universitas Negeri Padang. (2012)
- [11] P. Prodjosumarmoto. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Institut Teknologi Bandung. (1989)
- [12] Aldiyansyah, dkk. *Analisis Geometri Jalan di Tambang Utara Pada PT. IFISHDECO Kecamatan Tinanggea Kabupaten Konawe Selatan Provinsi Sulawesi Tenggara*. Jurnal Geomine **4**, 1. Konawe Selatan: Universitas Muslim Indonesia. (2016)
- [13] Agus Arie Yudha, dkk. *Evaluasi Produksi Alat Mekanis Untuk Pindahkan Overburden di PT. Riung Mitra Lestari Site Rantau*. Jurnal HIMASAPTA **1**, 3. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat. (2016)
- [14] Anton Asri Demara, dkk. *Evaluasi Jalan Angkut Dari Kilometer 21+400 Meter sampai dengan Kilometer 24+400 Meter pada Penambangan Nikel di PT. Bintangdelapan Mineral, Desa Fatufia, Kecamatan Bahodopi, Kabupaten Morowali, Provinsi Sulawesi Tengah*. Jurnal Tambang Unisba **3**, 1. Bandung: Universitas Islam Bandung. (2016)
- [15] Muhammad 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)
- [16] Kurniawan Nur Pratomo, dkk. *Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Andesit ke Crusher II pada Penambangan Batu Andesit di PT Gunung Kecapi, Kabupaten Purwakarta, Provinsi Jawa Barat*. Jurnal Tambang Unisba **2**, 2. Bandung: Universitas Islam Bandung. (2016)
- [17] Riyanto Thoni, dkk. *Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan Highwall*. Jurnal HIMASAPTA **1**, 2. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat. (2016)
- [18] Ady Winarko, dkk. *Evaluasi Teknis Geometri Jalan Angkut Overburden untuk Mencapai Target Produksi 240.000 BCM / Bulan di Site Project Mas Lahat PT Ulima Nitra Sumatra Selatan*. Jurnal Ilmu Teknik **2**, 2. Indralaya: Universitas Sriwijaya. (2014)
- [19] Tommy Youberth Lambung, dkk. *Evaluasi Jalan Tambang untuk Meningkatkan Produktivitas Alat Angkut pada Aktivitas Pindahkan Overburden*. Jurnal GEOSAPTA **2**, 2. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat. (2016)