



Evaluasi Jalan Angkut untuk Produksi Penambangan Area Pit 6 B Pada PT Jhonlin Baratama Kalimantan

Nur Asmiani^{1*}, Sri Widodo², Arfa Usman³

^{1*,3}Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

²Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Gowa, Indonesia

Info Artikel

Diajukan: 19/04/2023

Diterima: 02/05/2023

Diterbitkan: 30/06/2023

Keywords:

Geometry; Hauling Road; Hauling Equipment; Cross Slope; Superelevation.

Kata Kunci:

Geometri; Jalan Angkut; Alat Angkut; Kemiringan Jalan; Superelevasi.



Lisensi: cc-by-sa

ABSTRACT

Road access is an important factor in the achievement of coal and OB transport targets. Therefore, transport activities must be accompanied by road conditions that are suitable to be used as production routes in accordance with the standards adopted by Bina marga and AASTHO. The purpose of this study is to determine the geometry of mining road and the supporting factor of smoothness and safety at PT. Jhonlin Baratama. The data used in this study are data of road haul road, radius and superelevation, cross slope and road slope. After this data is obtained then processed using software Minescape 5.7 to obtain the count of road length, road width, and elevation. MS Software. Excel to know the evaluation data of high difference, road grade, cross slope, radius and superelevation. Processed data were analyzed based on standards of Bina marga and international AASTHO to determine the feasibility of road geometry. From the results of study that has been done, it is known that the existing haul road already meets the minimum width requirement for a straight road that is 9 m for Hino 320 and 19 m for HD465-7. On the two-lane haul road and on the bend, for Hino 320 already meets the minimum width standard whereas for HD 465-7 it is necessary to add the width of the bend in segment C, F, G, H and I the width addition is intended to prevent dump truck waiting when passed. There are also some road segments whose slope exceeds the standard, which is 8% and does not have a cross slope that has the potential to cause puddles.

ABSTRAK

Akses jalan merupakan faktor penting dalam pencapaian target pengangkutan batubara dan OB karena itu kegiatan pengangkutan harus diiringi dengan kondisi jalan yang layak digunakan sebagai jalan produksi sesuai dengan standar yang diterapkan Bina marga dan AASTHO. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghitung geometri jalan tambang dan faktor pendukung kelancaran dan keselamatan kerja pada jalan tambang PT. Jhonlin Baratama. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data lebar jalan angkut tambang, jari-jari dan superelevasi, *cross slope* serta kemiringan jalan. Setelah data ini diperoleh kemudian diolah menggunakan software Minescape 5.7 untuk memperoleh hitungan panjang jalan, lebar jalan, dan elevasi. Software MS. Excel untuk mengetahui data evaluasi beda tinggi, *grade* jalan, *cross slope*, jari-jari dan superelevasi. Data hasil pengolahan dianalisis berdasarkan standar Bina marga dan internasional AASTHO untuk menentukan kelayakan geometri jalan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, diketahui bahwa jalan angkut yang ada sekarang sudah memenuhi syarat lebar minimum untuk jalan lurus yaitu 9 m untuk Hino 320 dan 19 m untuk HD465-7. Pada jalan angkut dua jalur dan pada tikungan, untuk Hino 320 sudah memenuhi standar lebar minimum sedangkan untuk HD 465-7 perlu adanya penambahan lebar tikungan pada segmen C, F, G, H dan I penambahan lebar ini dimaksudkan agar tidak terjadi dump truck menunggu saat berpapasan. Terdapat pula beberapa segmen jalan yang kemiringannya melebihi standar, yaitu 8% dan tidak memiliki *cross slope* yang berpotensi menimbulkan genangan air.

Corresponding Author:

Nur Asmiani

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar, Indonesia

Nurasmiani@umi.ac.id

PENDAHULUAN

PT. Jhonlin Baratama merupakan salah satu perusahaan tambang yang melakukan kegiatan penambangan batubara dengan metode *open pit* atau tambang terbuka. Sebagaimana yang telah diketahui bahwa alat angkut mempunyai kontribusi besar terhadap total produksi. Proses pengangkutan material pada wilayah penambangan, selain faktor alat yang menunjang produktivitas, kondisi geometri jalan tambang tentunya menjadi hal yang menyita perhatian karena menjadi kunci keberhasilan operasi tambang permukaan (da Silvera et al., 2016; Nanda, 2021; Warman et al., 2022; Cahyono et al., 2023; Megasukma et al., 2023). Kegiatan pengangkutan ini harus diiringi dengan kondisi jalan yang layak digunakan sebagai jalan produksi seperti yang dikatakan Suwandhi 2004. Salah satu yang mempengaruhi kelayakan suatu jalan angkut tambang adalah geometri (Rochim et al., 2021). Geometri jalan angkut yang ideal adalah yang telah memenuhi persyaratan yang disesuaikan dengan dimensi alat angkut yang digunakan (Ashari & Setiadji., 2025). Berdasarkan survey yang dilakukan di lapangan masih ada poin-poin geometri jalan yang tidak memenuhi kaedah menurut standar, seperti masih ada area yang tidak memiliki *safety berm*, *grade* jalan rata-rata masih mencapai 10%, sedangkan *grade* yang ideal nya 8% dan *dumptruck* tetap beroperasi dalam keadaan terpaksa karena mengejar target produksi. Masih terlihat bagian jalan yang tidak memiliki drainase, *cross slope* jalan angkut tidak jelas dan kurangnya perawatan jalan, sehingga saat hujan air tidak mengalir ke drainase secara maksimal.

METODE

Pendekatan analisis geometri pada jalan tambang dalam penelitian ini mengacu pada AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials*) serta Kepmen No. 1827/K/30/MEM/2018 yang pernah digunakan dalam penelitian sebelumnya seperti (Suwandhi., 2004; Multriwahyuni., 2018; Sani., 2023; Cahyono et al., 2023). Metodologi yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi Pustaka

Mempelajari literatur-literatur yang berkaitan dengan penulisan penelitian dan mengutip hal-hal yang penting yang diperlukan dalam penulisan ini.

2. Pengambilan Data

Data-data yang dibutuhkan untuk penelitian ini adalah: data lebar jalan angkut tambang, jari-jari dan superelevasi, data *cross slope* dan kemiringan jalan (*grade*)

3. Pengolahan Data

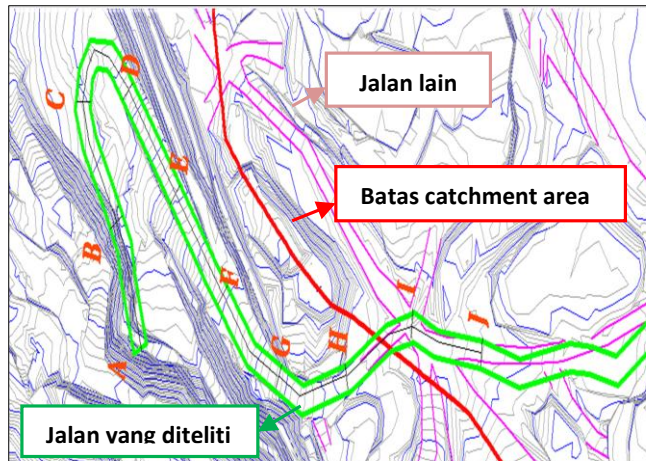
Pengolahan data dari data primer dan sekunder dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

- a. Perhitungan lebar jalan angkut jari-jari dan superelevasi, *cross slope* dan kemiringan jalan (*grade*)
- b. Analisis data yang sesuai standar literature dan tidak sesuai standar literatur
- c. Menentukan standar berdasarkan Bina marga 1990 dan AASTHO 1990

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Jalan *Hauling* di Area Pit 6 B

Jalan angkut tambang pada di area pit 6B menempuh jarak ± 900 meter. Geometri jalan angkut tambang meliputi, lebar jalan, jari-jari tikungan, tinggi tanjakan atau kemiringan jalan (*grade*) dan kemiringan melintang (*cross slope*) serta faktor-faktor pendukung kelancaran.

Gambar 1. Jalan *hauling* Area Pit 6 B

Lebar Jalan Tambang

a. Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan pada dasarnya menyatakan jarak terdekat dari kedua sisi jalan (Setiaji & Hariyanto., 2023). Berdasarkan pengukuran aktual, truck Hino320 mempunyai lebar 2,52 meter dan dump truck HD465-7 mempunyai lebar 5,315 meter. Maka lebar jalan lurus minimum untuk Hino 320 2 (dua) jalur adalah:

$$\begin{aligned} L_{\min} &= (2 \times 2,52 \text{ m}) + [(2 + 1) \times (0,5 \times 2,52 \text{ m})] \\ &= 8,82 \text{ m} \sim 9 \text{ meter} \end{aligned}$$

Serta lebar jalan lurus minimum untuk HD465-7 2 (dua) jalur adalah:

$$\begin{aligned} L_{\min} &= (2 \times 5,31 \text{ m}) + [(2 + 1) \times (0,5 \times 5,31 \text{ m})] \\ &= 18,60 \text{ m} \sim 19 \text{ meter} \end{aligned}$$

Tabel 1. Jarak dan Lebar Tiap Segmen

Segmen	A	A'	Jarak (m)	Lebar (m)
A	-13,00	-4,00	100	19,16
B	-4,00	-6,00	100	20,53
C	-6,00	2,00	100	19,26
D	2,00	14,00	100	19,32
E	14,00	24,00	100	20,15
F	24,00	34,00	100	19,54
G	34,00	40,00	100	19,59
H	40,00	36,00	100	19,10
I	36,00	38,00	100	21,55

Tabel 2. Koreksi Lebar jalan

Keterangan	L min 9 dan 19	Koreksi Lebar jalan
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	sesuai
2 Jalur	> L min	Sesuai
2 Jalur	> L min	Sesuai
2 Jalur	> L min	Sesuai

Berdasarkan perhitungan titik sampel di atas, maka didapatkan lebar jalan angkut tambang pada PT. Jhonlin Baratama di area pit 6B untuk kedua alat angkut sepanjang ruas jalan tersebut 100% sudah memenuhi standar jalan angkut tambang yang baik dan benar.

b. Lebar Jalan Pada Tikungan

Selalu dibuat lebih besar dari pada jalan lurus. Hal ini dimaksudkan untuk mengantisipasi adanya penyimpangan lebar alat angkut yang disebabkan oleh sudut yang dibentuk oleh roda depan dengan badan truk saat melintasi tikungan.

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

$$Fa = Ad \times \sin \alpha$$

$$Fb = Ab \times \sin \alpha$$

$$C = Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb)$$

Keterangan:

$W_{\min}$ = Lebar jalan pada belokan (m)

n = Jumlah jalur

U = Lebar jejak roda (*centre to centre tyre*)

F = Lebar jantai (*overhang*) depan (m)

B = Lebar jantai belakang (m)

Z = Lebar bagian tepi jalan (m)

C = Jarak antar kendaraan (m)

Ad = Jarak as roda depan dengan bagian depan *dump truck* (m)

Ab = Jarak as roda belakang dengan bagian belakang *dump truck* (m)

α = Sudut penyimpangan (belok) roda depan ($^{\circ}$)

Maka untuk unit Hino320 :

$$\begin{aligned} Fa &= Ad \times \sin \alpha \\ &= 1,51 \sin 43^{\circ} = 1,03 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fb &= Ab \times \sin \alpha \\ &= 2,14 \sin 43^{\circ} = 1,46 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \\ &= Z = 0,5 (3,50 + 1,03 + 1,46) \\ &= 2,99 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\min} &= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \\ &= 2 (2,21 + 1,03 + 1,46 + 2,53) + 2,53 \\ &= 16,99 \text{ m} \\ &= 17 \text{ m} \end{aligned}$$

Maka untuk unit HD465-7:

$$\begin{aligned} Fa &= Ad \times \sin \alpha \\ &= 2,15 \sin 41^{\circ} = 1,41 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fb &= Ab \times \sin \alpha \\ &= 3,19 \sin 41^{\circ} = 2,092 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C &= Z = \frac{1}{2} (U + Fa + Fb) \\ &= Z = 0,5 (3,50 + 1,41 + 2,092) \\ &= 3,501 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\min} &= 2 (U + Fa + Fb + Z) + C \\ &= 2 (3,50 + 1,41 + 2,092 + 3,501) + 3,501 \\ &= 24,50 \text{ m} \\ &= 25 \text{ m} \end{aligned}$$

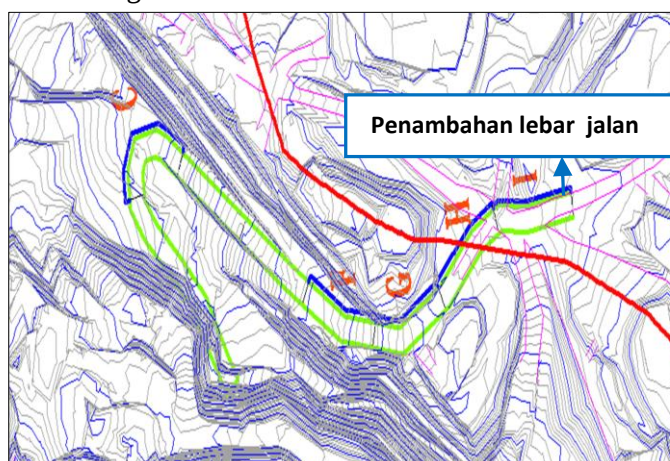
Tabel 3. Evaluasi Lebar Jalan pada Tikungan Hino

Segmen	Lebar (m)	Wmin Hino	Koreksi tikungan	ket
C	19,26	>Wmin	Ok	2 jalur
F	19,54	>Wmin	Ok	2 jalur
G	19,59	>Wmin	Ok	2 jalur
H	19,10	>Wmin	Ok	2 jalur
I	21,55	>Wmin	Ok	2 jalur

Tabel 4. Evaluasi Lebar Jalan pada Tikungan HD

Segmen	Lebar (m)	Wmin HD	Koreksi tikungan	ket
C	19,26	<Wmin	5,74	2 jalur
F	19,54	<Wmin	5,46	2 jalur
G	19,59	<Wmin	5,41	2 jalur
H	19,10	<Wmin	5,90	2 jalur
I	21,55	<Wmin	3,45	2 jalur

Untuk tikungan pada 2 (dua) jalur menurut perhitungan teori diperoleh lebar minimum untuk jalan pada tikungan adalah Hino320 17 meter dan HD465-7 sebesar 25 meter, sedangkan di lapangan pada ruas jalan tikungan dari hasil pengukuran aktual Hino320 sudah memenuhi standar sedangkan untuk HD465-7 tidak ada yang memenuhi standar perhitungan. Koreksi tikungan setiap segmen yang besar dari segmen C,F,G,H, dan I mulai dari 5,90 m yang paling besar sampai 3,45 m yang terendah. Keadaan ini akan mempengaruhi kelancaran alat angkut saat beroperasi. Maka dari itu pada jalan tikungan kurang memenuhi standar lebar jalan pada tikungan minimum perlu untuk diperlebar lagi sesuai dengan koreksi.



Gambar 2. Penambahan Lebar Jalan di Tikungan

Jari-Jari dan Superelevasi

Permasalahan Superelevasi erat kaitannya dengan jari-jari tikungan. Suatu tikungan akan dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut apabila radius tikungannya lebih besar atau minimal sama dengan jari-jari lintasan yang dimiliki oleh alat angkut yang digunakan. Jari-jari Lintasan yang dimiliki oleh masing-masing alat angkut yaitu Hino320 dan HD465-7.

Tabel 5. Jari-jari Lintasan Alat Angkut

Dump Truck	Sudut penyimpanan Roda Depan	Jari-Jari Lintasan (m)
Komatsu HD 465-7	41°	7,545
Hino 320	43°	6,578

Kecepatan yang digunakan adalah 15 km/jam. Sedangkan koefisien gesekan secara matematis dapat dihitung dengan:

a. Untuk $V < 80$ km/jam.

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

b. Untuk demikian harga koefisien gesekan dengan V 15 km/jam adalah:

$$f = -0,00125 \cdot V + 0,24$$

Dengan demikian harga koefisien gesekan dengan V 15 km/jam adalah:

$$f = -0,00065 \cdot 15 + 0,192$$

$$= -9,75 \times 10^{-3} + 0,192$$

$$= 0,182$$

$$e + f = \frac{v^2}{127 \cdot R}$$

Dimana:

e = nilai super elevasi (mm/m)

V = kecepatan yang digunakan

R = Jari-jari tikungan

f = faktor gesek (0)

Jadi nilai super elevasi tikungan Hino320 ($R = 6,578$) dan HD465-7 ($R = 7,545$)

$$e = \frac{15^2}{127 \cdot 6,578} - 0,182$$

$$= 0,087 \text{ m/m (Hino320)}$$

$$e = \frac{15^2}{127 \cdot 7,545} - 0,182$$

$$= 0,053 \text{ m/m (HD465)}$$

Setelah angka *superelevasi* diketahui maka dapat diketahui perbedaan tinggi yang harus dibuat antara sisi dalam dan luar tikungan.

Superelevasi untuk Hino320:

$$\text{Nilai superlevasi} = 0,087 \text{ m/m}$$

$$\text{Lebar jalan tikungan} = 17 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Superlevasi} &= 0,087 \text{ m/m} \times 17 \text{ m} \\ &= 1,479 \text{ m} = 147,9 \text{ cm} \end{aligned}$$

Superelevasi untuk HD465-7:

$$\text{Nilai superlevasi} = 0,053 \text{ m/m}$$

$$\text{Lebar jalan tikungan} = 25 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Superlevasi} &= 0,053 \text{ m/m} \times 25 \text{ m} \\ &= 1,325 \text{ m} = 132,5 \text{ cm} \end{aligned}$$

Jari-Jari Tikungan.

$$R = V^2 / [127(e + f)]$$

Dimana:

R = jari-jari tikungan, m

V = kecepatan yang digunakan, 15 km/jam

e = *superelevasi*, 0,053 m/m

f = koefisien gesekan

Untuk kecepatan rencana < 80 km/jam

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

$$= -0,00065 (15) + 0,192$$

$$= 0,182$$

$$R = 15^2 / [127(0,087 + 0,182)]$$

$$= 6,58 \text{ (Hino320)}$$

$$R = 15^2 / [127(0,053 + 0,182)]$$

$$= 7,53 \text{ (HD465-7)}$$

Diketahui jarak antara poros depan dengan poros belakang (Wb), sedangkan sudut penyimpangan roda depan (α), maka jari-jari minimum tikungan jalan angkut adalah:

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

Dump Truck Hino320

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha} = \frac{4,48}{\sin 43^\circ} = 6,578 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi} &= R - \text{Superelevasi} \\ &= 6,57 - 1,47 \\ &= 5,1 \text{ m} \end{aligned}$$

Kecepatan alat angkut saat melewati tiap tikungan dengan *superelevasi* 5,1 m:

$$V = \sqrt{[(e+f) \times 127 \times R]}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{[(0,087+0,182) \times 127 \times 6,578]} \\ &= 14,990 \text{ km/jam} = 14,990 : 1,610 = 9,31 \text{ mph} \end{aligned}$$

Dump Truck Komatsu HD 465-7

$$R = \frac{Wb}{\sin \alpha} = \frac{4,95}{\sin 41^\circ} = 7,545 \text{ meter}$$

$$\begin{aligned} \text{Beda tinggi} &= R - \text{Superelevasi} \\ &= 7,54 - 1,32 \\ &= 6,22 \text{ m} \end{aligned}$$

Kecepatan alat angkut saat melewati tiap tikungan dengan *superelevasi* 6,22 m:

$$V = \sqrt{[(e+f) \times 127 \times R]}$$

$$\begin{aligned} V &= \sqrt{[(0,053+0,182) \times 127 \times 7,545]} \\ &= 15,006 \text{ km/jam} = 15,006 : 1,610 = 9,32 \text{ mph} \end{aligned}$$

Kemiringan Jalan Amgkut Tambang (Grade)

Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut/truk berkisar antara 10% sampai 18% atau 6° sampai $8,5^\circ$, akan tetapi untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan kurang dari 8%.

Kemiringan jalan di PT. Jhonlin Baratama sangat bervariasi salah satunya yang terbesar pada segmen jalan D-E yang akan dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

Δh : Beda tinggi antara dua titik segmen yang diukur (meter)

Δx : Jarak datar antara dua titik segmen jalan diukur (meter)

Perhitungan pada segmen:

$$\text{A-B} = \frac{9}{100} \times 100\% = 9\%$$

$$\text{B-C} = \frac{-2}{100} \times 100\% = -2\%$$

$$\text{C-D} = \frac{8}{100} \times 100\% = 8\%$$

$$\text{D-E} = \frac{12}{100} \times 100\% = 12\%$$

$$\text{E-F} = \frac{10}{100} \times 100\% = 10\%$$

$$\begin{aligned}
 \text{F-G} &= \frac{10}{100} \times 100\% = 10\% \\
 \text{G-H} &= \frac{6}{100} \times 100\% = 6\% \\
 \text{H-I} &= \frac{-4}{100} \times 100\% = -4\% \\
 \text{I-J} &= \frac{2}{100} \times 100\% = 2\%
 \end{aligned}$$

Adapun data kemiringan segmen jalan dan perbandingannya dengan *grade* minimum jalan tambang terlihat seperti pada tabel 6. Kemiringan jalan angkut maksimum yang dianjurkan berdasarkan teori adalah sebesar 8%. Dan berdasarkan perolehan data di lapangan, kemiringan jalan angkut pada PT. Jhonlin Baratamamasih banyak terdapat contoh ruas jalan yang melebihi standar yang dianjurkan. Secara teoritis kemiringan maksimum jalan angkut yang mampu diatasi *truck* dapat diketahui berdasarkan jumlah *rimpull* yang tersedia dan jumlah *rimpull* yang dibutuhkan untuk mengatasi tahanan guling (*rolling resistance*) dan tanjakan (*grade resistance*).

Tabel 6. Evaluasi Kemiringan Jalan (*grade*)

Segmen	Beda tinggi (m)	Jarak (m)	Grade (%)	Koreksi <i>grade</i>
A	9,00	100	9	-1
B	-2,00	100	-2	Ok
C	8,00	100	8	Ok
D	12,00	100	12	-4
E	10,00	100	10	-2
F	10,00	100	10	-2
G	6,00	100	6	Ok
H	-4,00	100	-4	Ok
I	2,00	100	2	Ok

Kemiringan Melintang Jalan Angkut Tambang

Nilai *cross slope* yang direkomendasikan adalah sebesar 20-40 mm/m jarak dari bagian tepi ke bagian tengah jalan, Maka:

$$\begin{aligned}
 \text{"beda tinggi"} &= \max 40 \text{ mm/m} \times \left(\frac{1}{2} \times \text{lebar jalan}\right) = 40 \text{ mm/m} \times \left(\frac{1}{2} \times 9 \text{ m}\right) \\
 &= 180 \text{ mm} = 18 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Berarti untuk jalan angkut dengan lebar 9 m maka harus dibuat kemiringan melintang sebesar 180 mm. Berdasarkan data hasil pengukuran di lapangan dan perhitungan, maka didapatkan perbandingan kemiringan melintang (*cross slope*) masing-masing segmen adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{A-B} &= (0,5 \times 19,168 \text{ m}) \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 383,36 \text{ mm} \\
 &= 38,336 \text{ cm} \\
 \text{B-C} &= (0,5 \times 20,537 \text{ m}) \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 410,74 \text{ mm} \\
 &= 41,074 \text{ cm} \\
 \text{C-D} &= (0,5 \times 19,266 \text{ m}) \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 385,32 \text{ mm} \\
 &= 38,532 \text{ cm} \\
 \text{D-E} &= (0,5 \times 19,322 \text{ m}) \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 386,44 \text{ mm} \\
 &= 38,644 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{E-F} &= (0,5 \times 20,150 \text{ m}) \times 40^{\text{mm/m}} \\
 &= 403 \text{ mm} \\
 &= 40,3 \text{ cm} \\
 \text{F-G} &= (0,5 \times 19,545 \text{ m}) \times 40^{\text{mm/m}} \\
 &= 390,9 \text{ mm} \\
 &= 39,09 \text{ cm} \\
 \text{G-H} &= (0,5 \times 19,597 \text{ m}) \times 40^{\text{mm/m}} \\
 &= 391,94 \text{ mm} \\
 &= 39,194 \text{ cm} \\
 \text{H-I} &= (0,5 \times 19,105 \text{ m}) \times 40^{\text{mm/m}} \\
 &= 381,1 \text{ mm} \\
 &= 38,21 \text{ cm} \\
 \text{I-J} &= (0,5 \times 21,554 \text{ m}) \times 40^{\text{mm/m}} \\
 &= 431,08 \\
 &= 43,108 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Tabel 7. Evaluasi Kemiringan Melintang (*cross slope*)

Segmen	Lebar (m)	Cross slope	Seharusnya (cm)
A	19,16	Tidak jelas	38,32
B	20,53	Tidak jelas	41,06
C	19,26	Tidak jelas	38,52
D	19,32	Tidak jelas	38,64
E	20,15	Tidak jelas	40,30
F	19,54	Tidak jelas	39,08
G	19,59	Tidak jelas	39,18
H	19,10	Tidak jelas	38,20
I	21,55	Tidak jelas	43,10

Berdasarkan data yang diperoleh, pada ruas jalan yang diukur maka didapatkan hasil, *cross slope*-nya belum sesuai dengan ukuran jalan yang ada karena tidak jelas. Maka peneliti menyarankan agar perawatan jalan oleh operator *motorgrader* perlu diawasi lagi. Hal ini menjadi perhatian mengingat pentingnya pengaliran genangan air yang mungkin terjadi pada permukaan jalan angkut saat hujan jika kemiringan melintang tidak memenuhi standar. Maka dari itu perusahaan perlu lebih memperhatikan fungsi pengaliran pada jalan angkut tambang dengan mengoptimalkan kemiringan melintang pada jalan (*cross slope*) yang kurang memenuhi standar agar aktivitas pengangkutan dapat tetap efektif meskipun dalam kondisi musim hujan.

SIMPULAN

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian:

1. Jalan angkut yang ada sekarang sudah memenuhi syarat lebar minimum untuk jalan lurus yaitu 9 m untuk *truck* Hino 320 dan 19 m untuk *dump truck* HD465-7. Pada jalan angkut dua jalur dan pada tikungan, untuk Hino 320 sudah memenuhi standar lebar minimum sedangkan untuk HD 465-7 perlu adanya penambahan lebar tikungan pada segmen C, F, G, H dan I penambahan lebar ini dimaksudkan agar tidak terjadi *dump truck* menunggu saat berpapasan. Kemiringan jalan angkut tambang (*grade*) yang dianjurkan untuk jalan angkut pertambangan adalah sebesar $\leq 8\%$.
2. Pada jalan angkut belum terdapat *cross slope* sehingga dapat memungkinkan terjadinya genangan air pada badan jalan dan dapat menyebabkan jalan licin.

REFERENSI

Ashari, R. H., & Setiadji, J. S. (2025). Evaluasi Geometri Jalan Hauling Overburden Pit X untuk Menunjang Operasional yang Aman. *Jurnal Dimensi Insinyur Profesional*, 3(1), 48-53.

- Cahyono, Y. D. G., Putri, F. A. R., & Dinoy, E. (2023). Kajian Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas di PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energi Kalimantan Timur Study Of The Effect of Haul Road Geometry on Productivity at PT. Karebet Mas Indonesia, Site Kutai Energy East Kalimantan. *Jurnal Geosapta* Vol, 9(01).
- Megasukma, Y., Zahar, W., Wiratama, J., Prabawa, A. D., & Lagowa, M. I. (2023). Karakteristik Material Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Uji Atterberg dan California Bearing Ratio. *Jurnal Geosapta*, 9(1), 15-24.
- Multriwahyuni, A., Gusman, M., & Anaperta, Y. M. (2017). 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. *Jurnal Bina Tambang*, 3(4), 1513-1522.
- Nanda, M. D. (2021). Kajian Geometri Jalan Tambang berdasarkan AASHTO dan Kepmen No. 1827/K/30/Mem/2018 pada Penambangan Andesit di PT XYZ, Kecamatan Rumpin, Kabupaten Bogor, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 107-116.
- Rochim, N., Triantoro, A., & Hakim, R. N. (2021). Evaluasi Kondisi Jalan Tambang Berdasarkan Geometri Untuk Meningkatkan Produktifitas Alat Angkut Pada Pt Madhani Talatah Nusantara. *Jurnal Himasapta*, 6(1), 27-32.
- Sani, R. A. (2023). Evaluasi Geometri Jalan Angkut Material Overburden pada Aktivitas Penambangan PIT Kusan Giri Selatan PT Putra Perkasa Abadi. *Jurnal Geomine*, 11(02), 134-142.
- Setiaji, W. S., & Hariyanto, T. (2023). Kajian Geometri Jalan Tambang Berdasarkan Teori AASHTO dan KepMen ESDM No 1827K/30/Mem/2018 pada Area Pertambangan menggunakan Data Foto Udara (Studi Kasus: Sanga–Sanga, Kutai Kartanegara, Kalimantan Timur). *Geoid*, 19(1), 8-17.
- Silveira, P. R. D., Peroni, R. D. L., & Visser, A. T. (2016). Practical haul road design methodology application based on site characterization. In *World Mining Congress (24.: 2016: Rio de Janeiro, RJ).[Proceedings][recurso eletrônico]*. Brasilia: IBRAM, 2016.
- Suwandhi, A. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*. Diklat Perencanaan Tambang Terbuka, Universitas Islam Bandung.
- Warman, N., Hasan, H., Winarno, A., Trides, T., & Devy, S. (2022). Studi Pengaruh Geometri Jalan Akses Terhadap Produktivitas Alat Angkut Dalam Mencapai Target Produksi Overburden Pada PT Energi Cahaya Industritama. *Jurnal Teknologi Mineral*. Fakultas Teknik; Universitas Mulawarman, 10(1), 31-37.