

Evaluasi Geometri Jalan Gaharu Pit B Rawa Selatan PT Mandala Karya Prima Site Karrasi, Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara

Fadhur Rohman*, Bambang Heriyadi

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

* fadhurrohman860@gmail.com

Abstrak. PT Mandala Karya Prima merupakan perusahaan jasa pertambangan batubara yang berlokasi di Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara. Salah satu *pit* yang ada di PT Mandala Karya Prima adalah Pit B Rawa Selatan di Jalan Gaharu yang berfungsi untuk pengangkutan *overburden*. PT Mandala Karya Prima menerapkan sistem penambangan terbuka. Dalam mendukung kegiatan operasional penambangan dibutuhkan jalan angkut. Jalan Gaharu merupakan jalan angkut yang tergolong baru, sehingga masih banyak kekurangan pada jalan tersebut terutama dari segi geometri jalan, misalnya kemiringan melintang yang tidak sesuai dengan nilai ideal yaitu 2-4%, lebar jalan yang belum ideal dimana memiliki lebar kurang dari 25 meter dengan nilai ideal 25 meter, *superelevasi* yang belum sesuai, dan *grade* jalan yang melebihi 8%. Geometri yang tidak ideal akan menghambat kegiatan penambangan. Dalam penelitian ini menggunakan perbandingan aktual dengan KEPMEN ESDM 1827K. Berdasarkan pengukuran menggunakan *software Arcgis 10.8* yang dilengkapi dengan peta ortho dan peta kontur, panjang jalan yang digunakan adalah 1,4 km. Lebar jalan lurus dari total 27 ruas, 26 ruas memiliki lebar jalan yang ideal untuk dilalui Komatsu HD 785-5 dan yang tidak ideal berada pada titik 26. Lebar jalan tikungan dari total 6 ruas, 3 ruas yang ideal dan 3 ruas yang tidak ideal yaitu pada titik 30, 31, 32 yang tidak dapat dilalui Komatsu HD 785-5. *Superelevasi* ideal pada jalan tersebut adalah 4% atau 1,098 m. Namun, dua tikungan tidak memiliki *superelevasi* yang sesuai. Kelandaian jalan yang ideal berdasarkan persyaratan perusahaan adalah 8%. Namun, kondisi aktualnya ada satu segmen yang tidak memiliki nilai *grade* jalan yang ideal, yaitu pada segmen 2.

Kata kunci: jalan tambang, kecepatan, *overburden*, *open pit*

Abstract PT Mandala Karya Prima is a coal mining service company located in Sembakung District, Nunukan Regency, North Kalimantan Province. One of the pits at PT Mandala Karya Prima is Pit B Rawa Selatan on Gaharu Street, which is used for *overburden* transportation. PT Mandala Karya Prima employs an open-pit mining system. To support mining operations, a transport road is necessary. Gaharu Street is a relatively new transport road, and it has several deficiencies, particularly in terms of road geometry. For instance, the transverse slope does not meet the ideal value of 2-4%, the road width is less than the ideal 25 meters, the *superelevation* is inadequate, and the road grade exceeds 8%. Non-ideal geometry can impede mining activities. This study compares actual conditions with KEPMEN ESDM 1827K regulations. Based on measurements using ArcGIS 10.8 with ortho and contour maps, the length of the road evaluated is 1.4 km. Of the 27 straight road segments, 26 have an ideal width for Komatsu HD 785-5, while one segment at point 26 is not ideal. Of the 6 curve segments, 3 are ideal and 3 are not ideal, specifically at points 30, 31, and 32, where the Komatsu HD 785-5 cannot pass. The ideal *superelevation* for the road is 4% or 1.098 meters. However, two curves lack appropriate *superelevation*. The ideal road grade according to company requirements is 8%. However, the actual condition shows that one segment, segment 2, does not meet the ideal road grade value.

Keywords: mine road, speed, *overburden*, *open pit*

Tanggal Diterima: 14/08/2024; Tanggal Direvisi: 23/08/2024; Tanggal Disetujui: 23/08/2024; Tanggal Dipublikasi: 23/08/2024

1. Pendahuluan

PT Mandala Karya Prima adalah sebuah perusahaan jasa pertambangan yang beroperasi sebagai kontraktor dan berlokasi di Kecamatan Sembakung, Kabupaten Nunukan, Provinsi Kalimantan Utara. Pit B Rawa Selatan merupakan salah satu Pit di PT Mandala Karya Prima. Pada Pit B Rawa Selatan dibangun Jalan Gaharu untuk pengangkutan *overburden*. Jalan Gaharu memiliki panjang 1,4 km yang menghubungkan Pit B Rawa Selatan dengan *disposal OPD (Out Pit Dump)* utara untuk membantu kegiatan operasional penambangan *overburden*.

PT Mandala Karya Prima adalah salah satu perusahaan yang menggunakan sistem

penambangan terbuka. Dalam proses pengangkutan batubara, diperlukan jalan angkut yang memenuhi standar jalan yang baik agar proses pengangkutan dapat berjalan lancar. Namun, salah satu kelemahan dari metode penambangan terbuka adalah ketika hujan turun, seluruh operasional penambangan harus dihentikan. Jika tetap dilanjutkan, jalan di Pit B Rawa Selatan bisa menjadi licin dan meningkatkan risiko terjadinya longsor (*sliding*).

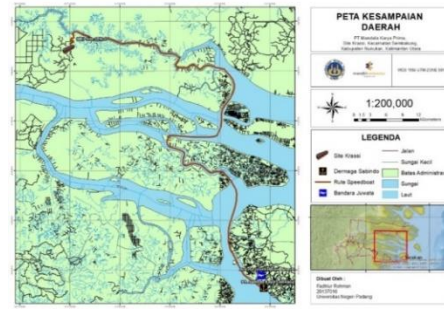
Kegiatan operasional pada metode tambang terbuka ini harus didukung dengan beberapa sarana infrastruktur vital, salah satunya adalah jalan tambang [1]. Berdasarkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No. 1827 K/30/MEM/2018 Jalan

Tambang/Produksi adalah jalan yang terdapat pada area pertambangan dan/atau area proyek yang digunakan dan dilalui oleh alat pemindah tanah mekanis dan unit penunjang lainnya dalam kegiatan pengangkutan tanah penutup, bahan galian tambang, dan kegiatan penunjang pertambangan [1].

Jalan Gaharu masih tergolong baru dan memiliki beberapa kekurangan, terutama dalam hal geometrinya. Beberapa masalah yang ditemukan antara lain *cross slope* yang belum mencapai nilai ideal 2-4%, lebar jalan yang kurang dari standar ideal 25 meter, superelevasi yang tidak sesuai, serta grade jalan yang melebihi 8%. Pada penelitian ini belum adanya dilakukan perbandingan jalan aktual dengan KEPMEN ESDM 1827K. Perbandingan tersebut akan mengungkapkan kondisi geometri jalan yang tidak ideal. Berdasarkan kondisi tersebut, penulis mengangkat judul “*Observasi Geometri Jalan Gaharu Pit B Rawa Selatan Site Karassi PT Mandala Karya Prima Kecamatan Sembakung Kabupaten Nunukan Kalimantan Utara*”.

2. Lokasi Penelitian

Lokasi operasional PT Mandala Karya Prima secara administratif berada di Kecamatan Sembakung dan Kecamatan Sesayap Hilir, yang terletak di Kabupaten Nunukan dan Kabupaten Tana Tidung, Provinsi Kalimantan Utara. Perusahaan ini memiliki luas wilayah sebesar 9.240 hektar, dengan koordinat geografis paling selatan terletak di 3°37'12.0" LU, paling utara 3°43'54.0" LS, paling timur 117°16'6.0" BT dan paling barat 117°11'0.0" BT. Lokasi operasional PT Mandala Karya Prima dapat ditempuh dengan transportasi udara dari Bandara Internasional Minangkabau (BIM) menuju Bandara Internasional Juwata Tarakan selama 4,5 jam dengan dua kali transit di Bandara Soekarno-Hatta Jakarta dan Bandara Sultan Aji Muhammad Sulaiman Tarakan. Setibanya di Tarakan, untuk mencapai bagian utara lokasi tambang PT Mandala Karya Prima, diperlukan perjalanan dengan *speed boat* selama sekitar 2–3 jam. Rute yang ditempuh meliputi Tarakan–Sungai Tibi–Tanah Merah–Sungai Linuang Kayam–Sungai Lagup atau Sungai Krassi. Sementara itu, untuk menuju bagian selatan lokasi tambang PT Mandala Karya Prima, masih menggunakan *speed boat* dengan waktu tempuh sekitar 1,5–2 jam, melalui jalur Tarakan–Sungai Sesayap Selatan–Desa Manjalutung. Peta lokasi dan kesampaian wilayah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Lokasi dan Kesampaian Daerah PT MKP

3. Metodologi Penelitian

3.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian terapan. Penelitian terapan (*applied research*) bertujuan untuk menemukan solusi atas masalah yang terjadi di lapangan. Penelitian ini juga melibatkan eksperimen dengan menggabungkan data teoritis dan praktik di lapangan, sehingga data yang disajikan dalam penelitian ini adalah data kuantitatif.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Kegiatan ini dimulai dengan mempelajari teori yang terkait dengan materi yang akan diterapkan di lapangan melalui sumber-sumber seperti buku, internet, dan laporan penelitian yang berkaitan dengan geometri jalan tambang yang ideal berdasarkan KEPMEN ESDM 1827K.

Selanjutnya, dilakukan orientasi lapangan dengan melakukan peninjauan langsung untuk mengamati kondisi daerah yang akan diteliti, serta mengidentifikasi masalah yang ada untuk dijadikan topik penelitian. Kemudian, dilakukan pengumpulan data lapangan yang mencakup data primer dan data sekunder. Data primer meliputi geometri jalan angkut seperti lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, kemiringan (*grade*), *cross slope*, dan *superelevasi*. Data sekunder mencakup peta topografi, peta Izin Usaha Pertambangan (IUP), peta geologi, spesifikasi HD 875, dan peta jalan angkut tambang.

3.3 Teknik Pengolahan Data

3.3.1 Teknik Pengambilan Data

Pengumpulan data dilakukan setelah studi literatur dan penelitian lapangan selesai. Data yang dikumpulkan meliputi data primer dan data sekunder, yang diperoleh melalui pengamatan, identifikasi faktor penyebab masalah, penerapan tindakan perbaikan, dan evaluasi hasil. Pengambilan data primer dilakukan berupa, (1) pengambilan lebar jalan lurus dan lebar tikungan dengan menggunakan pita ukur ke lapangan, (2) pengambilan nilai elevasi menggunakan data peta topografi dan kondisi lapangan diolah menggunakan *software* Argis dan Surpac untuk memperoleh nilai *cross slope*, *grade* jalan, dan *superelevasi*. Sedangkan pengambilan data sekunder dilakukan berupa pengambilan: (1)

data produksi, (2) spesifikasi alat angkut dan (3) peta orthophoto, (4) peta topografi, dan (5) peta situasi.

3.3.2 Analisis Data

Langkah selanjutnya yaitu melakukan pengolahan data dan analisis sehingga didapatkan hasil analisis dan pembahasannya. Berikut analisis yang dilakukan:

1. Melakukan orientasi pada Jalan Gaharu.
2. Mengidentifikasi masalah yang terjadi pada Jalan Gaharu.
3. Melakukan analisis mengenai geometri jalan pada Jalan Gaharu.
4. Mengambil data dan mengolah data dengan *software* Argis dan Surpac.
5. Melakukan perbandingan geometri aktual dengan geometri standar menurut KEPMEN ESDM 1827K.

3.3.3 Hasil

Tahap ini dicapai setelah melakukan korelasi antara hasil pengolahan data dengan masalah yang diteliti, serta memberikan rekomendasi untuk perbaikan atau pemeliharaan kondisi jalan angkut. Hal ini bertujuan agar alat angkut dapat beroperasi secara optimal dan pengangkutan *overburden* dari *Pit* ke *disposal* sesuai dengan standar KEPMEN ESDM 1827K.

4. Pembahasan

4.1 Geometri Jalan Standar

Acuan yang digunakan untuk geometri jalan yaitu dari Kepmen ESDM 1827K tahun 2018 [2] bisa dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 1. Geometri Jalan Standar

Parameter Jalan	Kepmen ESDM 1827K Tahun 2018	Ideal Terukur
Lebar Jalan Lurus	3.5 kali alat angkut terbesar	Lebar Komatsu HD 785 = 8 m (3.5 × 8 = 28 m)
Lebar Jalan Tikungan	Tergantung jenis alat angkut	$C = Z$ $= \frac{1}{2}(U + Fn + Fb)$ $= 28,65 \text{ m}$
Superelevasi	Tergantung jenis alat angkut (Maks. 10%)	$e + f = \frac{V^2}{127R}$ $= 4\%$
Grade Jalan	8-12%	Beda tinggi (Δh) dan beda jarak (Δx) = 8%
Cross Fall	2% dari tengah jalan	Beda tinggi badan jalan dengan tepi jalan sebesar 2%

4.2 Geometri Jalan Aktual

a. Lebar Jalan Lurus

Berikut data aktual lebar jalan lurus PT Mandala Karya Prima.

Tabel 2. Lebar Jalan Lurus pada Jalan Gaharu

No.	Lebar (m)	Remarks
1	29	
2	26	
3	30	
4	30	
5	30	
6	30	
7	41	
8	42	
9	42	
10	39	
11	43	
12	34	
13	36	
14	33	Two Away
15	41	
16	34	
17	33	
18	40	
19	43	
20	39	
21	40	
22	37	
23	31	
24	31	
25	29	
26	23	
27	29	

b. Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan tikungan juga direncanakan geometri jalan tambang, karena jika tidak sesuai dengan dimensi alat angkut maka akan mempengaruhi kecepatan alat. Berikut data aktual yang didapatkan dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 3. Lebar Jalan Tikungan pada Jalan Gaharu

No.	Lebar (m)	Remarks
7	29	
8	31	
9	34	
30	21	Two Away
31	18	
32	19	

c. Grade Jalan

Grade jalan merupakan kemiringan jalan angkut yang diukur berdasarkan beda tinggi (Δh) dan beda jarak (Δx) dalam bentuk persentase di setiap segmen jalan. Pengukuran *grade* jalan memakai peta ortho, peta situasi, peta kontur untuk mengukur tinggi dan jarak antar segmen jalan [3]. Jika nilai beda tinggi (Δh)-(minus) maka itu pertanda bahwa jalan tersebut merupakan turunan

sehingga nilai *grade* jalan bisa diabaikan atau bisa dikatakan jalan tersebut tidak memiliki nilai *grade* jalan [3]. Berikut *grade* jalan pada Jalan Gaharu dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 4. *Grade* Jalan Gaharu per-100 Meter

No	Grade Jalan (%)
1	5,054
2	9,263
3	7,428
4	7,08
5	5,678
6	2,671
7	3,165
8	4,006
9	3,512
10	3,258
11	3,168
12	2,031
13	2,139
14	-1,198

d. *Superelevasi*

Superelevasi adalah kemiringan jalan di tikungan yang terjadi akibat perbedaan elevasi (ketinggian) antara tepi jalan luar dan tepi jalan dalam [4]. Di Jalan Gaharu, terdapat 2 tikungan dengan nilai *superelevasi* yang berbeda. Data *superelevasi* untuk jalan alat angkut bermuatan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5. *Superelevasi*

No	Superelevasi
1	-3,467
2	-0,942

e. *Cross Slope*

Cross slope adalah sudut yang terbentuk antara kedua sisi jalan dengan bidang horizontal[9]. Tujuan dari *cross slope* adalah untuk mengatasi masalah drainase jalan, sehingga saat hujan, air yang berada di tengah jalan dapat langsung mengalir ke bahu jalan dan tidak menggenangi permukaan jalan. Dengan demikian, permukaan jalan tidak akan mengalami kerusakan akibat genangan air. Untuk di *Pit* rawa selatan nilai *cross slope* bervariasi di setiap segmen, berikut nilai *cross slope* dari masing-masing segmen dalam tabel berikut.

Tabel 6. *Cross Slope*

No.	Kemiringan Kiri (%)	Kemiringan Kanan (%)
1	-2,3	3,9
2	0,8	8,7
3	3,5	-4,8
4	-1,2	-1,7
5	-6,2	-5

No.	Kemiringan Kiri (%)	Kemiringan Kanan (%)
6	-9,7	-2,2
7	-3,9	-0,1
8	-1	0,4
9	-0,6	4
10	3,5	1,5
11	-0,5	2,2
12	0,2	1,7
13	3,5	-4,1
14	3,6	-1,1
15	-1,6	4,6

4.3 Perbandingan Data

a. Lebar Jalan Lurus

Perhitungan lebar jalan lurus yang ideal, agar sesuai dengan dimensi alat angkut yang melintas, didasarkan pada jumlah lajur dan lebar alat angkut terbesar yang melewati jalan tersebut[8]. Di jalan *Pit* B Rawa Selatan, terdapat 2 lajur, yaitu lajur untuk alat angkut dalam kondisi bermuatan dan lajur untuk kondisi kosong. Alat angkut terbesar yang melintas adalah Komatsu HD 785-7. Lebar badan Komatsu HD 785-7 yaitu 6.885 m. Sehingga untuk lebar jalan lurus ideal yang dilintasi oleh Komatsu HD 785-7 bisa menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned}
 L_{min} &= (n \cdot Wt) + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot Wt \right) \\
 &= (2 \cdot 6,885) + (2 + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot 6,885 \right) \\
 &= \mathbf{24,09 \text{ meter}}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan lebar minimum jalan yaitu 24,09 m, namun untuk pertimbangan *maintenance* jalan, maka diambil lebar jalan minimum yaitu 25 m. Berikut tabel perbandingan lebar jalan lurus aktual dan ideal.

Tabel 7. Lebar Jalan Lurus dan Tikungan pada Jalan Gaharu (20-21 Agustus 2023)

No.	Lebar (m)	Ideal (m)	Remarks	Ket.
1	29	25		Valid
2	26	25		Valid
3	30	25		Valid
4	30	25		Valid
5	30	25		Valid
6	30	25		Valid
7	41	25		Valid
8	42	25	Two Away	Valid
9	42	25		Valid
10	39	25		Valid
11	43	25		Valid
12	34	25		Valid
13	36	25		Valid
14	33	25		Valid
15	41	25		Valid

No.	Lebar (m)	Ideal (m)	Remarks	Ket.
16	34	25		Valid
17	33	25		Valid
18	40	25		Valid
19	43	25		Valid
20	39	25		Valid
21	40	25		Valid
22	37	25		Valid
23	31	25		Valid
24	31	25		Valid
25	29	25		Valid
26	23	25		Invalid
27	29	25		Valid

Berdasarkan Tabel 7 di atas, dari total 27 segmen jalan lurus, 26 segmen di antaranya ideal untuk dilalui oleh Komatsu HD 785-7, sementara satu segmen dianggap tidak ideal. Kondisi tersebut dapat mengganggu lalu lintas kerja alat angkut, karena saat dua alat angkut berpapasan, alat angkut dalam kondisi kosong harus memberi prioritas pada alat angkut bermuatan untuk melintas terlebih dahulu, akibat lebar jalan yang sempit. Jika ada alat pemeliharaan jalan seperti *motor grader*, gangguan lalu lintas akan semakin meningkat. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan dengan menambah lebar jalan sesuai dengan standar minimum agar produktivitas alat dapat dioptimalkan. Berikut gambar Jalan Gaharu yang tidak sesuai dengan standar.



Gambar 2. Geometri Jalan Lurus pada Titik 26 yang Tidak Standar

b. Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan tikungan harus disesuaikan dengan dimensi alat angkut terbesar yang melintas. Lebar jalan tikungan umumnya lebih besar dibandingkan dengan lebar jalan lurus. Untuk lajur ganda, lebar minimum jalan pada belokan ditentukan berdasarkan:

- 1) Lebar jejak roda alat angkut di bagian depan dan belakang;
- 2) Jarak alat angkut dari tepi jalan;
- 3) Jarak antar alat angkut saat berpapasan;
- 4) Lebar tonjolan atau bagian depan dan belakang alat angkut saat berbelok.

Oleh karena itu, untuk menentukan lebar jalan minimum pada tikungan, dapat digunakan rumus berikut:

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

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

Di PT Mandala Karya Prima, kendaraan terbesar yang melintas adalah Komatsu HD 785-5 dengan spesifikasi alat sebagai berikut:

- 1) Jarak roda depan ke bagian depan truk (Ad) = 2,15 m
- 2) Jarak roda belakang ke bagian belakang truk (Ab) = 3,19 m
- 3) Jejak antar roda (U) = 5,2 m
- 4) Jumlah lajur (n) = 2
- 5) Jarak antara poros roda depan dan belakang (Wb) = 4,95 m
- 6) Jari-jari lintasan roda depan (R) = 10,1 m

Untuk perhitungannya sebagai berikut.

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

$$\sin \alpha = \frac{Wb}{R} = \frac{4,95}{10,1} = 0,49009901$$

$$\text{arc sin } \alpha = 0,49009901$$

$$\alpha = 29,34^\circ$$

$$Fa = Ad \sin \alpha = 2,15 \text{ m} \times \sin 29,34^\circ = 1,053 \text{ m}$$

$$Fb = Ab \sin \alpha = 3,19 \text{ m} \times \sin 29,34^\circ = 1,563 \text{ m}$$

$$C = Z = 0,5 (U + Fa + Fb) = 0,5 (5,2 \text{ m} + 1,053 \text{ m} + 1,563 \text{ m}) = 3,908 \text{ m}$$

$$Lt = n \times (U + Fa + Fb + Z) + C = 2 \times (5,2 \text{ m} + 1,053 \text{ m} + 1,563 \text{ m} + 3,908 \text{ m}) + 3,908 \text{ m} = 27,357 \text{ m}$$

Dari perhitungan, didapatkan didapatkan lebar jalan tikungan untuk 2 jalur alat angkut HD 785-7 yaitu 27,357 m atau bisa dibulatkan menjadi 27,5 m. Berikut perbandingan antara jalan tikungan aktual dan ideal dalam tabel berikut.

Tabel 8. Lebar Jalan Tikungan pada Jalan Gaharu

No.	Lebar (m)	Ideal (m)	Remarks	Ket.
7	29	27,5		Valid
8	31	27,5		Valid
9	34	27,5		Valid
30	21	27,5	Two Away	Invalid
31	18	27,5		Invalid
32	19	27,5		Invalid

Dari Tabel 8 tersebut diperoleh tiga segmen jalan tikungan di Jalan Gaharu tidak memiliki lebar tikungan ideal untuk dilintasi oleh Komatsu HD

785-5 akibat dari jalan yang tidak memenuhi standar maka speed kendaraan harus diturunkan agar tidak menabrak HD yang lewat, yang berimbas kepada speed yang tidak tercapai. Berikut jalan tikungan yang tidak sesuai standar.



Gambar 3. Jalan Tikungan yang Tidak Sesuai Standar

c. Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan tambang, atau radius tikungan, berkaitan dengan konstruksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang. PT Mandala Karya Prima merencanakan kecepatan di tikungan sebesar 30 km/jam, sehingga jari-jari tikungan yang ideal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} R &= v^2 / (127(e + f)) \\ &= (30)^2 / (127(0,04 + 0,19005)) \\ &= \mathbf{30,804\ m} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, jari-jari tikungan ideal untuk kecepatan rencana 30 km/jam adalah 30,804 m.

d. Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan badan jalan pada tikungan. Tujuan dari *superelevasi* adalah untuk membantu alat angkut agar tidak tergelincir saat bermanuver di tikungan dengan kecepatan maksimum[6]. Berdasarkan pengamatan di lapangan, rencana kecepatan alat angkut saat melewati tikungan adalah sekitar 30 km/jam. Oleh karena itu, untuk menentukan koefisien gesek pada kecepatan tersebut, rumus yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} f &= -0,00065 \times v + 0,192 \\ &= -0,00065 \times 30 + 0,192 \\ &= \mathbf{0,19005\ \text{atau}\ 19\%} \end{aligned}$$

Dengan demikian, nilai koefisien gesek untuk kecepatan rencana 30 km/jam adalah 0,19005 atau 19%.

Langkah berikutnya adalah menghitung jari-jari tikungan ideal pada kecepatan tersebut, yang dapat ditentukan menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} R &= \frac{v_r^2}{127(e + f)} \\ &= \frac{(30)^2}{127(0,04 + 0,19005)} \\ &= \mathbf{30,804\ m} \end{aligned}$$

Jadi, jari-jari tikungan ideal untuk kecepatan rencana 30 km/jam adalah 30,804 m. Langkah berikutnya adalah menghitung nilai *superelevasi* menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} e + f &= \frac{v^2}{127R} \\ e &= \frac{(30)^2}{127(30,8046)} - 0,19005 \\ &= \mathbf{0,04\ mm\ \text{atau}\ 4\%} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas, perbedaan tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan, dengan lebar jalan 27,5 meter dan jari-jari tikungan sebesar 30,804 meter, adalah 4%.

Tabel 9. *Superelevasi*

No.	Superelevasi	Ideal (m)	Ket.
1	-3,467	4	<i>Invalid</i>
2	-0,942	4	<i>Invalid</i>

Berdasarkan Tabel 9, kondisi jalan memiliki nilai *superelevasi* yang tidak ideal hal ini menyebabkan operator HD 785-5 akan sulit mengendalikan HD 785-5 saat mengoperasikannya, sehingga bisa menyebabkan terjadinya kecelakaan.

e. Grade Jalan

Kemiringan jalan adalah faktor penting yang harus diperhatikan dalam jalan tambang[7]. Jika grade jalan tidak diperhatikan, hal ini dapat memengaruhi kecepatan, waktu siklus, dan konsumsi bahan bakar alat angkut. Perusahaan menetapkan kemiringan jalan angkut optimum sekitar 8-10%, namun untuk efisiensi alat dan bahan bakar, *grade* optimum yang ditetapkan adalah sekitar 8%.

Berdasarkan pengamatan di Jalan Gaharu, beberapa segmen jalan memiliki nilai *grade* lebih dari 8%, sehingga perlu dilakukan penyesuaian geometri pada jalan tersebut. Untuk menentukan nilai *grade* jalan maka menggunakan rumus:

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

Pada hasil nilai *grade*, jika nilai beda tinggi (Δh) - (minus) maka itu pertanda bahwa jalan tersebut merupakan turunan sehingga nilai *grade* jalan bisa diabaikan atau bisa dikatakan jalan tersebut tidak memiliki nilai *grade* jalan. Berikut perbandingan nilai *grade* jalan aktual dan ideal jalan dalam tabel berikut.

Tabel 10. *Grade Jalan per-100 Meter*

No.	Grade Jalan (%)	Ideal (%)	Ket.
1	5,054	8	<i>Valid</i>
2	9,263	8	<i>Invalid</i>
3	7,428	8	<i>Valid</i>
4	7,08	8	<i>Valid</i>

No.	Grade Jalan (%)	Ideal (%)	Ket.
5	5,678	8	Valid
6	2,671	8	Valid
7	3,165	8	Valid
8	4,006	8	Valid
9	3,512	8	Valid
10	3,258	8	Valid
11	3,168	8	Valid
12	2,031	8	Valid
13	2,139	8	Valid
14	-1,198	8	Valid

Berdasarkan tabel diatas, untuk kondisi Jalan Gaharu dari 14 segmen terdapat satu segmen yang tidak ideal sehingga diperlukan penurunan nilai *grade* di segmen yang memiliki nilai *grade* lebih dari 8%.

f. Cross Fall/Cross Slope

Cross Slope adalah sudut yang dibentuk dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal [5]. Tujuan dari adanya *cross slope* di jalan tambang adalah untuk mengalirkan air dari tengah jalan ke sisi pinggir sehingga tidak merusak permukaan jalan[10]. Nilai *cross slope* yang disarankan untuk jalan tambang adalah 20–40 mm/m dari tepi ke tengah jalan. Dalam penelitian ini, penulis menggunakan nilai minimal 20 mm/m sesuai dengan Kepmen ESDM 1827K tahun 2018[11]. untuk menentukan *cross slope* Jalan Gaharu di PT Mandala Karya Prima dengan lebar minimum 25 m, menggunakan rumus berikut. $a = \frac{1}{2} \times L$

$$b = a \times 20 \text{ mm/m}$$

$$a = \frac{1}{2} \times 25 \text{ m} = 12,5 \text{ m}$$

$$b = 12,5 \text{ m} \times 20 \frac{\text{mm}}{\text{m}} = 250 \text{ mm} = 25 \text{ cm}$$

$$b = 2\% \text{ atau } 2,5 \text{ derajat}$$

Dari perhitungan, diperoleh bahwa nilai *cross slope* ideal untuk lebar jalan minimal 25 m adalah 25 cm atau 2%. Berikut ini adalah perbandingan antara nilai *cross slope* aktual dan ideal jalan dalam tabel berikut.

Tabel 11. *Cross Slope Load*

No.	Kemiringan Load (%)	Ideal (%)	Ket.
1	-2,3	2	Valid
2	0,8	2	Invalid
3	3,5	2	Invalid
4	-1,2	2	Invalid
5	-6,2	2	Invalid
6	-9,7	2	Invalid
7	-3,9	2	Valid
8	-1	2	Invalid
9	-0,6	2	Invalid

No.	Kemiringan Load (%)	Ideal (%)	Ket.
10	3,5	2	Invalid
11	-0,5	2	Invalid
12	0,2	2	Invalid
13	3,5	2	Invalid
14	3,6	2	Invalid
15	-1,6	2	Invalid

Tabel 12. *Cross Slope*

No.	Kemiringan Empty (%)	Ideal (%)	Ket.
1	3,9	2	Invalid
2	8,7	2	Invalid
3	-4,8	2	Invalid
4	-1,7	2	Invalid
5	-5	2	Invalid
6	-2,2	2	Valid
7	-0,1	2	Invalid
8	0,4	2	Invalid
9	4	2	Invalid
10	1,5	2	Invalid
11	2,2	2	Invalid
12	1,7	2	Invalid
13	-4,1	2	Invalid
14	-1,1	2	Invalid
15	4,6	2	Invalid

Dari tabel di atas didapatkan bahwasanya *cross slope* pada Jalan Gaharu memiliki 2 titik yang ideal pada jalan *load* dan 13 titik yang tidak ideal sehingga, kemudian pada jalan *empty* memiliki 1 titik ideal dan 14 titik yang tidak ideal sehingga permukaan jalan akan tetap rusak karena *cross slope* tidak terbentuk dengan sempurna dan air tidak akan mengalir ke sisi pinggir jalan dengan baik.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan perbandingan kondisi aktual dengan KEPMEN ESDM 1827K maka, kesimpulan yang dapat diungkapkan adalah sebagai berikut.

- Berdasarkan pengukuran dengan menggunakan *software* Arcgis 10.8 dilengkapi dengan peta orthophoto, dan kontur maka panjang jalan yang digunakan yaitu 1,4 km.
- Lebar jalan lurus dari jumlah 27 *section*, 26 *section* yang memiliki lebar jalan ideal untuk dilewati Komatsu HD 785-5. Untuk yang tidak ideal terdapat pada titik 26.
- Lebar jalan tikungan dari jumlah 6 *section*, 3 *section* ideal, dan 3 tidak ideal yaitu pada titik 30, 31, 32 yang tidak dapat dilewati oleh Komatsu HD 785- 5.

4. Superelevasi yang ideal di jalan tersebut yaitu 4% atau 1,098 m. Namun, 2 tikungan tidak memiliki superelevasi yang sesuai.
5. *Grade* jalan ideal menurut ketentuan perusahaan adalah 8%. Namun, pada kondisi aktual, terdapat segmen yang belum memenuhi nilai *grade* jalan ideal, yaitu pada *section 2*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut.

1. Melakukan pengawasan terhadap implementasi jalan yang sudah direncanakan agar sesuai dengan standar yang didapat.
2. Melakukan pengawasan terhadap geometri jalan angkut yang dapat menyebabkan kerusakan, sehingga mengurangi kecepatan Komatsu HD 785. Hal ini dapat dilakukan dengan melakukan inspeksi bersama tim Pit Servis setiap hari untuk memastikan proses pengangkutan *overburden* berjalan lancar tanpa hambatan.
3. Melakukan observasi setiap sekali sehari terhadap penyempitan jalan yang ditimbulkan akibat *spoil*.
4. Melakukan pelebaran jalan agar sesuai dengan standar yang dimiliki sehingga tidak mengurangi *speed hauler*.

Referensi

- [1] Amiruddin, Faisal, dkk.2020. *Analisis Kegiatan Produktivitas Terhadap Fuel Ratio Alat Angkut & Alat Gali Muat Pada Pit 2 di PT. Pro Sarana Cipta*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- [2] Azwari, R.2015. *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*. prosiding Teknik Pertambangan
- [3]]Bruce A, Kennedy.1990. *Surface Mining*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- [4] Ferdiansyah, F., Hasan, H., Respati, L. L., Winarno, A., & Trides, T. 2023. *Penjadwalan Kerja Motor Grader GD14M Menggunakan Metode Urci untuk Peningkatan Produksi Alat Angkut di Pit 2 Banko Barat PT Bukit Asam, Tbk, Tanjung Enim Sumatera Selatan*. Journal Transformation of Mandalika, 4(5), 175-181.
- [5] Pemerintah Indonesia. 2018. *Kepmen ESDM No. 1827 K. Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 30*. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [6] Firmansyah, L., & Anaperta, Y. M. 2022. *Analisis Pengaruh Geometri Jalan Pit Majapahit Beserta Total Resistance Terhadap Speed dan Fuel Ratio Komatsu HD 785-7 PT. Kalimantan Prima Persada Site PCN Desa Sebamban Kec. Sungai Loban Kab. Tanah Bumbu Kalimantan Selatan*. Bina Tambang, 7(3), 24-52.
- [7] Merlin, Nabella.2016. *Analisis Pengaruh Kemiringan Jalan Dan Jarak Angkut Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Fuel Ratio Pada Kegiatan Penambangan Batuan Andesit Di PT Gunung Sampurna Makmur Desa Rengasjajar Kecamatan Cigudeg Kabupaten Bogor Jawa Barat*. Universitas Islam Bandung: Jurnal Prosiding Teknik Pertambangan.
- [8] Multriwahyuni, A., Gusman, M., & Anaperta, Y. M. 2018. *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*. Journals Mining Engineering: Bina Tambang, 3(4), 1513-1522.
- [9] Suwandhi, A. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang*. Bandung: Diklat Perencanaan Tambang Terbuka.
- [10] Saputra, Wibowo, A.2019. *Evaluasi Jalan Angkut Tambang Berdasarkan Geometri dan Daya Dukung Pada Lapisan Tanah Dasar*. Banjarmasin: Universitas Lambung Mangkurat.
- [11] Oemiati, Nurnilam, dkk. 2020. *Analisis Kegiatan Produktivitas Terhadap Fuel Ratio Alat Angkut dan Alat Gali Muat Pada PIT 2 di PT Pro Sarana Cipta*.Palembang : Universitas Muhammadiyah Palembang.