

EVALUASI GEOMETRI JALAN ANGKUT PADA PENGUPASAN OVERBURDEN MENUJU DISPOSAL DI PIT MAHAYUNG 1 PADA PT BUKIT ASAM Tbk SUMATERA SELATAN

Ervando Parulian Marbun¹. Limsuiking Sinaga².

Program Studi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknologi Mineral
Institut Sains dan Teknologi T.D. Pardede, Medan

Email: marbunervando@gmail.com¹. limsuikingsinaga28@gmail.com².

ABSTRAK

Geometri jalan pada pengangkutan material overburden di tambang mengacu pada desain dan konstruksi jalan yang digunakan untuk memindahkan material yang tidak berharga dari area pertambangan ke tempat pembuangan atau tempat penyimpanan yang telah ditentukan. Ini melibatkan pertimbangan seperti kemiringan, lebar jalan dan kelengkungan jalan untuk memastikan efisiensi dan keamanan dalam proses pengangkutan. Jalan tambang sering mengalami kerusakan badan jalan seperti lubang, permukaan yang tidak rata, dan kerusakan lainnya. Hal ini dikarenakan terdapat beberapa badan jalan yang ambles dan air menggenangi jalur angkut. Selain masalah ini, kondisi jalan yang sempit menyebabkan antrian di alat angkut yang digunakan, dan juga ditemukan beberapa bidang jalan yang sangat. Dalam penelitian ini, penulis membahas geometri jalan, termasuk mengamati jalan lurus, lebar tikungan, tingkat, superelavasi, dan jatuh melintang untuk setiap segmen geometri. Segmen dengan kondisi jalan lurus dan segmen dengan kondisi jalan belokan masing-masing berjumlah sepuluh. Setiap parameter geometri jalan angkut yang telah diamati belum memiliki standar yang baik maka dari itu perlu perbaikan agar pengangkutan material Overburden dapat berjalan dengan baik dan lancar agar target produksi dapat tercapai. Untuk hasil dari perhitungan produktivitas alat angkut yang telah di dapat dari perhitungan secara teoritis untuk alat angkut HD 785 dengan nomor lambung 4220 sebesar 308,96 Bcm/Bulan, dan untuk produktivitas alat angkut HD 785 dengan nomor lambung 4238 adalah 373,56 Bcm/Bulan. Maka hasil tersebut masih belum mencapai target produksi bulanan yang ditetapkan oleh pihak perusahaan hal ini berdampak terhadap geometri jalan tambang yang terdapat di perusahaan tersebut karena pada lokasi tempat penelitian masih ada beberapa jalan angkut persegmen nya yang belum memenuhi standar.

Kata Kunci : Geometri Jalan, Lebar Jalan Lurus, Lebar Jalan Tikungan *Superelevasi*, *Grade*

ABSTRACT

Road geometry in the transportation of overburden material in mines refers to the design and construction of roads used to move non-valuable materials from mining areas to designated disposal or storage areas. This involves considerations such as slope, road width and road curvature to ensure efficiency and safety in the transportation process. On mining roads, damage to the road body is often found, such as potholes and the road surface is not smooth. This is caused by several parts of the road experiencing subsidence and the presence of stagnant air on the haul road. Apart from these problems, the relatively narrow condition of the road results in queues for the transport equipment used, and there are several parts of the road that have a steep slope. In this research the author discusses road geometry including: observing straight roads, width at bends, grade, superelevation and cross fall for all geometric segments into 20 segments, of which there are 10 segments in straight road conditions and 10 segments in open road conditions. Every geometric parameter of the haul road observed does not have a good standard, therefore improvements need to be made so that the Overburden transport material can run well and smoothly so that the production target can be achieved. The results of the calculation of the productivity of transportation equipment which have been obtained from theoretical calculations for the HD 785 transportation equipment with hull number 4220 are 308.96 Bcm/month, and for the productivity of the HD 785 transportation equipment with hull number 4238 it is 313.35 Bcm/month. So these results have not been able to reach the monthly production targets set by the research team. This has an impact on the geometry of the mining roads in the research because at the research location there are still several segment haul roads that do not meet the standards.

Keywords: Road Geometry, Straight Road Width, Superelevation Bend Road Width, Grade



I. PENDAHULUAN

Sebelum melakukan aktivitas penambangan batubara perlu adanya pengangkutan material *Overburden* terlebih dahulu maka tahap selanjutnya adalah perencanaan jalan angkut. Jalan angkut tambang adalah fasilitas penting yang menghubungkan lokasi tambang satu sama lain di wilayah penambangan, Misalnya, dari lokasi kerja utama menuju lokasi lain seperti tempat penyimpanan dan gudang, serta ke lokasi di sekitar lokasi penambangan.

Pada kegiatan penambangan, khususnya dalam hal memilih transportasi angkut, berbagai geometri jalan tambang harus dipertimbangkan, terutama dengan mengevaluasi keadaan topografi, lokasi, rencana kerja, dan peralatan mekanis yang dimaksudkan. untuk digunakan selama proses penambangan. Geometri jalan transportasi yang sudah memenuhi persyaratan dan dimensi kendaraan transportasi dan kekuatan tanah yang cukup untuk menahan beban kendaraan yang melintas dapat memengaruhi keamanan dan kecepatan pengangkutan. Pada daerah tempat penelitian kondisi kendaraan angkut yang tidak berfungsi dengan baik yang disebabkan oleh kondisi jalan angkut (*hauling*) yang belum memenuhi standar dari dimensi alat angkut yang digunakan pada lokasi penelitian maka terdapat beberapa masalah seperti jalan lurus yang terlalu sempit, tanjakan yang terlalu tinggi, permukaan jalan rusak dan beberapa masalah lainnya.

Dengan ditemukannya masalah di atas, kondisi jalan di tambang harus dievaluasi secara teknis agar pengangkutan material berat dapat dilakukan dengan aman dan lancar. Dengan evaluasi jalan tambang yang dilakukan secara teknis, diharapkan dapat membantu mengatasi masalah dalam proses mengangkut material yang terlalu banyak, sehingga produksi alat angkut dapat ditingkatkan dan target produksi dapat dicapai dengan maksimal.

II. LOKASI PENELITIAN

PT Bukit Asam Tbk terletak di Tanjung Enim, Kabupaten Muara Enim, Provinsi Sumatera Selatan dengan Wilayah Izin Usaha Pertambangan terletak pada posisi $103^{\circ}43'00''$ BT - $103^{\circ}50'10''$ BT dan $3^{\circ}42'30''$ LS - $4^{\circ}47'30''$. Berdasarkan dari informasi peta untuk menuju PT Bukit Asam Tbk jika titik pemberangkatannya itu dari Medan bisa menggunakan jalur darat dan juga jalur udara. Untuk jalur darat sendiri dengan jarak ± 1.466 km yang memakan waktu ± 2 hari 8 jam dengan menggunakan kendaraan bus. Kemudian jika

menggunakan jalur udara ditempuh dengan waktu ± 2 jam 50 menit hingga mencapai kota Palembang yang nantinya akan dilanjutkan perjalanan dengan menggunakan mobil yang berjarak ± 186 km dengan waktu tempuhnya itu yakni 5 jam perjalanan.



Gambar 1. Peta Lokasi Kesampaian Daerah

III. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian kuantitatif. Metode penelitian yang berfokus pada pengumpulan dan analisis data yang telah di dapat di lapangan. Penelitian ini juga bersifat Deskriptif yang merupakan bagian dari penelitian kuantitatif dimana penelitian deskriptif atau deskripsi adalah sebuah penelitian yang lebih luas dalam menggunakan data-datanya. Maksud luas berarti lebih condong pada analisis yang menyeluruh dari awal hingga akhir. (Hidayat, 2010). Fokus utama penelitian deskriptif adalah menggambarkan karakteristik, sifat, dan keadaan dari objek penelitian.

3.1. Pengumpulan Data

Untuk tujuan penelitian ini, data yang perlukan yakni:

a) Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan lurus merupakan lebar alat angkut dikali jumlah jalur kemudian ditambahkan dengan setengah lebar alat angkut pada setiap sisi baik kanan maupun kiri. Pengukuran lebar jalan lurus di lakukan secara langsung di lapangan dengan cara menggunakan meteran.

b) Lebar Jalan Tikungan

Data jalan tikungan merupakan lebar atau panjang tikungan yang sudah sesuai dengan lebar alat transportasi yang digunakan. Untuk mengetahui lebar jalan tikungan, meteran digunakan secara

langsung di lokasi.

c) *Grade Jalan*

Data grade jalan angkut yang merupakan kemiringan jalan yang diperoleh langsung dari pengamatan dilapangan, pengukuran dilakukan dengan cara menggunakan alat digital (*Inklinometer*).

d) *Cross Slope*

Data *cross slope* yang merupakan beda tinggi pada lebar jalan lurus yang diperoleh dari pengamatan secara langsung dilapangan.

e) *Superelevasi*

Data superelevasi yang merupakan perbedaan besar antara bagian dalam dan bagian luar tikungan yang diperoleh secara langsung dilapangan.

f) *Cycle Time* Alat Gali Muat

Cycle Time alat angkut diperoleh dengan menggunakan stopwatch dan memperhatikan empat siklus gerakan yang dilakukan alat gali, seperti Digging, Swing isi, Dumping, Swing Kosong. Data tersebut diperoleh karena dibutuhkan untuk mengetahui waktu edar alat gali muat dalam mencapai target produksi.

g) *Cycle Time* alat angkut

Cycle Time alat angkut diperoleh dengan menggunakan stopwatch dengan mengamati enam siklus gerakan yang dilakukan alat angkut, seperti manuver sebelum dimuati (*Manuver 1*), Posisi dimuati (*Loading*), mengangkut muatan (*Hauling*), manuver sebelum menumpahkan muatan (*Manuver 2*), menumpahkan muatan (*Dumping*), dan pulang tanpa muatan (*Travelling*). Data tersebut diperoleh karena dibutuhkan untuk mengetahui waktu edar alat angkut dalam pengangkutan overburden dari *front* ke disposal area.

3.2. Pengolahan Data

Data penelitian dikumpulkan dari lapangan secara langsung atau pun dari berbagai sumber terkait dengan evaluasi geometri jalan angkut tambang. Berikut adalah langkah-langkah yang diambil untuk mengolah data geometri jalan angkut yang digunakan dalam penelitian ini:

- ✓ Lebar jalan
 - Lebar jalan yang lurus
 - Lebar jalan pada tikungan
- ✓ Jari – jari tikungan dan superelevasi
- ✓ Kemiringan jalan (*Grade*)

Dari hasil pengumpulan data yang telah didapatkan yang berupa data observasi dan data hasil pengukuran beberapa parameter geometri jalan angkut di lokasi penelitian. Untuk mendapatkan atau menentukan hasil evaluasi jalan angkut

tambang untuk setiap alat angkut yang digunakan, data yang telah ada akan diproses secara sistematis menggunakan berbagai pendekatan yang telah ditetapkan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Kelancaran aktivitas produksi terdapat pada kondisi jalan yang baik, jalan merupakan salah satu parameter utama dalam kelancaran aktivitas pengangkutan, karena kelancaran aktivitas penambangan selalu bergantung pada kondisi jalan. Setiap segmen jalan ditetapkan berdasarkan pengamatan dilapangan, pada saat melakukan observasi lapangan menemukan dimana alat angkut yang membawa material dari *front* penggalian saat berpapasan dengan alat angkut dalam keadaan kosong dari disposal baru berhenti salah satunya, dikarenakan sempit jalan tersebut untuk di lalui dua alat angkut sekaligus.

• Lebar Jalan Lurus

Lebar jalur transportasi sangat memengaruhi kelancaran operasional pengangkutan. Lebar jalan angkut dari *front* pengalihan menuju disposal mempunyai lebar yang bermacam-macam, pengukuran lebar jalan lurus alat yang digunakan alat ukur meteran yang di ukur masing-masing dari setiap segmennya. Jalan angkut produksi memiliki dua lajur (n), dan unit alat angkut terbesar yang digunakan sebagai patokan untuk mengukur lebar adalah HD (*Heavy Duty*). Lebar jalan lurus ditunjukkan dalam tabel berikut:

Tabel 1. Hasil Pengukuran Lebar Jalan Lurus

No	Segmen	Jarak (Meter)	Lebar Jalan Lurus Aktual (Meter)
1	SG 1-2	20	18,50
2	SG 2-3	25	18,30
3	SG 3-4	30	19,60
4	SG 4-5	15	16,25
5	SG 5-6	10	12,40
6	SG 6-7	8	18,20
7	SG 7-8	14	12,55
8	SG 8-9	9	15,65
9	SG 9-10	18	12,75
10	SG 10-11	12	19,80

• Lebar Jalan Tikungan

Pengukuran lebar jalan tikungan aktual pada geometri jalan tambang adalah proses krusial dalam memastikan keamanan dan efisiensi operasional.



Tabel 2. Hasil Pengukuran Lebar Jalan Tikungan

No	Segmen	Jarak (Meter)	Lebar Jalan Tikungan Aktual (Meter)
1	T 1-2	18	18,60
2	T 2-3	20	20,40
3	T 3-4	35	15,50
4	T 4-5	20	22,90
5	T 5-6	15	17,30
6	T 6-7	25	20,18
7	T 7-8	18	15,40
8	T 8-9	20	18,25
9	T 9-10	30	15,60
10	T 10-11	22	20,25

- *Kemiringan (Grade) Jalan Aktual*

Kemiringan jalan (Grade) dinyatakan dengan persentase, yang merupakan perbandingan perbedaan tinggi dengan jarak **mendatar**.

Tabel 3. Hasil Pengukuran Kemiringan (Grade) Jalan

No	Segmen	Jarak (Meter)	Beda Tinggi Elevasi (m)	Grade Aktual (%)
1	SG 1-2	55	2	10
2	SG 2-3	60	2,5	13
3	SG 3-4	25	2	10
4	SG 4-5	65	2	10
5	SG 5-6	26	2,5	13
6	SG 6-7	45	2	10
7	SG 7-8	61	2	10
8	SG 8-9	24	2	10
9	SG 9-10	50	2	10
10	SG 10-11	25	2	10

- *Superelevasi*

Superelevasi adalah suatu kemiringan jalan di tikungan yang dibentuk oleh perbedaan ketinggian antara tepi jalan terluar dan terdalam. Fungsi superelevasi adalah untuk mengimbangi gaya sentrifugal kendaraan saat membelok, sekaligus untuk mengalirkan air langsung ke tepi jalan saat turun hujan.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Superelevasi

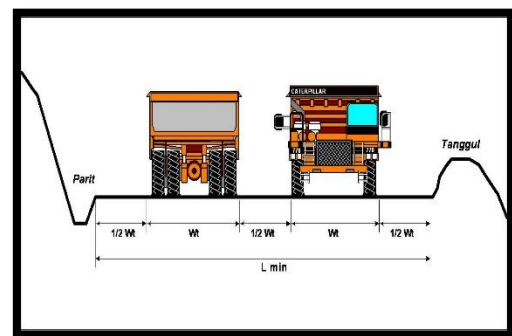
No	Segmen	Lebar Jalan Aktual (Meter)	Beda Tinggi Elevasi (Meter)	Superelevasi Aktual (Meter)
1	SV 1-2	18,60	0,30	1,20
2	SV 2-3	20,40	0,55	2,35
3	SV 3-4	15,50	1,70	2,30
4	SV 4-5	22,90	1,45	2,10
5	SV 5-6	17,30	0,82	2,25
6	SV 6-7	20,18	0,65	1,28
7	SV 7-8	15,40	0,75	2,45
8	SV 8-9	18,25	0,80	2,30
9	SV 9-10	15,60	0,60	2,22
10	SV 10-11	20,25	0,85	2,15

4.2. Pembahasan

Setelah melakukan penelitian dalam geometri jalan tambang, ditemukan bahwa penataan geometri jalan tambang memiliki dampak signifikan terhadap efisiensi operasional dan keamanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengoptimalan lebar jalan lurus, lebar jalan tikungan, *grade*, dan superelevasi dapat mengurangi kecelakaan dan kerugian dalam proses pengangkutan material. Selain itu, strategi penataan yang tepat dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya operasional. Temuan ini memberikan dasar yang kuat bagi perusahaan tambang untuk mengembangkan praktek terbaik dalam perencanaan dan pembangunan jalan tambang guna mencapai keseimbangan optimal antara efisiensi kerja dan keamanan operasional.

1. Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan setidaknya pada jalan lurus memiliki 2 jalur, menurut *Aasho Manual Rural High Way Design*, harus ditambahkan ke sisi jalan kiri dan kanan yang setengah lebar alat angkut.



Gambar 2. Lebar Jalan Lurus

Sebagai contoh, panjang jalan angkut pada jalan lurus dapat dihitung sebagai berikut:

$$L_{min} = n \cdot W_t + (n+1) (1/2 \cdot W_t) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

Lm = lebar jalan minimum (m)

n = jumlah jalur

Wt = lebar alat angkut (m)

Diketahui : Lebar HD Komatsu 785 = 6 meter

$L_{min} = n \cdot Wt + (n+1) (1/2 \cdot Wt)$

$L = (2 \times 6) + (2+1) (1/2 \cdot 6)$

$= (12) + (3) \times (3)$

$= 12 + 9$

$= 21 \text{ meter}$

Maka berdasarkan perhitungan di atas, lebar jalan angkut dengan dua jalur yang lurus adalah 21 meter.

Tabel 5. Hasil Pembahasan Untuk Jalan Lurus

Segmen	Lebar Jalan Minimum (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Koreksi (m)
SG 1-2	21	18,50	2,5
SG 2-3		18,30	2,7
SG 3-4		19,60	1,4
SG 4-5		16,25	4,75
SG 5-6		12,40	8,6
SG 6-7		18,20	2,8
SG 7-8		12,55	8,45
SG 8-9		15,65	5,35
SG 9-10		12,75	8,25
SG 10-11		19,80	1,2

2. Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan ini akan memiliki nilai lebih besar daripada jalan lurus. Hal ini disebabkan oleh jejak ban depan dan belakang yang melebar di ruas gerak kendaraan. Selain itu, sejumlah variabel memengaruhi lebar jalan pada belokan, seperti lebar juntai atau tonjolan alat angkut depan dan belakang saat membelok. Faktor-faktor ini dapat digambarkan sebagai berikut :

Gambar 3. Lebar jalan angkut dua lajur pada belokan

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

$$C = Z = (U + Fa + Fb) \quad (3)$$

$$Fa = Ad \times \sin \alpha \quad (4)$$

$$Fb = Ab \times \sin \alpha \quad (5)$$

Keterangan :

W min = Lebar jalan angkut minimal pada belokan (m)

U = Lebar jejak roda (m)

Fa = Lebar jundai depan (m)

Fb = Lebar jundai belakang (m)

Z = Lebar bagian tepi jalan (m)

C = Jarak antar kendaraan (m)

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

Diketahui :

Lebar jundai depan (Fa) = 2,15 meter

Lebar jundai belakang (Fb) = 2,14 meter

Jarak antara jejak roda ban

U = 4,17 m, Sudut penyimpangan roda max = 70°

Fa = 2,15 m x sin 70° = 1,50 meter

Fb = 2,14 m x sin 70° = 1,49 meter

C-Z = ½ (U + fa + Fb)

$= \frac{1}{2} (4,17 + 2,15 + 2,14)$

$= 6,375 \text{ meter}$

W = n (U + Fa + Fb + Z + C)

$= 2 (4,17 + 2,15 + 2,14 + 6,375 + 6,375)$

$= 25,38 \text{ meter}$

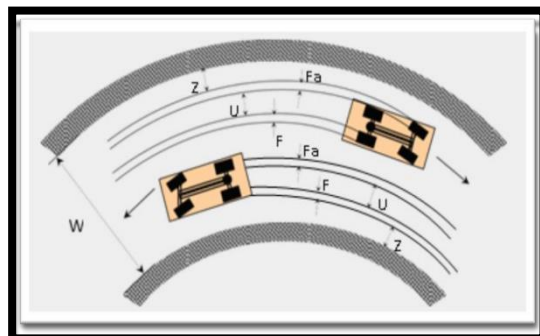
Jadi berdasarkan perhitungan diatas lebar jalan angkut pada jalan tikungan dengan menggunakan 2 jalur adalah 25,38 meter.

Tabel 6. Hasil Pembahasan Untuk Jalan Belokan

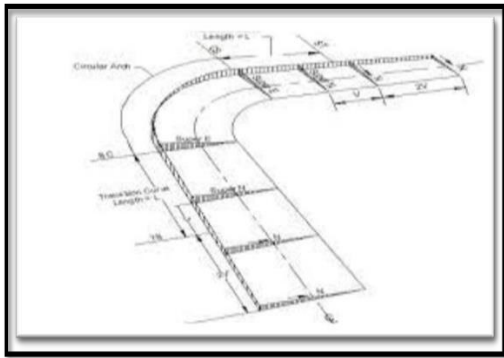
segmen	Jalan Tikungan Minimum m (m)	Jalan Tikungan Aktual (m)	Koreksi (m)
T 1-2	25,38	18,60	6,78 meter
T 2-3		20,40	4,98 meter
T 3-4		15,50	9,88 meter
T 4-5		15,50	9,88 meter
T 5-6		22,90	2,48 meter
T 6-7		17,30	8,08 meter
T 7-8		20,18	5,20 meter
T 8-9		15,40	9,98 meter
T 9-10		18,25	7,13 meter
T 10-11		20,25	5,13 meter

3. Superelevasi Dan Jari – jari Tikungan

Superelevasi adalah suatu kemiringan jalan di tikungan yang dibentuk oleh perbedaan ketinggian antara tepi terdalam dan terluar dari jalan raya. Fungsi superelevasi untuk mengurangi gaya sentrifugal kendaraan pada saat membelok,



sekalius untuk mengalirkan air langsung ke tepi jalan saat turun hujan. Superelevasi (e) adalah titik pusat tikungan di mana kemiringan melintang dibuat untuk mengimbangi gaya sentrifugal.



Gambar 4. Kemiringan Melintang

Gaya gesek melintang yang signifikan terjadi di area superelevasi antara ban dan permukaan jalan. Koefisien gesek melintang (f) merupakan aplikasi matematisnya yang menunjukkan perbedaan antara gaya gesek melintang besar dan gaya gesek normal.

$$E = f + \frac{v^2}{15 R} \dots \dots \dots (6)$$

Keterangan :

e = Superelevasi

R = Jari-jari belokan

F = Koefisien gesekan pada tikungan

Diketahui :

R = Jari – jari tikungan 13 m

Rumus berlaku untuk kecepatan kurang dari 80 km/jam:

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

$$f = -0,00065 \times 20 + 0,192 \quad f = 0,205$$

Jadi, di dapat nilai f sebesar 0,205

Superelevasi :

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

$$e + f = 20^2 / (127 R) \quad (13)$$

$$e + 0,205 = 0,078$$

$$e = 0,078 - 0,205$$

$$e = 0,127$$

Oleh sebab itu, Sisi dalam dan luar tikungan harus berbeda secara signifikan, yaitu $\tan a = 0,127$; maka $a = 5,16^\circ$

$$a = r \times \sin a = 13 \text{ m} \times \sin 5,16^\circ$$

$$= 13 \text{ m} \times 0,08$$

$$= 1,04 \text{ meter}$$

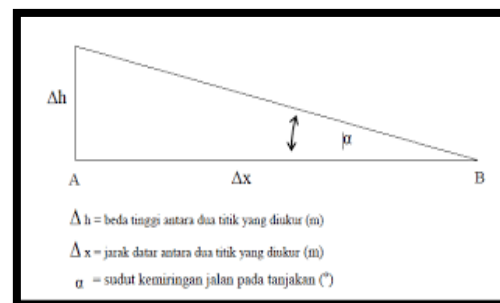
Jadi nilai superelevasi yang di dapat secara perhitungan teoritis untuk jalan angkut tambang dengan nilai minimum dapat di gunakan adalah 1,04 meter.

Tabel 7. Hasil Pembahasan Jari – jari dan Superelevasi Jalan Angkut

Segmen	Superelevasi Minimum (m)	Superelevasi Aktual (m)	Koreksi (m)
SV 1-2	1,04	1,20	Ideal
SV 2-3		2,35	1,31
SV 3-4		2,30	1,26
SV 4-5		2,10	1,06
SV 5-6		2,25	1,21
SV 6-7		1,28	Ideal
SV 7-8		2,45	1,41
SV 8-9		2,30	1,26
SV 9-10		2,22	1,18
SV 10-11		2,15	1,11

4. Kemiringan Jalan (Grade)

Kemiringan adalah satu elemen yang paling penting dalam desain dan operasional jalan tambang yang secara signifikan mempengaruhi produktivitas alat angkut. Dalam geometri jalan tambang, kemiringan jalan (*grade*) adalah sudut antara permukaan jalan dan horizontal. Kemiringan ini dapat mempengaruhi berbagai aspek operasional tambang, termasuk kecepatan kendaraan, konsumsi bahan bakar, dan keselamatan kerja. Kemiringan jalan atau *grade* ditunjukkan dalam bentuk persentase, yang menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan dengan jarak mendatar.



Gambar 5. Kemiringan Jalan (Grade)

$$Grade (\%) = \frac{\Delta h}{\Delta x} \times 100\% \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

Δh = tingkat perbedaan yang diukur antara dua titik (m)

Δx = Perbedaan jarak antara dua titik yang diukur (m)

$$\begin{aligned} \text{Segmen 1} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Segmen 2} &= \frac{2,5}{18} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 13 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Segmen 3} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 4} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 5} &= \frac{2,5}{18} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 13 \% \\ \text{Segmen 6} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 7} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 8} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 9} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \% \\ \text{Segmen 10} &= \frac{2}{20} \times 100 \% \\ &= 0,1 \times 100 \\ &= 10 \%\end{aligned}$$

Tabel 8. Hasil Pembahasan Kemiringan Jalan (Grade)

Segmen	Beda Tinggi Elevasi (m)	Jarak (meter)	Standar Kepmen ESDM (%)	Koreksi (%)
SG 1-2	2	55	12	Ideal
SG 2-3	2,5	60		-1%
SG 3-4	2	25		Ideal
SG 4-5	2	65		Ideal
SG 5-6	2,5	26		-1%
SG 6-7	2	45		Ideal
SG 7-8	2	61		Ideal
SG 8-9	2	24		Ideal
SG 9-10	2	50		Ideal
SG 10-11	2	25		Ideal

5. Cross Slope

Kemiringan melintang, juga dikenal sebagai *Cross slope*, adalah perbedaan besar antara sisi muatan dan sisi kosong atau antara titik tengah jalan dan sisi pinggir jalan. Pengaruh cross slope jalan terhadap Geometri jalan tambang memainkan

peran penting dalam produktivitas alat angkut dalam menentukan efisiensi operasional dan keselamatan. *Cross slope*, atau kemiringan melintang jalan, dirancang untuk memungkinkan air mengalir keluar dari permukaan jalan, sehingga mengurangi genangan dan kerusakan jalan. *Cross slope* yang tepat akan memastikan aliran air yang efisien dari permukaan jalan, menjaga kondisi jalan tetap baik, serta meminimalkan risiko kecelakaan dan keausan alat angkut. Dengan demikian, pengelolaan yang baik terhadap cross slope tidak hanya meningkatkan produktivitas operasi, melainkan juga berdampak terhadap keselamatan dan keberlanjutan operasi tambang secara keseluruhan.

6. Produktivitas Alat Angkut

Produktivitas alat angkut diukur berdasarkan volume atau berat material yang berhasil diangkut dalam satu perjalanan atau dalam suatu periode waktu tertentu. Penentuan produktivitas yang efektif memerlukan koordinasi antara alat gali dan alat angkut, serta pemantauan dan pengelolaan yang cermat terhadap kinerja keduanya agar mencapai hasil yang maksimal. Rumus yang digunakan pada perhitungan produktivitas Excavator adalah sebagai berikut :

$$Qa = Na \times \frac{3600}{Ctm} \times Cb \times Ef \times Sf \times E \dots \dots (8)$$

Keterangan :

Qa = Produktivitas alat angkut

Na = Jumlah pengisian

Cta = Cycle time alat angkut

Cb = Kapasitas bucket alat muat

Ff = Faktor pengisian (*fill factor*)

Sf = Faktor pengembang (*swell factor*)

E = Efisiensi kerja (%)

✓ Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Dengan Nomor Lambung 4220

Diketahui :

Cta = 2322,44 detik

Na = 6

Cb = 60 m³

Ff = 1,1 %

Sf = 0,80 %

E = 75,5 %

$$Qa = 6 \times \frac{3600}{2322,44} \times 60 \times 1,1 \times 0,80 \times 75,5$$

$$Qa = 308,96 \text{ Bcm/Jam}$$

✓ Perhitungan Produktivitas Alat Angkut Dengan Nomor Lambung 4238

Diketahui :

$C_{ta} = 2289,73$ detik

$N_a = 6$

$C_b = 60 \text{ m}^3$

$F_f = 1,1 \%$

$S_f = 0,80 \%$

$E = 75,5 \%$

$Q_a = 6 \times \frac{3600}{2289,73} \times 60 \times 1,1 \times 0,80 \times 75,5$

$Q_a = 373,56 \text{ Bcm/Jam}$

V. Kesimpulan Dan Saran

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan diskusi sebelumnya, beberapa kesimpulan dapat dibuat sebagai berikut:

1. Keadaan jalan angkut aktual pada *front* penambangan menuju disposal area PT. Bukit Asam Tbk yaitu dengan jarak lintasan $\pm 2,6$ Km. Dalam kondisi lurus aktual, lebar jalan adalah 12,55 hingga 18,50 meter, dan dalam kondisi tikungan, 18,60 hingga 20,25 meter. Kemiringan aktual jalan tambang (*grade*) pada jalan produksi PT. Bukit Asam Tbk dari *front* penambangan menuju disposal area pada lokasi penelitian didapatkan berkisar dari 7 % sampai 10 %. Kemiringan melintang (*Cross Fall*) pada jalan Hauling dari *front* menuju disposal didapatkan nilai beda tinggi 21 cm.
2. Lebar standar jalan sesuai AASTHO adalah didapat pada kondisi jalan lurus pada rute pengangkutan dari depan ke fasilitas PT. Bukit Asam Tbk didapat 21 meter. Standar lebar jalan pada kondisi tikungan pada rute pengangkutan dari depan ke fasilitas PT. Bukit Asam Tbk berdasarkan perhitungan teori yaitu didapat 25,38 meter, untuk superelvasi yang didapat sesuai standar teori adalah 2,1 % dengan beda tinggi 3,84 meter.
3. Dari hasil produktivitas alat angkut yang telah di dapat dari perhitungan secara teoritis untuk alat angkut HD 785 dengan nomor lambung 4220 sebesar 308,96 Bcm/Jam, dan untuk produktivitas alat angkut HD 785 dengan nomor lambung 4238 adalah 373,56 Bcm/Jam. Maka hasil tersebut belum dapat mencapai target produksi tiap bulan yang telah ditetapkan oleh pihak perusahaan hal ini berdampak terhadap geometri jalan tambang yang terdapat di perusahaan tersebut karena pada lokasi tempat penelitian masih ada beberapa jalan angkut persegmen nya yang belum memenuhi stndar.

5.2. Saran

1. Pemantauan harus dilakukan oleh pengawas secara berkala untuk mengidentifikasi lokasi kerusakan jalan.
2. Mengurangi jumlah waktu yang dibutuhkan kala menunggu alat angkut berselisih pada jalan lurus, lebar jalan harus ditingkatkan pada tiap segmen agar alat angkut lebih leluasa dalam melakukan pengangkutan material. Jalan tikungan harus ditambah lebarnya untuk pada segmen. supaya alat yang sedang melakukan pengangkutan tidak mengalami antrian yang panjang sehingga menghalang jumlah produksi yang telah ditarget.
3. Untuk mengatasi konsentrasi pandangan saat melakukan pengangkutan material, Perusahaan harus menyiram jalan tambang secara rutin.

DAFTAR PUSTAKA

- Awang Suwandhi 2004 *Permukaan Jalan Angkut Terhadap Bidang Horizontal*.
- Azmi Rahman, M. Nurhakim, R. A. B. N. R. Joetra. (2016). *Analisa kelayakan jalan angkut tambang berdasarkan geometri dan material pengerasan jalan*. Jurnal Geosapta. Vol. 2. No. 2. Hal. 113–115.
- Azwari, R. (2015). *Prosiding Teknik Pertambangan Evaluasi Jalan Angkut dari Front Tambang Batubara menuju Stockpile Block B pada Penambangan Batubara di PT Minemex Indonesia*. Teknik Pertambangan. Bandung: UNISBA..
- Hidayat 2010. *Jenis Penelitian Kuantitatif*.
- Indonesianto, Y. (2015). *Geometri Jalan Tambang*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Pertambangan Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Persada, K.P. 2016. *Identifikasi Kerusakan Jalan Dan Penanganan Perbaikan Jalan Tambang*. Universitas Ahmad Yani Banjarmasin
- Sultan Dan Xiaoguang 2005. *Perkembangan Struktur Maupun Evolusi Cekungan*.
- Sukirman, Silvia 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometri Jalan*, Bandung: Penerbit Nova.
- Suwandhi, Awang. 2004. *Perencanaan Jalan Tambang: Jurusan Teknik Pertambangan UNISBA*.
- Putra, W.R.W. Dan Yoszi M.A. (2018). *Evaluasi Pengaruh Geometri Jalan Angkut Batu Kapur*



*Terhadap Produksi Di Area 242 Bukit
Tajarang PT. Semen Padang.*

*Rifandy, A., Dan Hefni. 2016. Kajian Teknis
Geometri Jalan Hauling Pada PT Guruh
Putra Bersama Site Desa Gunung Sari
Kecamatan Tabang Kabupaten Kutai
Kartanegara.*

*Multriwahyuni, A., dkk. 2017. Evaluasi Geometri
Jalan Tambang Menggunakan Teori AASTHO
Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut
Dalam Proses Pengupasan Overburden Di Pit
Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa
Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan,
Kabupaten Bungo Provinsi Jambi.*

*Nur Rochim, Agus Triantoro, Romla Noor Hakim
2021. Evaluasi Kondisi Jalan Tambang
Berdasarkan Geometri Untuk Meningkatkan
Produktivitas Alat Angkut Pada PT Madhani
Talatah Nusantara.*