



Pengaruh Geometri Jalan terhadap Produktivitas Batubara di Pit 2 Banko

Shoffan Shofa Hamdan Nurullah, Dono Guntoro, Indra Karna Wijaksana*

Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung, Indonesia.

ARTICLE INFO

Article history :

Received : 12/5/2024

Revised : 19/7/2024

Published : 24/7/2024



Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.

Volume : 4

No. : 1

Halaman : 83 - 92

Terbitan : Juli 2024

ABSTRAK

PT XYZ adalah perusahaan pertambangan batubara yang dalam proses penambangannya meliputi empat tahapan: ripping, digging, loading, dan hauling. Alat gali-muat yang digunakan adalah Volvo 480D, sementara alat angkutnya adalah Volvo FMX400. Proses pengangkutan sangat mempengaruhi pencapaian target produksi. Pada bulan Januari, produksi batubara di Pit 2 fleet 1 mencapai 93% dari target produksi. Beberapa kondisi geometri jalan mempengaruhi kecepatan alat angkut saat hauling, yang berdampak pada pencapaian target produksi. Untuk mengatasi perlambatan laju alat angkut, diperlukan data seperti kecepatan alat angkut aktual dari setiap segmen jalan, berat alat angkut, geometri jalan, dan klasifikasi nilai ketahanan untuk mengetahui besaran nilai rimpull aktual. Pengurangan nilai rimpull dilakukan dengan mengevaluasi dan memperbaiki jalan tambang, baik dari geometri jalan seperti grade, cross slope, dan superelevasi, maupun dari material permukaan jalan tambang yang mempengaruhi nilai rolling resistance. Perubahan grade jalan dilakukan pada segmen C-D dan J-L. Setelah evaluasi dan perbaikan jalan, secara teoritis, waktu berangkat bermuatan menjadi 3,1 menit, sedangkan waktu berangkat kosong menjadi 1,8 menit. Produksi batubara pun meningkat dari 91.826 BCM/bulan menjadi 127.100 BCM/bulan, atau terjadi kenaikan produksi sebesar 28,8%.

Kata Kunci : Geometri Jalan; Produktivitas; Rimpull.

ABSTRACT

PT XYZ is a coal mining company that employs four mining stages in its operations: ripping, digging, loading, and hauling. The digging-loading equipment used is the Volvo 480D, and the hauling equipment is the Volvo FMX400. The hauling process significantly impacts the achievement of production targets. In January, the coal production from Pit 2 fleet 1 reached 93% of the production target. Several road geometry conditions can affect the speed of the hauling equipment, impacting the production targets. To address the issue of slowing hauling equipment, data such as the actual speed of the hauling equipment from each road segment, the weight of the hauling equipment, road geometry, and classification of resistance values are needed to determine the actual rimpull value. Reducing the rimpull value involves evaluating and improving the mining roads, considering factors such as road grade, cross slope, superelevation, and the surface material of the mining roads that affect the rolling resistance. Road grade changes were implemented in segments C-D and J-L. After evaluating and improving the roads, theoretically, the loaded travel time decreased to 3.1 minutes, and the empty travel time decreased to 1.8 minutes. Consequently, coal production increased from 91,826 BCM/month to 127,100 BCM/month, a production increase of 28.8%.

Keywords : Road Geometry; Productivity; Rimpull.

Copyright© 2024 The Author(s).

A. Pendahuluan

Perusahaan pertambangan batubara nasional PT XYZ Tbk merupakan perusahaan produsen batubara dengan target produksi yang terus meningkat setiap tahunnya untuk memenuhi DMO dan mengisi pasar ekspor. Emiten batubara di perusahaan ini menargetkan produksi batubara perseroan per tahun 2022 yaitu sebesar 36,41 juta ton dengan kenaikan sebesar 21% dari realisasi periode sebelum-nya yaitu pada tahun 2021 sebesar 30,04 juta ton. Terdapat 4 tahapan dalam proses penambangannya yaitu dimulai dari proses ripping atau pemberaian batubara, lalu loading atau pemuatan, hauling atau pengangkutan, dan langkah terakhir yaitu dumping. Dari keempat langkah tersebut, proses pengangkutan yang paling berpengaruh terhadap ketercapaian target produksi yang terus meningkat [1].

Proses pengangkutan menjadi salah satu proses penambangan yang sangat berpengaruh terhadap produksi karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi kecepatan alat angkut diantaranya kondisi jalan seperti traffic, geometri jalan, material yang digunakan untuk jalan akan berpengaruh terhadap nilai traksi antara alat dengan material yang digunakan permukaan jalan, serta kondisi alat angkut seperti muatan dan efisiensi mesin alat angkut yang bergantung pada faktor manusia sebagai operator alat. Salah satu faktor diantara faktor-faktor penyebab terjadinya perlambatan alat angkut tadi, geometri jalan merupakan faktor yang paling berpengaruh terhadap kecepatan alat angkut [23]. Oleh karena itu, untuk meningkatkan produksi batubara diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat angkut terutama pada geometri jalan angkut, agar dapat mendukung performa maksimal dari alat angkut. Berdasarkan latar belakang, maka tujuan dari penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut. (1) Mengetahui segmen jalan mana saja yang dapat menghambat laju alat angkut pada kegiatan pengangkutan batubara yang dipengaruhi oleh geometri jalan tambang. (2) Melakukan perbaikan terhadap masalah perlambatan alat angkut yang diakibatkan oleh geometri jalan angkut. (3) Melakukan perbandingan produksi batubara aktual dengan setelah dilakukan perbaikan pada geometri jalan angkut.

B. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan berdasarkan data primer dan sekunder. Data primer yang diambil langsung dilapangan seperti berupa data kecepatan alat per segmen jalan, lebar jalan, koordinat segmen jalan, berat alat angkut, waktu hambatan, dan cycle time proses penambangan. Sedangkan, data sekunder yang diperoleh adalah nilai resistance atau ketahanan seperti rolling resistance, grade resistance, acceleration resistance dan spesifikasi alat angkut. Penelitian ini dilakukan dengan cara evaluasi dan perbaikan geometri jalan angkut tambang berdasarkan data-data tersebut. Setelah data diperoleh, lalu dilakukan pengolahan dan memperoleh produktivitas alat angkut dan rimpull secara aktual.

Langkah selanjutnya yaitu melakukan evaluasi dan perbaikan jalan yang dilakukan dengan melakukan perubahan elevasi menggunakan cut and fill sehingga grade jalan sesuai dengan standar AASHTO yaitu 8% dan hal ini dapat mereduksi nilai rimpull grade resistance. Perbaikan jalan juga dilakukan pada superelevasi dan cross slope untuk membantu meniriskan air hujan agar tidak tergenang di jalan dan membantu mengurangi gaya sentrifugal alat angkut pada saat melalui tikungan. Evaluasi dan perbaikan yang terakhir yaitu pada material jalan tambang yang bermaterial clay diubah menjadi material split, yang mana hal ini dapat mengurangi nilai rolling resistance dari 65 lbs/ton menjadi 45 lbs/ton. Hal-hal tersebut akan berdampak terhadap nilai rimpull resistance pada setiap tahanannya dan secara langsung mengubah kecepatan alat angkut sehingga dapat mereduksi siklus waktu proses pengangkutan dan meningkatkan produktivitas alat angkut batubara. Setelah itu, diperoleh kecepatan dan produktivitas alat angkut rekomendasi.

Pada tahap terakhir dilakukan perbandingan produktivitas alat angkut secara aktual dan produktivitas alat angkut secara rekomendasi teoritis hasil dari evaluasi dan perbaikan jalan berdasarkan teori yang ada. Maka dapat terlihat seberapa besar pengaruh geometri jalan tambang terhadap produktivitas alat angkut batubara.

C. Hasil dan Pembahasan

Grade Jalan

Grade jalan sangat mempengaruhi terhadap performa alat angkut, ketika alat angkut melewati jalan dengan grade yang tinggi, maka akan mempengaruhi nilai *grade resistance* serta kecepatan dan akselerasi alat angkut. Nilai *grade* jalan dinyatakan dalam % dengan ketentuan *grade* jalan ideal yaitu 8%. Secara aktual, terdapat beberapa *grade* jalan yang belum sesuai dengan ketentuan AASHTO dan hal tersebut perlu evaluasi dan perbaikan jalan untuk mengoptimalkan kecepatan alat angkut dan mereduksi waktu tempuhnya. Berikut *grade* jalan aktual.

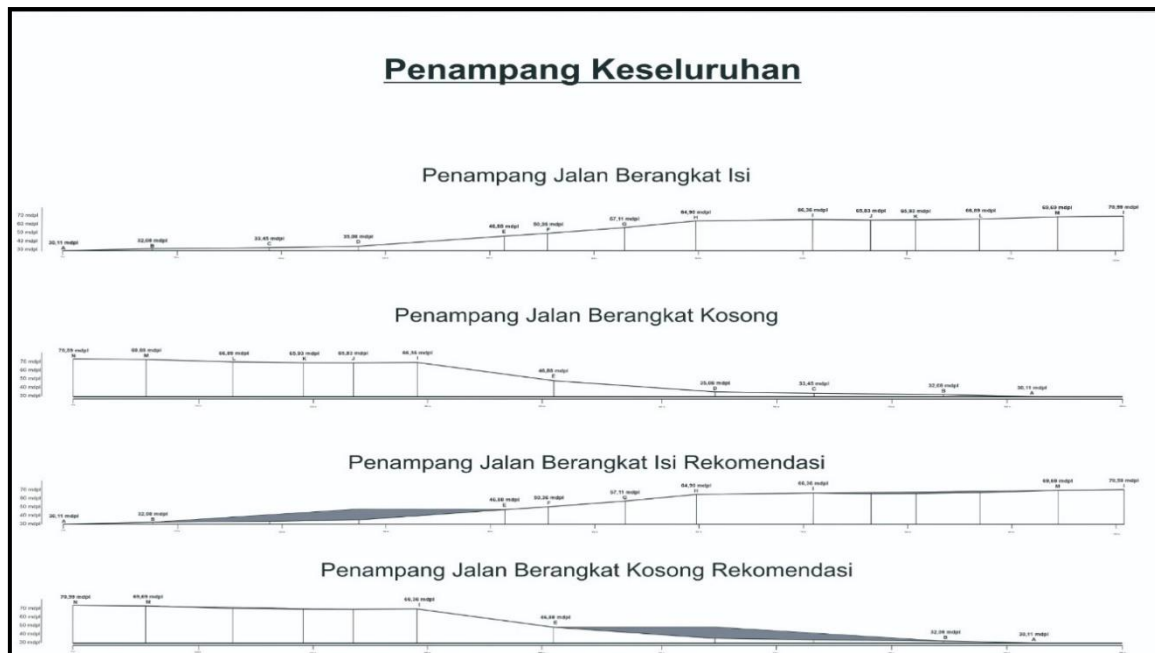
Tabel 1. Grade Jalan Aktual

Segmen	Elevasi (mdpl)	Panjang Jalan (m)	Grade Aktual (%)	Standar (%)	Perbaikan Grade (%)
A - B	30,11	85,74	2,30%	8%	-
B - C	32,08	112,20	1,22%	8%	-
C - D	33,45	85,60	1,90%	8%	-
D - E	35,08	140,20	8,42%	8%	-0,42%
E - F	46,88	41,37	8,41%	8%	-0,41%
F - G	50,36	73,86	9,13%	8%	-1,13%
G - H	57,11	68,30	11,41%	8%	-3,41%
H - I	64,9	112,12	1,30%	8%	-
I - J	66,36	55,33	-0,96%	8%	-
J - K	65,83	43,22	0,23%	8%	-
K - L	65,93	61,23	1,57%	8%	-
L - M	66,89	75,20	3,73%	8%	-
M - N	69,69	63,16	1,42%	8%	-
N - N	70,59	-	-	-	-

Setelah memperoleh data mengenai *grade* jalan aktual selanjutnya melakukan evaluasi dan perbaikan jalan dengan menggunakan penimbunan untuk merubah elevasi jalan pada segmen C dan D dengan perubahan yang signifikan. Hal ini bertujuan untuk menambah akselerasi pada alat angkut sehingga dapat melalui segmen jalan berikutnya dengan kecepatan optimal.

Tabel 2. Grade Jalan Rekomendasi

Segmen	Elevasi Aktual (mdpl)	Elevasi Rekomendasi (mdpl)	Panjang Jalan (m)	Grade Aktual (%)	Grade Rekomendasi	Grade Maximum
A - B	30,11	30,11	85,74	2,30%	2,30%	8%
B - C	32,08	32,08	112,20	1,22%	7,14%	8%
C - D	33,45	40,10	85,60	1,90%	7,01%	8%
D - E	35,08	46,10	140,20	8,42%	0,56%	8%
E - F	46,88	46,88	41,37	8,41%	8,41%	8%
F - G	50,36	50,36	73,86	9,13%	9,13%	8%
G - H	57,11	57,11	68,30	11,41%	11,41%	8%
H - I	64,90	64,9	112,12	1,30%	1,30%	8%
I - J	66,36	66,36	55,33	-0,96%	1,88%	8%
J - K	65,83	67,40	43,22	0,23%	1,74%	8%
K - L	65,93	68,15	61,23	1,57%	1,49%	8%
L - M	66,89	69,06	75,20	3,73%	0,84%	8%
M - N	69,69	69,69	63,16	1,42%	1,42%	8%
N - N	70,59	70,59	-	-	-	-



Gambar 1. Penampang Jalan Angkut Aktual dan Rekomendasi

Rimpull

Rimpull merupakan kekuatan tarik yang dapat diberikan oleh mesin atau roda penggerak yang bersentuhan dengan permukaan jalan. Terdapat 3 jenis tahanan, yaitu gulir, kemiringan, dan percepatan. Ketahanan *rimpull* dapat oleh kemiringan jalan (*Grade Resistance*), material jalan dan jenis ban (*Rolling Resistance*), dan percepatan mesin (*Acceleration Resistance*).

Tabel 3. Angka Tahanan Gulir Untuk Beberapa Kondisi Jalan

Angka Rata-rata Tahanan Gulir (RR) untuk berbagai macam jalan	
Macam Jalan	RR untuk Ban Karet (lb/ton)
<i>Hard, smooth surface, well maintained</i>	40
<i>Firm but flexible surface, well maintained</i>	65
<i>dirt road, average construction road, little maintained</i>	100
<i>Dirt road, soft or rutted</i>	150
<i>Deep, muddy surface, or loose sand</i>	250-400

Sumber : Prodjosumarto, 1993

Tabel 4. *Rimpull* Alat Angkut

Gear	Kecepatan (mph)	Kecepatan (km/jam)	Efisiensi mesin (%)	HP	<i>Rimpull</i> (lbs)
1	2,632	4,2390	90%	400	51.284
2	3,397	5,4697	90%	400	39.745
3	4,014	6,4630	90%	400	33.636
4	5,007	8,0630	90%	400	26.962
5	6,237	10,0436	90%	400	21.645
6	7,783	12,5327	90%	400	17.346
7	9,547	15,3734	90%	400	14.141
8	11,934	19,2168	90%	400	11.313
9	15,042	24,2229	90%	400	8.975
10	20,226	32,5708	90%	400	6.674

11	25,572	41,1789	90%	400	5.279
12	29,834	48,0420	90%	400	4.525

Persamaan-persamaan yang digunakan pada setiap perhitungan *rimpull* berbeda-beda. Persamaan yang digunakan untuk menghitung *rimpull* pada masing-masing ketahanan yaitu dengan mengetahui berat alat angkut lalu dikalikan dengan klasifikasi tahanannya. Untuk tahanan kemiringan yaitu berat alat angkut dikalikan dengan *grade resistance* dan kemiringan jalan. Berikut ini merupakan tabel *rimpull*, kecepatan, dan waktu tempuh pada setiap segmen jalan. Persamaan yang digunakan adalah :

$$RP_{RR} = P \times W \tag{1}$$

Keterangan :

RP_{GR} = *Rimpull rolling resistance* (lb)

W = Berat alat angkut (ton)

P = Gaya tarik pada alat (lb)

$$RP_{AR} = W \times AR \tag{2}$$

Keterangan :

RP_{AR} = *Rimpull acceleration resistance* (lb)

W = Berat alat angkut (ton)

GR = Tahanan percepatan (lb/ton)

$$RP_{GR} = W \times GR \times \alpha \tag{3}$$

Keterangan :

RP_{GR} = *Rimpull grade resistance* (lb)

W = Berat alat angkut (ton)

GR = $1 \text{ ton} \times \frac{\text{Beda tinggi persatuan meter}}{\text{jarak miring per satuan meter jarak datar}}$

GR = $2000 \text{ lbs} \times \frac{1}{\sqrt{100^2 + 1^2}}$

GR = 20 lbs/ton.%

α = Kemiringan jalan (%)

Tabel 5. Rimpull Aktual

Segmen	Panjang Jalan (m)	Panjang Jalan (km)	Grade (%)	Rimpull RR (lbs)	Rimpull GR (lbs)	Rimpull AR (lbs)	Rimpull Total (lbs)	Km/Jam Aktual	Waktu Aktual (Menit)
A - B	85,74	0,086	2,30	4615	3266,00	1420	9301,00	18,00	0,286
B - C	112,20	0,112	1,22	4615	1732,40	1420	7767,40	20,00	0,336
C - D	85,60	0,086	1,90	4615	2698,00	1420	8733,00	25,00	0,205
D - E	140,20	0,140	8,42	4615	11956,40	1420	17991,40	14,00	0,600
E - F	41,37	0,041	8,41	4615	11942,20	1420	17977,20	12,00	0,207
F - G	73,86	0,074	9,13	4615	12964,60	1420	18999,60	11,00	0,403
G - H	68,30	0,068	11,41	4615	16202,20	1420	22237,20	9,00	0,455
H - I	112,12	0,112	1,30	2840	1846,00	1420	6106,00	19,00	0,354
I - J	55,33	0,055	-0,96	4615	-1363,20	1420	4671,80	15,00	0,221
J - K	43,22	0,043	0,23	4615	326,60	1420	6361,60	16,00	0,162
K - L	61,23	0,061	1,57	4615	2229,40	1420	8264,40	18,00	0,204
L - M	75,20	0,075	3,73	4615	5296,60	1420	11331,60	22,00	0,205
M - N	63,16	0,063	1,42	4615	2016,40	1420	8051,40	24,00	0,158

Evaluasi dan perbaikan geometri dan material mengakibatkan perubahan *rimpull* aktual menjadi *rimpull* rekomendasi teoritis yang mempengaruhi nilai *rimpull* dan kecepatan alat. Material jalan yang masih menggunakan *clay* materialnya diubah menjadi menggunakan batuan *split*, sehingga nilai tahanan gulir mengecil dari 65 lbs/ton menjadi 45 lbs/ton. Berikut ini merupakan *rimpull* rekomendasi teoritis:

Tabel 6. *Rimpull* Rekomendasi Teoritis

Segmen Jalan	Panjang Jalan (m)	Panjang Jalan (km)	Grade (%)	<i>Rimpull</i> RR (lbs)	<i>Rimpull</i> GR (lbs)	<i>Rimpull</i> AR (lbs)	<i>Rimpull</i> Total (lbs)	Rekomendasi Kecepatan (Km/Jam)	Rekomendasi Waktu (menit)
A - B	85,74	0,086	2,30	2840	3266,00	1420	7526,00	26	0,20
B - C	112,20	0,112	7,14	2840	10144,70	1420	14404,70	19	0,36
C - D	85,60	0,086	7,01	2840	9953,27	1420	14213,27	19	0,28
D - E	140,20	0,140	0,56	2840	794,40	1420	5054,40	31	0,27
E - F	41,37	0,041	8,41	2840	11942,20	1420	16202,20	15	0,16
F - G	73,86	0,074	9,13	2840	12964,60	1420	17224,60	12	0,36
G - H	68,30	0,068	11,41	2840	16202,20	1420	20462,20	10	0,43
H - I	112,12	0,112	1,30	2840	1846,00	1420	6106,00	30	0,22
I - J	55,33	0,055	1,88	2840	2675,34	1420	6935,34	29	0,23
J - K	43,22	0,043	1,74	2840	2464,14	1420	6724,14	30	0,18
K - L	61,23	0,061	1,49	2840	2110,40	1420	6370,40	30	0,12
L - M	75,20	0,075	0,84	2840	1193,53	1420	5453,53	31	0,15
M - N	63,16	0,063	1,42	2840	2016,40	1420	6276,40	30	0,13

Produktivitas

Produktivitas alat angkut dan muat menunjukkan bagaimana produksi yang dihasilkan oleh alat angkut dan muat berdasarkan jumlah siklus waktu yang diperoleh bersamaan dengan kapasitas pada alat angkut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung produksi yaitu [25]:

$$P_{a1} = \frac{(E_a \times 60 \times (H_{mt} \times n_p \times FF_m) \times SF)}{C_a} \quad (4)$$

Keterangan:

- P_{a1} = Produktivitas alat angkut (ton/jam)
- E_a = Efisiensi kerjamekanis alat angkut (%)
- H_{mt} = Kapasitas *bucket specs* alat (m^3)
- n_p = Banyak Pemuatan
- FF_m = Faktor pengisian *bucket* alat muat (%)
- SF = Faktor Pengembangan (%)
- E = Efisiensi kerja alat (%)
- C_a = Waktu edar alat angkut/dump truck (Menit)

Adapun perhitungan untuk produksi alat angkut yaitu menggunakan persamaan seperti berikut:

$$P_a = P_{a1} \times n_a \quad (5)$$

Keterangan :

- P_a = Produksi alat angkut (BCM/jam)
- P_{a1} = Produktivitas alat angkut (BCM/Jam/Alat)
- n_a = Jumlah alat angkut (alat)

Produktivitas alat angkut aktual

Kapasitas Alat Muat (Hmt)	= 3,3 LCM
Total Cycle Time (Menit) (Cm)	= 26,16 menit
Banyak Pemuatan (n _p)	= 8
Swell factor (SF)	= 75 %
Efisiensi Kerja Alat Angkut (Ea)	= 59,5 %
Fill factor (FF _m)	= 94,4%
Jumlah Alat Angkut	= 5

$$P_{a1} = \frac{(E_a \times 60 \times (H_{mt} \times n_p \times FF_m) \times SF)}{C_a}$$

$$= \frac{(59,5\% \times 60 \times (3,3 \times 8 \times 0,944) \times 0,75)}{26,16}$$

$$= 25,51 \text{ BCM/jam/alat}$$

$$P_a = P_{a1} \times n_a$$

$$= 25,51 \text{ BCM/jam/Alat} \times 5 \text{ Alat}$$

$$= 127,54 \text{ BCM/jam}$$

$$= 127,54 \text{ BCM/jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 3.060,90 \text{ BCM/hari}$$

$$= 3.060,90 \text{ BCM/hari} \times 30 \text{ hari/bulan}$$

$$= \mathbf{92.826,95 \text{ BCM/Bulan.}}$$

Setelah memperoleh *rimpull* dan *grade* jalan secara teoritis rekomendasi maka nilai *cycle time* alat angkut menjadi lebih kecil, berikut ini merupakan perbandingan antara *cycle time* alat angkut sebelum dan setelah perbaikan :

Produktivitas Alat Angkut

Kapasitas Alat Muat (Hmt)	= 3,3 LCM
Total Cycle Time (Cm)	= 18,9 menit
Banyak Pemuatan (n _p)	= 8
Swell factor (SF)	= 75 %
Efisiensi Kerja Alat Angkut (Ea)	= 59,5 %
Fill factor (FF _m)	= 94,4%
Jumlah Alat Angkut	= 5

$$P_{a1} = \frac{(E_a \times 60 \times (H_{mt} \times n_p \times FF_m) \times SF)}{C_a}$$

$$= \frac{(59,5\% \times 60 \times (3,3 \times 8 \times 0,944) \times 0,75)}{18,9}$$

$$= 35,30 \text{ BCM/jam/alat}$$

$$P_a = P_{a1} \times n_a$$

$$= 35,30 \text{ BCM/jam/Alat} \times 5 \text{ alat}$$

$$= 176,53 \text{ BCM/jam}$$

$$= 176,53 \text{ BCM/jam} \times 24 \text{ jam/hari}$$

$$= 4.236,67 \text{ BCM/hari}$$

$$= 4.236,67 \text{ BCM/hari} \times 30 \text{ hari/bulan}$$

$$= \mathbf{127.100,20 \text{ BCM/Bulan}}$$

Tabel 7. Perbandingan Produksi Aktual dan Rekomendasi Teoritis

Produksi	Kapasitas (BCM)	Total Cycle Time (menit)	Jumlah Alat	Swell Factor (%)	Fill Factor (%)	Efisiensi Alat (%)	Produksi (BCM/Bulan)
Aktual	3,3	26,16	5	75	94.4	59,5	91.826,95
Rekomendasi	3,3	18,9	5	75	94.4	59,5	127.100,20

D. Kesimpulan

Berdasarkan berdasarkan teori AASHTO yaitu selebar 9 m untuk 2 jalur dan 5,1m untuk 1 jalur. Sedangkan untuk lebar tikungan 14,1m. Sedangkan untuk grade jalan terdapat pada segmen jalan yang tidak ideal yang dapat menghambat kecepatan dari alat angkut yaitu segmen D hingga ke H dengan melebihi batas ideal grade jalan dan menyulitkan alat angkut untuk berakselerasi. Perbaikan jalan dilakukan terhadap geometri jalan yaitu dengan melakukan penimbunan jalan yang bertujuan mengubah grade jalan pada segmen B hingga D agar alat angkut dapat menambahkan kecepatannya untuk menghadapi jalan tanjakan selanjutnya dan pada segmen J hingga L. selain geometri jalan, ada juga perbaikan pada material serta cara maintenance jalan agar rimpull rolling resistance yang tadinya 65 lb/ton menjadi 40 lb/ton. Cycle Time dari alat angkut DT Volvo FMX 400 sebelumnya memiliki waktu berangkat isi rata-rata selama sebulan yaitu 6,2 menit kemudian setelah dilakukan perbaikan jalan secara teoritis di dapati berangkat isi yang dapat diraih berangkat isi dari loading point ke stockpile yaitu 3,1 menit. Lalu untuk berangkat kosong dari stockpile hingga front sebelum dilakukan perbaikan dicapai dengan waktu yaitu 5,8 menit dan setelah dilakukan perbaikan jalan ke dari loading point ke stockpile secara teoritis maka didapatkan waktu nya yaitu 1,87 menit. Penurunan cycle time berpengaruh pada peningkatan produksi. Perbandingan Produksi alat angkut Volvo sebelum perbaikan jalan yaitu didapatkan 91.826,95 BCM/Bulan dan setelah dilakukan terhadap perbaikan jalan teoritis mengalami peningkatan menjadi 127.100,20 BCM/Bulan atau kenaikan produksi sebanyak 28,8%.

Daftar Pustaka

- [1] Pratama Erlangga, *Studi Faktor Kepadatan Hauling Road Traffic Terhadap Produksi Batubara PT Bukit Asam Tbk*. Sumatera: Universitas Sriwijaya, 2020.
- [2] Alfian Irviansyah, *Identifikasi Batuan PAF, NAF, dan Uncertain*. Melak, Indo J Chem, 2020.
- [3] Agung, *Batu Split untuk Beton*. Sulawesi Tenggara: Precast, 2018.
- [4] Awang Suwandhi, *Perencanaan Jalan Tambang*. Bandung: Universitas Islam Bandung, 2004.
- [5] Billy & Nyoman, *Analisis Karakteristik Traksi serta Redesign Rasio Transmisi Articulated Bus TransJakarta*, vol. 8. ITS, 2019.
- [6] R. P. Choudhary, *Optimasi Sistem Penambangan Haul-Dump Load oleh OEE dan Match Factor untuk Tambang Terbuka*. Jurnal Internasional Teknik Terapan dan Teknologi, 2015.
- [7] Dede Yusuf, *Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut Tambang*. Yogyakarta: ITN, 2022.
- [8] S. Eriyane, *Alat Gali Muat dan Angkut*. Academia.edu., 2013.
- [9] Fahrizal Zulkarnain, *Pemindahan Tanah Mekanis dan Peralatan Konstruksi*. Medan: Umpsupress, 2020.

- [10] R. R. , I. E. , S. F. S. Ilahi, *Kajian Teknis Produktivitas Alat Gali Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dumpruck) Pada Pengupasan Tanah Penutup Bulan September 2013 Di Pit 3 Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk UPTE*. Jurnal Ilmu Teknik, 2014.
- [11] K. A. Zamhari, *Campuran Aspal Untuk Iklim Tropis Indonesia*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, 1998.
- [12] Kusrin, *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*. Semarang University Press, 2008.
- [13] J. W. Martin, *Surface Mining Equipment*, 1st ed. Martin Consultant, Inc., 1982.
- [14] D. P. , S. A. , S. I. Pramana, *Kajian Teknis Produksi Alat Gali-Muat dan Alat Angkut Untuk Memenuhi Target Produksi Pengupasan Overburden Penambangan Batubara PT Citra Tobindo Sukses Perkasa Kabupaten Sarolangun Provinsi Jambi*, 2nd ed., vol. 1. Jurnal Teknologi Pertambangan, 2015.
- [15] Putra Desandra, *Pengaruh Perbaikan Rolling Resistance pada Jalan Angkut*. UIN Syarif Hidayatullah, 2020.
- [16] Rehardjo Suparto, *Lapisa Perkerasan Komposit Batu Pecah Kontruksi Jalan Hutan*. Jurnal Penelitian Hasil Hutan, 1987.
- [17] T. M. T. , Bochori. Sebastian. R., *Evaluasi Metode Ripping Terhadap Fragmentasi Batubara Guna Meningkatkan Kinerja Ripper Bulldozer Dan Produktivitas Excavator Backhoe Di Tambang Banko Barat PT Bukit Asam (Persero) Tbk*. Jurnal Pertambangan, 2018.
- [18] H. Subhan, *Analisa Kemampuan Kerja Alat Angkut untuk Mencapai Target Produksi Overburden 240.000 BCM/bulan di Site Project Darmo PT Ulina Nitra Sumatera Selatan*. Sumatera: Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, 2014.
- [19] Sudrajat, *Operasi Penambangan Batubara*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2002.
- [20] Syaefudin, *Analisis Pemanfaatan fly ash dan bottom ash sebagai material alternatif NAF untuk Pencegahan Air Asam Tambang*. Jurnal Geosapta, 2020.
- [21] M. , R. N. dan R. B. Toha, *Analisis Efisiensi Kerja dan Produktivitas Pengangkutan Batubara Sistem Shovel – Dump Truck*, 3rd ed., vol. 3. Jurnal Teknik Pertambangan, 2019.
- [22] Weaver, *Rippability Rating Chart*. New York: ACSESS, 1975.
- [23] Tannant & Bruce, *Guidelines for mine haul road design*. 2001.
- [24] A. Tampubolon, “Optimasi Biaya Produksi Overburden dan Kaksa Menggunakan Program Linear dan Bunching Effect,” *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, pp. 27–34, Jul. 2023, doi: 10.29313/jrtp.v3i1.1752.
- [25] P. Prodjosumarto, *Pemindahan Tanah Mekanis*. Bandung: Departemen Tambang Institut Teknologi Bandung, 1993.
- [26] Rahman, M. Azmi, dkk., *Analisa Kelayakan Jalan Angkut Berdasarkan Geometri dan Material Perkerasan Jalan*, Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Iain Mangkurat, Jurnal GEOSAPTA Vol. 2 Juli 2016.

- [27] Riyanto, Thoni, dkk., 2016, Evaluasi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung pada Lapisan Tanah Dasar Pit Tutupan Area Highwall, *Jurnal HIMASAPTA*, Vol.1 No.2 50-56.
- [28] SKBI - 2.3.26, 1987, Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen, Departemen Pekerjaan Umum, Indonesia.
- [29] Sukirman, Silvia, 1999, *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*, Penerbit Nova, Bandung.
- [30] Sukirman, Silvia, 2010, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Penerbit Nova, Bandung.
- [31] Suwandhi, Awang, 2004, *Perencanaan Jalan Tambang*, Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Universitas Islam Bandung.