

Kajian Pengaruh *Grade Resistance* dan *Rolling Resistance* terhadap Kecepatan Alat Angkut Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 untuk Optimalisasi Produktivitas di PT XYZ

Muhammad Fahrurrozi Satria*, Yoszi Mingsi Anaperta, Heri Prabowo, Jukepsa Andas

Departemen Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

*satriaahurul0711@gmail.com

Abstrak. Penelitian ini dilakukan di PT XYZ dengan tujuan untuk mengkaji pengaruh kondisi geometri jalan terhadap kecepatan dan produktivitas alat angkut batubara, khususnya *dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528. Evaluasi dilakukan terhadap kondisi jalan angkut yang tidak sesuai dengan standar Kepmen ESDM 1827K/2018 yang menyebabkan peningkatan waktu tempuh dan penurunan produktivitas. Penelitian ini mengidentifikasi beberapa masalah, seperti lebar jalan lurus dan tikungan yang tidak ideal, serta genangan air akibat *cross fall* yang tidak memenuhi standar. Dari hasil evaluasi, tidak ada satupun segmen jalan lurus dan tikungan yang memenuhi standar ideal, dan hanya 11 dari 13 segmen jalan yang memenuhi standar *grade*. *Superelevation* dan *cross slope* juga tidak memenuhi standar yang ditetapkan. Setelah dilakukan perbaikan geometri jalan sesuai dengan standar Kepmen ESDM 1827K/2018, produktivitas alat angkut meningkat secara signifikan, dari 102.656,40 LCM/bulan menjadi 153.273,12 LCM/bulan untuk enam unit *dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528. Analisis regresi menunjukkan bahwa kenaikan *rimpull* berbanding terbalik dengan kecepatan alat angkut, dan peningkatan kecepatan berbanding terbalik dengan waktu tempuh. Hasil penelitian ini menunjukkan pentingnya perbaikan geometri jalan angkut untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasi penambangan batubara. Perbaikan tersebut diharapkan dapat mengurangi waktu tempuh, meningkatkan kecepatan alat angkut, dan akhirnya meningkatkan efektivitas operasi pengangkutan di PT XYZ.

Kata kunci: geometri jalan, kecepatan, produksi, keselamatan jalan tambang

Abstract. This research was conducted at PT XYZ to examine the impact of road geometry on the speed and productivity of coal transport vehicles, specifically the Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 Dump Truck. The study evaluated the non-compliant road conditions with Kepmen ESDM 1827K/2018 standards, which led to increased travel time and decreased productivity. The study identified several issues, such as non-ideal straight and curved road widths and water pooling caused by inadequate *cross fall*. The evaluation revealed that none of the straight or curved road segments met the ideal standards, and only 11 out of 13 road segments met the *grade* standard. *Superelevation* and *cross slope* also failed to meet the set standards. After road geometry improvements in accordance with Kepmen ESDM 1827K/2018 standards, the transport vehicle productivity significantly increased from 102,656.40 LCM/month to 153,273.12 LCM/month for six units of Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 Dump Trucks. Regression analysis indicated that as *rimpull* increased, vehicle speed decreased, and higher speeds corresponded with shorter travel times. The study highlights the importance of improving transport road geometry to enhance the efficiency and productivity of coal mining operations. Such improvements are expected to reduce travel time, increase vehicle speed, and ultimately improve the effectiveness of coal transport operations at PT XYZ.

Keywords: mine road, speed, production, mine road safety

1. Pendahuluan

Kegiatan penambangan batubara di PT. XYZ melibatkan berbagai tahapan, mulai dari survey hingga pengangkutan batubara. Pada tahap Coal Getting, perusahaan menggunakan Excavator SANY 365H dan alat angkut Dump Truck Mercedes Benz Euro4 Axor 2528. Salah satu faktor krusial yang mempengaruhi efisiensi operasi pengangkutan adalah kondisi jalan.

Aktivitas pengangkutan bahan galian tambang memiliki keterkaitan terhadap kondisi jalan angkut yang meliputi unsur geometri jalan. Evaluasi terhadap geometri jalan angkut menunjukkan beberapa tidak kesesuaian dengan standar Kepmen ESDM 1827K/2018.

Kondisi jalan yang tidak sesuai standar menyebabkan peningkatan waktu tempuh (*travel*

time) alat angkut Dump Truck Mercedes Benz Euro4 Axor2528, kesulitan mencapai kecepatan optimal, sehingga waktu siklus angkut menjadi lebih lama. Hal ini berdampak pada penurunan produktivitas penambangan karena jumlah siklus angkut yang bisa dilakukan berkurang.

Perlu perbaikan geometri jalan angkut agar memenuhi ketentuan Kepmen ESDM 1827K/2018. dapat mengurangi *travel time*, meningkatkan produktivitas, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasi pengangkutan batubara di PT. XYZ.

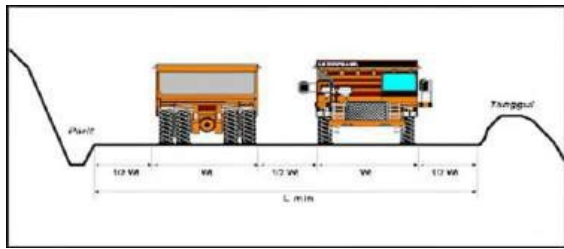
2. Kajian Teori

2.1 Geometri Jalan Angkut

2.1.1 Lebar Jalan Lurus

Lebar jalan angkut pada tambang dibuat untuk jalur ganda dengan lalu lintas satu atau dua

arah. Semakin lebar jalan angkut, semakin baik proses dan lalu lintas pengangkutan, serta semakin aman dan lancar. Berikut gambar dari lebar jalan berdasarkan lebar unit maksimal pada Gambar 1.



Gambar 1. Lebar jalan angkut pada jalan lurus

Menurut AASHTO, lebar jalan angkut harus minimal setengah dari lebar alat angkut yang digunakan, dengan rumus [2]:

$$L_{min} = n \cdot Wt + (n + 1) \left(\frac{1}{2} \cdot Wt \right)$$

Keterangan:

- L_{min} = Lebar jalan angkut minimum (m)
 n = Jumlah jalur
 Wt = Lebar alat angkut (m)

2.1.2 Lebar Jalan Tikungan

Lebar jalan angkut pada belokan lebih besar dibandingkan jalan lurus. Untuk jalur ganda, lebar jalan minimum pada belokan mempertimbangkan lebar jarak ban, *overhang* alat angkut depan dan belakang saat manuver, jarak antar alat angkut saat bersimpangan, dan jarak ke tepi jalan. Lebar jalan minimum pada tikungan dihitung berdasarkan lebar jejak roda, lebar jantai alat angkut saat membelok, jarak antar alat angkut saat bersimpangan, dan jarak ke tepi jalan. [2]

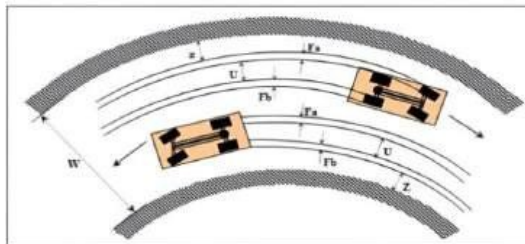
$$W_{min} = \{ (n \times (U + Fa + Fb + Z) + C) \}$$

$$Z = \{ (U + Fa + Fb) \div 2 \}$$

Keterangan:

- U = Lebar jejak roda (m)
 n = Jumlah jalur.
 Fa = Lebar overhang depan (m) $a \times \sin \alpha$ (lebar jantai depan, m)
 Fb = Lebar overhang belakang (m) $b \times \sin \alpha$ (lebar jantai belakang, m)
 Z = Lebar bagian tepi jalan (m)
 C = Jarak alat angkut yang berpapasan (m) A
 A = Sudut penyimpangan roda depan ($^\circ$)

Berikut gambar dari lebar jalan tikungan berdasarkan lebar unit maksimal pada Gambar 2.



Gambar 2. Lebar Jalan Tikungan

2.1.3 Jari-jari Tikungan

Jari-jari tikungan jalan tambang adalah faktor penting dalam desain dan konstruksi, karena memastikan kelancaran dan keselamatan operasional alat angkut. Jari-jari yang ideal mempertimbangkan jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang, kecepatan alat angkut, gesekan roda dengan jalan, dan *superelevasi*. Faktor-faktor ini dapat dipertimbangkan dengan menggunakan rumus berikut.

$$R = (V^2 / (g \times (e + f))) / \sin(\beta)$$

Keterangan:

- R = Jari-jari tikungan (m)
 V = Kecepatan rencana kendaraan (Km/jam)
 e = Nilai *superelevasi*

f = Friction factor/ Koefisien Gesek

g = Percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

2.1.4 Superelevasi

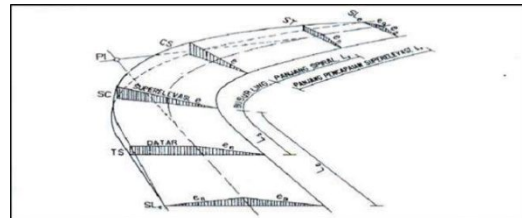
Superelevasi bertujuan untuk membantu kendaraan mengatasi tikungan dan mencegah tergelincir saat kecepatan maksimum. Besaran *superelevasi* dihitung berdasarkan jari-jari tikungan, kecepatan kendaraan, dan perubahan kecepatan. Rumus yang umum digunakan adalah:

$$E + f = V^2 / (127 \times R)$$

Keterangan :

- E = *Superelevasi* maksi tikungan jalan
 f = Koefisien gesekan (friction)
 V = Kecepatan rencana (km/jam)
 R = Jari-jari lengkungan belokan (m)

Berikut gambar dari *Superelevasi* jalan angkut pada Gambar



Gambar 3. *Superelevasi* Jalan Angkut

2.1.5 Grade

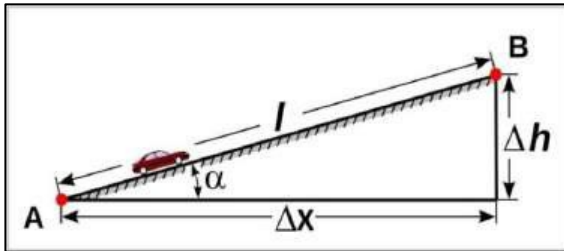
Grade adalah perbandingan ketinggian dalam jarak horizontal, dinyatakan dalam persen (%). Semakin besar *grade* jalan angkut pertambangan, semakin tinggi biaya operasional dan perawatan alat angkut. Kemiringan 1% berarti jalan naik atau turun satu meter per 100 meter horizontal. *Grade* jalan dapat berupa tanjakan atau turunan, mempengaruhi kemampuan pengereman dan mendaki alat angkut. Dengan begitu kita bisa mencari *Grade* jalan menggunakan rumus:

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

Keterangan:

Δh = Beda ketinggian jalan angkut

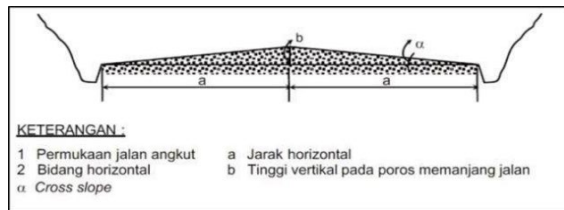
Δx = Selisih Jarak Jalan Angkut yang diukur Berikut ini ilustrasi *Grade* jalan pada Gambar



Gambar 4. *Grade* Jalan

2.1.6 Cross Fall

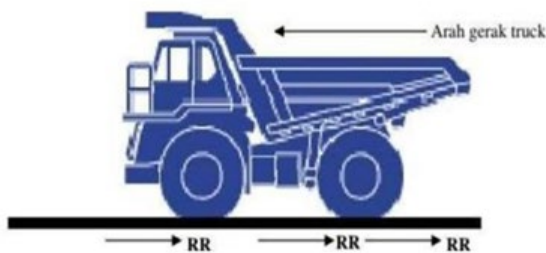
Cross fall adalah sudut kemiringan di jalan tambang yang mencegah genangan air hujan atau limpasan. Genangan air dapat merusak struktur permukaan jalan, meningkatkan biaya perawatan, dan mengurangi produktivitas alat angkut.[5] Berikut Gambar 11 yang menunjukkan *Cross fall*



Gambar 5. *Cross fall* Jalan

2.1.7 Rolling resistance

Rolling Resistance adalah gaya yang bekerja berlawanan dengan arah gerak kendaraan. Ini merupakan usaha mesin pada *dump truck* untuk menggulirkan atau menarik roda agar bergerak di permukaan jalan angkut.



Gambar 6. Ilustrasi *Rolling Resistance*

Rumus *Rolling Resistance* :

$$RR = CRR \times G$$

Keterangan:

RR = Rolling resistance (lbs)

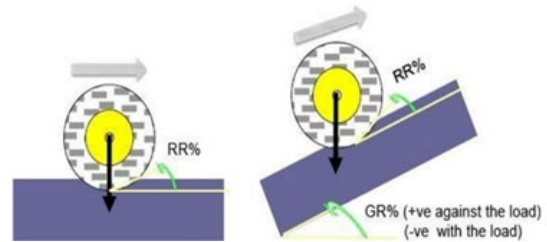
CRR = Koefisien rolling resistance

G = Berat operasional alat (lbs)

2.1.8 Grade resistance

Grade Resistance mengukur usaha mesin yang diperlukan untuk menggerakkan alat angkut melewati tanjakan atau grade jalan yang tinggi, serta untuk membantu pergerakan mesin pada

turunan. Berikut gambar Ilustrasi *Grade Resistance*



pada Gambar

Gambar 7. *Grade Resistance* pada *dump truck*
Grade Resistance dapat dicari dengan menggunakan rumus :

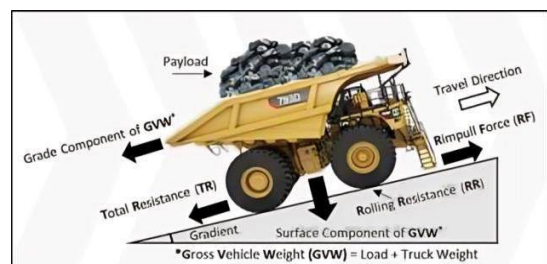
$$GR = \text{Berat Kendaraan} \times \text{Grade}$$

2.1.9 Total resistance

Total Resistance pada setiap segmen jalan adalah penjumlahan dari *Rolling Resistance* dan *Grade Resistance*. Untuk jalan menanjak, rumusnya adalah $RR + GR$, dan untuk jalan menurun, $RR - GR$. *Total Resistance* mempengaruhi konsumsi bahan bakar *dump truck*, dengan nilai yang lebih tinggi menyebabkan kecepatan lebih lambat karena membutuhkan usaha mesin yang lebih besar.

2.1.10 Rimpul

Rimpul (RP) adalah kekuatan tarik yang diberikan oleh mesin atau alat pada roda atau ban penggeraknya yang menyentuh permukaan jalan angkut. Jika *coefficient of traction* cukup tinggi untuk menghindari selip, rimpul maksimum bergantung pada *horse power* (tenaga mesin) dan *gear ratio* (*perseneling*). Namun, jika terjadi selip, RP maksimum adalah tenaga pada roda penggerak dikalikan *coefficient of traction*. Berikut penjelasan mengenai rimpul dalam Gambar



Gambar 8. Ilustrasi Rimpul

Rimpul dapat dihitung dengan rumus persamaan berikut:

Kecepatan

$$= \frac{HpK \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{Rimpul}}$$

Keterangan:

RP = Rimpul, kekuatan tarik kendaraan (lbs)

HP = Horse Power (Tenaga Mesin)

Eff = Efisiensi mesin

V = Kecepatan mesin (km/jam)

2.1.11 Kecepatan (speed)

Kecepatan adalah faktor kunci dalam produksi *overburden*. Jika kecepatan yang direncanakan tidak tercapai, produktivitas alat angkut juga tidak optimal. Kecepatan alat angkut dipengaruhi oleh besarnya *total resistance*; semakin besar hambatan, semakin rendah kecepatannya. Ada dua cara untuk menentukan kecepatan alat angkut: berdasarkan buku panduan dari produsen alat berat dan menggunakan rumus tertentu.

$$\text{Kecepatan} = \frac{\text{HpK} \times 375 \times \text{Efisiensi Mekanis}}{\text{Rimpull}}$$

2.1.12 Produktivitas alat angkut

Kemampuan produksi optimal yang dapat dicapai *Dump truck* dalam waktu yang tersedia dihitung dengan memperhitungkan faktor koreksi yang mempengaruhinya. Adapun persamaan untuk menghitung besarnya produktivitas *Dump truck* adalah:

$$P = (c \times 60 \times E \times SF) / Ctm$$

$$c = n \times q1 \times k$$

Keterangan:

P = Produksi *Dump truck* (LCM/jam)

n = Banyak kali pengisian oleh bucket

q1 = Kapasitas *bucket* (LCM)

E = Efisiensi kerja (%)

Ctm = *Cycle time* atau waktu edar (menit)

k = Faktor Pengisian *Bucket*

c = Nilai muatan terangkut

SF = *Swell Factor*

2.1.13 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas

Berikut beberapa faktor material yang penting untuk diperhatikan:

a. Kepadatan Material (*Material Density*)

Kepadatan batubara mempengaruhi seberapa banyak material yang dapat diangkut oleh alat angkut dalam satu siklus. Semakin tinggi kepadatan batubara, semakin berat material yang diangkut, yang berpotensi mengurangi kecepatan alat angkut atau menurunkan kapasitas muat.

b. Kelembaban Material (*Material Moisture Content*)

Kadar air yang tinggi pada batubara atau tanah di sekitar area tambang dapat menyebabkan material menjadi lebih berat dan lengket, yang menyulitkan proses pemuatan, pengangkutan, dan pembuangan material.

c. Sifat Abrasif (*Abrasiveness*)

Batubara yang bersifat abrasif atau mengandung banyak mineral keras dapat menyebabkan keausan yang lebih cepat pada

alat angkut, terutama pada bak (*dump body*) truk tambang.

d. Volume Material (*Material Volume*)

Volume batubara yang tersedia untuk diangkut dalam satu siklus juga sangat penting. Batubara yang longgar dan ringan dapat mengisi bak truk dengan lebih efisien dibandingkan batubara yang lebih padat.

e. Kondisi Material Tambang (*Material Condition*)

Material seperti batuan pengotor (*overburden*) atau lapisan tanah yang terkontaminasi dapat mencampuri material batubara, sehingga menurunkan kualitas dan berat material yang diangkut.

f. Sifat Kompaksi Material (*Compaction Properties*)

Material yang mudah terkompaksi atau memadat akan mengurangi volume material yang dapat dimuat dalam truk. Hal ini juga mempengaruhi efektivitas muat alat muat dan alat angkut.

g. Kondisi Cuaca

Permasalahan akan cuaca sangat mempengaruhi efisiensi kerja, baik operator maupun peralatan mekanis yang akan digunakan. Karena aktivitas pada metode tambang terbuka berhubungan langsung dengan cuaca. Contohnya pada musim penghujan, jalan utama, pengangkutan, pemuatan dan sebagainya akan menjadi licin dan lengket sehingga akan mempengaruhi *cycle time* alat angkut batubara ataupun material lainnya. Selain itu, material yang memiliki nilai kohesivitas yang tinggi seperti clay akan menempel pada bak *dump truck* sehingga sulit saat dumping, sebagian material akan tertinggal dalam bak dan saat pengisian selanjutnya material yang menempel itu akan terus berada di bak hingga terlepas dengan sendirinya. Bila hujan terlalu deras, maka kegiatan penambangan tidak akan dilakukan.

h. Pola Penggalian dan Pemuatan

Menurut Indonesianto (2015), pola penggalian dan pemuatan akan berpengaruh terhadap produksi peralatan mekanis. Ini dikarenakan pola pemuatan akan mempengaruhi besar sudut swing alat gali muat dari front penggalian terhadap posisi alat angkut dan ada tidaknya waktu tunggu alat muat terhadap waktu spotting alat angkut.

i. Keadaan Jalan Angkut

Keadaan jalan angkut dilihat dari kondisinya apakah rata, bergelombang, kasar, halus, lunak atau keras karena keadaan ini akan mempengaruhi besarnya *rolling resistance* (RR) yang dihasilkan oleh permukaan jalan angkut terhadap ban dari alat angkut. Selain itu keadaan jalan angkut dilihat

juga dari geometrinya yaitu bentuk dan ukuran jalan yang sesuai dengan tipe alat angkut yang digunakan dan kondisi medan yang ada sehingga menjamin keselamatan dan keamanan operasi pengangkutan (Indonesianto, 2015).

j. Ketersediaan Alat

Kesediaan alat berat yang akan dioperasikan berpengaruh terhadap kelancaran operasi penambangan yang dilakukan. Untuk menghindari adanya hambatan operasi yang disebabkan oleh rusaknya alat, maka alat-alat yang digunakan harus selalu diperiksa agar tidak mengalami kerusakan pada waktu dioperasikan.

k. Efisiensi Operator

Efisiensi operator (Operator Efficiency) merupakan faktor manusia yang menggerakkan alat-alat yang sukar untuk ditentukan efisiensinya, secara tepat, karena selalu berubah-ubah dari hari ke hari bahkan dari jam ke jam, tergantung dari keadaan cuaca (alam), kondisi alat yang dikemudikannya, suasana kerja, ketinggian area kerja, dan lain-lain. Kadang-kadang suatu perangsang dalam bentuk upah tambahan (incentive) dapat mempertinggi efisiensi operator.

l. Keadaan Lapangan

Bentuk topografi suatu daerah yang akan dilakukan suatu kegiatan pengupasan akan menentukan pada macam atau jenis alat yang digunakan untuk pengupasan. Alat gali yang digunakan harus dapat memanfaatkan gaya gravitasi untuk pendorongan material. Untuk penggunaan wheel loader lebih cocok dan baik jika digunakan untuk menggali permukaan topografi yang landai dan rata, sedangkan excavator lebih cocok digunakan pada topografi yang curam ataupun berjenjang.

m. Efisiensi Kerja

Dalam merencanakan suatu proyek, produktivitas per jam alat yang diperlukan adalah produktivitas standar dari alat tersebut pada kondisi ideal dikalikan dengan faktor efisiensi kerja. Efisiensi kerja adalah penilaian terhadap pelaksanaan suatu pekerjaan atau merupakan perbandingan antara waktu yang dipakai untuk bekerja dengan waktu yang tersedia (Yanto Indonesianto, 2015).

2.1.14 Keselamatan Jalan Tambang

Keselamatan jalan tambang merupakan aspek krusial dalam operasional pertambangan yang bertujuan untuk mencegah kecelakaan kerja dan menjamin kelancaran transportasi material tambang. Menurut, "keselamatan jalan tambang mencakup berbagai aspek teknis dan manajemen

yang memastikan bahwa jalan tambang memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan".

a. Standar Geometri Jalan Tambang

Geometri jalan tambang harus memenuhi standar tertentu untuk mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan efisiensi operasional. Kepmen ESDM 1827K/2018 menetapkan spesifikasi teknis yang harus dipenuhi oleh jalan tambang, termasuk lebar jalan, kemiringan, superelevasi, dan cross fall. "Penerapan standar geometri jalan tambang yang baik dapat signifikan mengurangi risiko kecelakaan dan meningkatkan produktivitas" (Sumber: Jurnal Teknik Pertambangan, 2018).

b. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Keselamatan Jalan Tambang

Beberapa faktor yang mempengaruhi keselamatan jalan tambang meliputi kondisi jalan, peralatan, dan cuaca. Kondisi jalan yang buruk, seperti lebar jalan yang sempit, kemiringan yang curam, dan permukaan jalan yang licin, dapat meningkatkan risiko kecelakaan. "Faktor kondisi jalan merupakan salah satu aspek paling kritis dalam menjaga keselamatan kerja di area pertambangan" (Sumber: Journal of Mining Safety, 2019).

c. Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) di jalan tambang melibatkan berbagai upaya untuk memastikan keselamatan pekerja dari risiko-risiko yang ada. Standar K3 meliputi penggunaan alat pelindung diri (APD), pelatihan keselamatan bagi pekerja, dan pengawasan rutin terhadap kondisi jalan dan peralatan. "Penerapan standar K3 yang baik dapat mengurangi angka kecelakaan kerja dan meningkatkan keselamatan operasional" (Sumber: Jurnal K3 Pertambangan, 2020).

d. Dampak Kondisi Jalan terhadap Operasional

Kondisi jalan yang tidak sesuai standar dapat menyebabkan peningkatan waktu tempuh alat angkut, konsumsi bahan bakar yang lebih tinggi, dan penurunan produktivitas. "Jalan tambang yang buruk tidak hanya berpotensi menyebabkan kecelakaan, tetapi juga berdampak negatif pada efisiensi operasional dan biaya produksi" (Sumber: Indonesian Mining Journal, 2020).

e. Rekomendasi Perbaikan

Perbaikan geometri jalan tambang harus dilakukan untuk memenuhi standar Kepmen ESDM 1827K/2018. Beberapa rekomendasi meliputi pelebaran jalan, penyesuaian kemiringan, penambahan superelevasi, dan peningkatan kualitas permukaan jalan. "Implementasi perbaikan

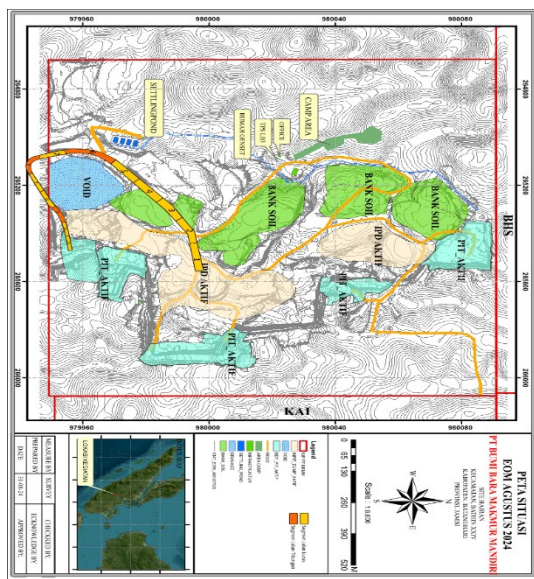
geometri jalan tambang yang sesuai standar dapat meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional secara signifikan" (Sumber: Jurnal Teknologi Pertambangan, 2021).

f. Upaya Peningkatan K3 di Jalan Tambang

Beberapa upaya peningkatan K3 di jalan tambang meliputi:

1. Peningkatan Infrastruktur Jalan: Memperbaiki geometri jalan tambang agar sesuai dengan standar Kepmen ESDM 1827K/2018.
2. Pelatihan dan Edukasi: Memberikan pelatihan berkala kepada pekerja mengenai keselamatan kerja dan tata cara mengoperasikan alat berat dengan aman.
3. Pengawasan dan Inspeksi Rutin: Melakukan pengawasan dan inspeksi secara rutin terhadap kondisi jalan dan peralatan untuk memastikan tidak ada potensi bahaya.
4. Penerapan Teknologi Keselamatan: Menggunakan teknologi seperti kamera pengawas dan sensor untuk memantau kondisi jalan dan aktivitas operasional secara real-time.

3. Pembahasan penelitian



Gambar 9. Foto pembagian Segmen jalan

Berikut tabel data pembagian segmen jalan PT. XYZ.

Tabel 1. Data segmen jalan

Segmen	Lebar (m)	ideal (m)	Kondisi	Perbaikan (m)
1	7,50	10	tidak	2,50
2	6,80	10	tidak	3,20
3	6,78	10	tidak	3,22
4	7,63	10	tidak	2,37
5	4,51	10	tidak	5,49
7	7,75	10	tidak	2,25
9	7,30	10	tidak	2,70
10	7,70	10	tidak	2,30
12	8,00	10	tidak	2,00
13	7,10	10	tidak	2,90

3.1 Lebar jalan tikungan

Perhitungan lebar jalan lurus yang ideal didasarkan pada jumlah jalur dan dimensi alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut. Pada jalan dari *Front* menuju *Stock Room* merupakan jalan dua arah, dan *DT Mercedes Benz Euro4 Axor 2528* merupakan alat angkut terbesar yang melintasi jalan tersebut

Segmen	Lebar (m)	ideal (m)	Kondisi	Perbaikan (m)
1	7,50	10	tidak	2,50
2	6,80	10	tidak	3,20
3	6,78	10	tidak	3,22
4	7,63	10	tidak	2,37
5	4,51	10	tidak	5,49
7	7,75	10	tidak	2,25
9	7,30	10	tidak	2,70
10	7,70	10	tidak	2,30
12	8,00	10	tidak	2,00
13	7,10	10	tidak	2,90

dengan lebar 10 meter. Sehingga untuk lebar jalan lurus ideal yang dilintasi oleh *Dump Truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 bisa menggunakan rumus berikut.

$$\begin{aligned} L_{min} &= (n \times Wt) + (n + 1) \times (1/2 \times Wt) \\ &= (2 \times 2,5) + (2 + 1) \times (1/2 \times 2,5) \\ &= \mathbf{10 \text{ Meter}} \end{aligned}$$

Tabel 2. Data lebar jalan tikungan

3.2 Jari – jari tikungan

Di PT. XYZ kendaraan terbesar yang melintas yaitu Terex TR50D yang memiliki spesifikasi alat sebagai berikut. Jarak roda depan dengan bagian depan truck (Ad): 1,570 m. Jarak roda belakang dengan bagian belakang truck (Ab): 1,260 m. Jejak antar Roda (U): 2,045 m. Jumlah lajur (n): 2. Sudut Lintasan Roda Depan (A): 45° Untuk perhitungannya sebagai berikut.

$$F_a = A_d \sin a = 1,57 \text{ m} \times \sin 45^\circ = 1,10 \text{ m}$$

$$F_b = A_b \sin \alpha = 1,26 \text{ m} \times \sin 45^\circ = 0,88 \text{ m}$$

$$C = \mathbb{Z}$$

$$= 1/2 (U + f_a + f_b = 1/2 (2,045 \text{ m} + 1,10 \text{ m} + 0,88 \text{ m})$$

$$= \mathbf{2,438 \text{ m}}$$

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

$$= 2 (2,045m + 1,10m + 0,88m + 2,438 \text{ m})$$

$+ 2,438 \text{ m}$

$$= 15,364 \text{ m} = \mathbf{16 \text{ m}}$$

Tabel 3. Data jari-jari tikungan

segmen	Lebar (m)	ideal (m)	kondisi	perbaikan (m)
6	7,04	16	tidak	8,96
8	7,48	16	tidak	8,52
11	7,20	16	tidak	8,80

3.3 Jari-jari tikungan

Berikut rumus jari-jari tikungan sebagai berikut:

$$R = v^2 / (127(E+F)) = (40)^2 / 127 (0.04 + 0.166) = 61.16 \text{ m}$$

Rencana kecepatan alat angkut saat melewati tikungan sekitar 40 km/jam sehingga untuk rumusnya sebagai berikut.

$$f = -0,00065 \times V + 0,192 = -0,00065 \times 40 + 0,192 = 0,166 \text{ atau } 16,6 \%$$

Langkah selanjutnya yaitu menghitung jari-jari tikungan ideal.

$$R = v^2 / 127(E+F) = (40)^2 / 127 (0.04 + 0.166) = 61.16 \text{ m}$$

3.4 Superelevasi

Maka Jari-jari tikungan ideal untuk kecepatan rencana 40 Km/Jam yaitu 61.16 m. Selanjutnya, yaitu menghitung nilai *Superelevasi* dengan rumus berikut.

$$e + f = V^2 / 127 \times R$$

$$e + f = 127 \times R \times V^2$$

$$e + 0,166 = (127 \times 61.16) / 40^2$$

$$e = \mathbf{0.04 \text{ m/m atau } 4\%}$$

Dari perhitungan tersebut didapatkan nilai *superelevasi* untuk jari-jari tikungan 61,16 m yaitu sebesar 0,04 m/m atau 4 %. Setelah mendapatkan nilai *Superelevasi*, Langkah selanjutnya menghitung beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar dengan menggunakan rumus berikut.

$$\tan a = e$$

$$\text{tg } \alpha = 0,04 ; \text{ maka } \alpha = 2,29^\circ$$

$$a = r (\text{lebar jalan tikungan}) \times \sin \alpha = 16 \text{ m} \times 2,29^\circ = \mathbf{0,64 \text{ meter}}$$

Tabel 4. Data superelavasi

segmen	Beda tinggi (m)	ideal (m)	kondisi	perbaikan (m)
6	0,383	0,64	tidak	-0,257
8	1,589	0,64	ideal	0,949
11	0,398	0,64	tidak	-0,242

3.5 Grade

Berikut pengurangan *Grade* jalan lajur bermuatan dalam tabel berikut.

Tabel 5. Perbaikan grade jalur muatan

Segmen	Grade (%)	ideal (%)	kondisi	perbaikan
1	6,318	12	Ideal	-
2	1,24	12	Ideal	-
3	-0,141	12	Ideal	-
4	-1,02	12	Ideal	-
5	0,219	12	Ideal	-
6	-5,638	12	Ideal	-
7	5,622	12	Ideal	-
8	-3,078	12	Ideal	-
9	-0,839	12	Ideal	-
10	7,295	12	Ideal	-
11	4,798	12	Ideal	-
12	-13,248	12	Tidak	2,72
13	-14,690	12	Tidak	1,47

Tabel 6. Perbaikan *Grade* Jalan Lajur Kosongan

Segmen	Grade (%)	ideal (%)	kondisi	perbaikan
13	-14,69	12	Tidak	1,47
12	-13,248	12	Tidak	2,72
11	4,798	12	Ideal	-
10	7,295	12	Ideal	-
9	-0,839	12	Ideal	-
8	-3,078	12	Ideal	-
7	5,622	12	Ideal	-
6	-5,638	12	Ideal	-
5	0,219	12	Ideal	-
4	-1,02	12	Ideal	-
3	-0,141	12	Ideal	-
2	1,24	12	Ideal	-
1	6,318	12	Ideal	-

3.6 Cross fall

Berikut penambahan nilai *Cross fall* ideal dalam tabel berikut.

SG	Beda tinggi kiri (m)	Beda tinggi kanan (m)	ideal (cm)	kondisi	Perbaikan kiri	Perbaikan kanan
1	1,907	3,090	10	Tidak	8,093	6,910
2	1,603	2,835	10	Tidak	8,397	7,165
3	1,538	2,759	10	Tidak	8,462	7,241
4	2,62	3,838	10	Tidak	7,380	6,162
5	4,939	6,881	10	Tidak	5,061	3,119
7	6,989	4,002	10	Tidak	3,011	5,998
9	6,094	8,078	10	Tidak	3,906	1,922
10	4,203	3,870	10	Tidak	5,797	6,130
12	1,192	1,803	10	Tidak	8,808	8,197
13	4,265	2,817	10	Tidak	5,735	7,183

Tabel 7 perbaikan data cross fall**3.7 Rolling resistance**

Rolling Resistance = CRR × Berat Kendaraan Muatan

$$= 10\% \times 25 \text{ ton}$$

$$= \mathbf{2,5 \text{ ton}}$$

Rolling Resistance = CRR × Berat Kendaraan Kosongan

$$= 10\% \times 7,38 \text{ ton}$$

$$= \mathbf{0,738 \text{ ton}}$$

Perbaikan rolling resistance

$Rolling\ Resistance = CRR \times Berat\ Kendaraan\ Muatan$

$$= 8\% \times 25\ ton = 2\ ton$$

$Rolling\ Resistance = CRR \times Berat\ Kendaraan\ kosongan$

$$= 8\% \times 7,38\ ton$$

$$= 0,590\ ton$$

3.8 Grade resistance

Untuk di PT. XYZ memiliki nilai *Grade Resistance* yang berbeda-beda antar segmen, berikut perhitungan nilai *Grade Resistance* segmen 13 untuk lajur kendaraan bermuatan.

$GR = Berat\ Kendaraan \times Grade\ Jalan$

$Grade\ Resistance\ (GR) = Berat\ Kendaraan \times Grade\ jalan$

$$= 25\ ton \times -14,690\ \% = -3,673\ ton$$

Perbaikan grade resistance

$Grade\ Resistance\ (GR) = Berat\ kendaraan \times Grade\ jalan$

$$= 25\ ton \times -12,000\ \% = -3,000\ ton$$

3.9 Rimpul

Berikut perhitungan nilai Rimpull Gear 1 nilai rimpul maksimal Mercedes benz axor euro 2528

Diketahui:

Nilai HP = 258

Efisiensi Mekanis = 86% atau 0.86

Kecepatan = 11,30 Km/Jam

$Rimpull = (HP \times 375 \times Eff) / V$

$$= (258 \times 375 \times 0,86) / 11,30$$

$$= 8.133,85\ Ton$$

3.10 Kecepatan (speed)

Diketahui nilai *Rolling Resistance* adalah 2,5ton dan nilai *Grade Resistance* adalah -3,673 ton, sehingga nilai Total Resistance adalah -0,572 ton. Selanjutnya, nilai Rimpull dihitung sebagai berikut:

$Rimpul\ RR = Berat\ Bermuatan \times koefisien\ RR\ (CRR)$

$$= 25\ ton \times 100$$

$$= 2.500\ ton$$

$Rimpul\ GR = Grade \times (GR) \times Berat\ muatan$

$$= -14,690 \times (-3,673) \times 25\ ton$$

$$= 1.348,726\ ton$$

$$total\ Rimpull = 2.500\ ton + 1.348,726\ ton$$

$$= 3.848,762\ Ton$$

Setelah mengetahui nilai Rimpull total, kecepatan dihitung menggunakan rumus:

$$Kecepatan = (HPK \times 375 \times Efisiensi\ Mekanis) / Rimpul$$

$$= (258 \times 375 \times 0,86) / 3.848,762 = 23,878\ Km/jam$$

Peningkatan Nilai Kecepatan (Speed)

Setelah perbaikan di segmen 13, Nilai *Rolling Resistance* = 2 ton, Nilai *Grade Resistance* = -3.000 ton, Nilai Total Resistance = -0,400 ton, Nilai Rimpull setelah perbaikan:

$Rimpull\ RR = Berat\ Bermuatan \times Koefisien\ RR\ (CRR)$

$$= 25\ ton \times 80$$

$$= 2.000\ ton$$

$$Rimpul\ GR = Grade \times (GR) \times Berat\ Bermuatan$$

$$= -12,000 \times -3,000 \times 25\ ton$$

$$= 900,000\ ton$$

Kecepatan setelah perbaikan dihitung dengan rumus:

$$Kecepatan = (HPK \times 375 \times Efisiensi\ mekanis) / Rimpul$$

$$= (258 \times 375 \times 0,86) / 2.900,000 = 31,687\ km/jam$$

3.11 Optimalisasi Cycle time

Setelah perbaikan jalan menurunkan Total Resistance, kecepatan alat angkut meningkat. Peningkatan kecepatan ini mengoptimalkan nilai *cycle time*, karena waktu perjalanan alat angkut berkurang akibat kondisi jalan yang lebih baik dan bebas hambatan.

Tabel 8. Data optimalisasi cycle time

Keterangan	Aktual (detik/menit)	Pperbaikan (detik/menit)
Ta1	338	-
Ta2	25,45	25,45
Ta3	291	291
Ta4	148,90	119,52
Ta5	27,86	27,86
Ta6	128	128
Ta7	124,20	124,20
Cta (detik)	1.082,93	715,94
Cta (menit)	18,05	12,09

3.12 Produktivitas alat angkut

Berikut tabel penjelasan mengenai produktivitas alat angkut.

Tabel 9. Data aktual produktifitas

Produktivitas & Produksi mercedes benz euro axor 2528			
Kapasitas <i>Bucket</i>	Q1	2,08	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	0,98	
Jumlah Pengisian	N	13	
Efisiensi Kerja	E	0,83	
<i>Cycle time</i>	Ctm	18,05	menit
<i>Swell Factor</i>	Sf	0,76	
Jam Kerja Efektif		11,62	Jam
Jumlah Hauler mercedes benz axor euro 2528		6	Unit
		55,55	Lcm/Jam
Produktivitas	P	3.666,30	Lcm/Hari/6 unit
		25.664,10	Lcm/minggu
Produksi Hauler		102.656,40	Lcm/Bulan

Tabel 10. data perbaikan produktifitas

Produktivitas & Produksi mercedes benz euro axor 2528			
Kapasitas <i>Bucket</i>	Q1	2,08	m ³
<i>Bucket Fill Factor</i>	K	0,98	
Jumlah Pengisian	N	13	
Efisiensi Kerja	E	0,83	
<i>Cycle time</i>	Ctm	12,09	menit
<i>Swell Factor</i>	Sf	0,76	
Jam Kerja Efektif		11,62	Jam
Jumlah Hauler mercedes benz axor euro 2528		6	Unit
		82,94	Lcm/Jam

Produktivitas	P	5.474,04	Lcm/Hari/6 unit
		38.318,28	Lcm/minggu u
Produksi Hauler		153.273,12	Lcm/Bulan

3.13 Keselamatan Jalan Tambang

Mengenai Keselamatan Jalan Tambang mencakup beberapa aspek penting yang harus dipertimbangkan untuk menjaga keselamatan pekerja dan peralatan di area tambang. Berikut adalah poin-poin keselamatan utama berdasarkan beberapa sumber terpercaya seperti Keputusan Menteri ESDM, Peraturan Pemerintah, dan standar internasional yang relevan:

a. Desain dan Geometri Jalan Tambang

- 1) Lebar Jalan: Lebar jalan tambang harus disesuaikan dengan jenis dan ukuran alat angkut yang digunakan, umumnya jalan tambang untuk alat berat seperti truk tambang (haul truck) memiliki lebar minimal 3 kali lebar kendaraan terbesar yang melewati jalan tersebut.
- 2) Kemiringan Jalan: Kemiringan (*grade*) jalan tambang harus diperhitungkan dengan cermat untuk menghindari kecelakaan akibat alat angkut tidak mampu menanjak atau menurun dengan aman. Kemiringan maksimum yang diperbolehkan umumnya sekitar 10% tergantung pada kondisi medan.
- 3) Radius Tikungan: Untuk menghindari risiko terguling atau kecelakaan, radius tikungan jalan harus cukup besar, minimal sesuai dengan jangkauan alat angkut besar, misalnya 2-3 kali panjang kendaraan.

b. Pemeliharaan Jalan Tambang

- 1) Penghalusan permukaan: Untuk mengurangi kerusakan jalan akibat pergerakan alat berat yang terus-menerus.
- 2) Drainase yang baik: Drainase yang efektif mencegah genangan air yang dapat menyebabkan licinnya jalan dan penurunan kualitas permukaan.
- 3) Kontrol debu: Mengendalikan debu dengan penyiraman secara teratur untuk menjaga jarak pandang dan keselamatan.

c. Tanda dan Rambu Keselamatan

- 1) Batas kecepatan: Ditetapkan untuk mengurangi risiko kecelakaan, terutama di area dengan aktivitas padat.
- 2) Tanda peringatan tikungan: Di lokasi dengan tikungan tajam atau area rawan bahaya lainnya.
- 3) Tanda berhenti: Di persimpangan atau pintu masuk ke jalur lalu lintas utama tambang.

d. Pengaturan Lalu Lintas

- 1) Sistem prioritas kendaraan: Kendaraan besar seperti truk tambang memiliki prioritas jalan lebih tinggi dibandingkan dengan kendaraan yang lebih kecil.

- 2) Komunikasi radio: Pengemudi alat angkut harus menggunakan komunikasi radio untuk berkoordinasi terutama di area blind spot atau tikungan dengan jarak pandang terbatas.

e. Pencerayaan dan Penanda

- 1) Pencerayaan jalan harus cukup terutama pada operasi tambang malam hari untuk memastikan jarak pandang yang baik.
- 2) Penanda reflektif di tepi jalan untuk membantu panduan kendaraan di malam hari atau kondisi cuaca buruk.

f. Pengawasan dan Kepatuhan terhadap Prosedur Keselamatan

- 1) Setiap pekerja di jalan tambang wajib mematuhi Standard Operating Procedures (SOP) keselamatan jalan tambang yang telah ditetapkan oleh perusahaan tambang.
- 2) Inspeksi rutin terhadap kondisi jalan dan alat angkut sangat penting untuk memastikan tidak ada potensi bahaya.

g. Alat Pelindung Diri (APD)

- 1) Pengemudi dan personel yang berada di sekitar jalan tambang wajib menggunakan APD seperti helm, sepatu keselamatan, dan jaket reflektif.

h. Pelatihan dan Sertifikasi

- 1) Operator alat berat dan pengemudi harus mendapatkan pelatihan yang memadai dan sertifikasi keselamatan sebelum diizinkan beroperasi di jalan tambang. Ini mencakup kemampuan menangani keadaan darurat seperti rem blong atau masalah mekanis pada kendaraan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil evaluasi geometri jalan dari Front menuju Stock Room PT. XYZ didapatkan hasil sebagai berikut:
 - a. Lebar jalan lurus yang ideal adalah 12,5 meter.
 - b. Lebar jalan tikungan yang ideal adalah 14,5 meter.
 - c. *Grade* alan yang ideal menurut Kepmen ESDM No 1827 K tahun 2018 adalah maksimal 12 %.
 - d. *Superelevasi* yang ideal untuk jalan tikungan dengan lebar 14,5 meter adalah 0,6 meter atau 60 cm.
 - e. *Cross slope* yang ideal untuk lebar jalan lurus 0,25 meter yaitu 25 cm.
2. Berdasarkan hasil perhitungan, didapatkan Produktivitas aktual dan setelah perbaikan sebagai berikut:
 - a. Aktual
Produktivitas aktual alat angkut *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 sebelum jalan diperbaiki yaitu sebesar 55,55 LCM/Jam, 3.666,30 LCM/Hari/6 unit, 25.664,10 LCM/minggu/6 unit, dan 102.656,40 LCM/ Bulan/ 6 unit *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528.

- b. Perbaikan
Produktivitas aktual alat angkut *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528 sebelum jalan diperbaiki yaitu sebesar 82,94 LCM/Jam, 5.474,04 LCM/Hari/6 unit, 38.318,28 LCM/minggu/6 unit, dan 153.273,12 LCM/Bulan/6 unit *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528.
3. Dari hasil analisis regresi sederhana total *rimpull* terhadap kecepatan alat angkut, dapat disimpulkan bahwa hubungan variabel X (*rimpull*) terhadap variabel Y (kecepatan) berbanding terbalik, yaitu semakin naik nilai *rimpull* maka akan semakin turun nilai kecepatan alat angkut, begitu pula sebaliknya. Dari hasil analisis regresi sederhana kecepatan terhadap waktu tempuh alat angkut per segmen jalan, dapat disimpulkan bahwa hubungan variabel X (kecepatan) terhadap variabel Y (waktu tempuh) berbanding terbalik, sehingga semakin naik nilai kecepatan maka akan semakin turun nilai waktu tempuh alat angkut, begitu pula sebaliknya.
4. Dari hasil evaluasi dengan cara membandingkan antara produktivitas aktual, plan, dan teoritis alat angkut, maka bisa disimpulkan bahwa produktivitas teoritis dengan cara simulasi pada jalan yang telah diperbaiki telah mencapai bahkan melebihi produktivitas plan dari alat angkut *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528.

4.2 saran

1. Merencanakan geometri jalan di beberapa segmen yang direkomendasikan untuk memastikan jalan angkut dari Front menuju Stock Room sesuai standar dan ideal untuk dilewati alat angkut *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528. Hal ini mencakup pengukuran ulang, penyesuaian lebar jalan, kemiringan jalan, serta penambahan superelevasi di tikungan agar sesuai dengan regulasi yang berlaku.
2. Mengawasi geometri dan tekstur permukaan jalan angkut secara berkala untuk mencegah peningkatan Total *Resistance* yang dapat mengurangi kecepatan (*Speed*) dan menurunkan produktivitas *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528. Inspeksi akan dilakukan oleh tim leader Produksi setiap hari untuk memastikan kondisi jalan selalu dalam keadaan optimal dan bebas hambatan, sehingga proses pengangkutan *Coal Getting* berjalan lancar dan efisien.
3. Menambah alat pemeliharaan jalan seperti 1 Motor Grader dan 1 Dozer di front *Coal Getting* dan *Stock Room*. Lokasi ini sering menjadi tempat tunggu (*delay*) *Dump truck* Mercedes Benz Euro4 Axor 2528, sehingga sering terjadi amblasan jalan yang menyebabkan penetrasi ban meningkat dan menambah hambatan perjalanan. Dengan adanya alat pemeliharaan tambahan, kondisi jalan dapat terus dipertahankan agar tetap stabil dan aman untuk dilalui.

4. Menambah pemasangan rambu-rambu dan *post guide* di sepanjang jalan angkut untuk memberikan panduan visual yang jelas bagi operator alat berat. Rambu-rambu ini akan membantu mengarahkan lalu lintas alat angkut, mengurangi risiko kecelakaan, dan memastikan perjalanan yang lebih lancar dan teratur di seluruh segmen jalan.

Reverensi

- [1] Zara, M., & Prabowo, H. (2020). Kajian Teknis Geometri Jalan Angkut dan Pengaruhnya Terhadap Produksi Alat Angkut pada Penambangan Batu Andesit di PT. Ansar Terang Crushindo 1Kecamatan Pangkalan Koto Baru, Sumatera Barat. *Bina Tambang*, 5(5), 20-31.
- [2] Prabowo, H., & Febriani, C. (2023). Analysis of the Relationship between Road Slope and Total Resistance to Fuel Consumption of Sany Skt 90s Dump Truck. *MOTIVECTION: Journal of Mechanical, Electrical and Industrial Engineering*, 5(2), 397-414.
- [3] Zuhri, F. A. D., & Prabowo, H. (2024). Geometry And Maintenance Analysis Of All Wheeler Road (Awr) Ts+ 35 To Tls 2 Tambang Air Laya, Pt. Bukit Asam, Tbk. Anjung Enim, South Sumatra. *Bina Tambang*, 9(1), 11-18.
- [4] Prabowo, H., & Marcelino, U. Z. D. (2023). Kajian Teknis Produktifitas dan Keceratan Excavator dengan Dump Truck pada Kegiatan Coal Getting Seam 18 PT. Kurnia Alam Investama Kabupaten Batanghari Provinsi Jambi. *CIVED*, 10(2), 398-408.
- [5] Prabowo, H., Premana, H., & Amrina, E. (2023). Keceratan Kerja Alat Gali Muat Excavator Volvo Ec330 Blc Dan Alat Angkut Dump Truck Mercedes Benz Axor 2528 C Pada Kegiatan Coal Getting Seam B. *Jurnal Sains dan Teknologi: Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknologi Industri*, 23(1), 86-98.
- [6] Ananda, A. D., Rahman, H. A., & Prabowo, H. (2023). Analisis Keceratan Alat Gali Muat dan Angkut Batubara Dalam Produksi Overburden Di Pit Alam 1-3 Di PT. Muara Alam Sejahtera, Kabupaten Lahat, Sumatera Selatan. *Bina Tambang*, 8(3), 33-41.
- [7] 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.
- [8] Nurullah, S. S. H., Guntoro, D., & Wijaksana, I. K. (2024). Pengaruh Geometri Jalan terhadap Produktivitas Batubara di Pit 2 Banko. *Jurnal Riset Teknik Pertambangan*, 83-92.

- [9] Deddy. (2018). *Analisis Pengaruh Geometri Jalan Angkut Terhadap Produktivitas Alat Angkut Dalam Menunjang Target Produksi Di PT. Bara Indah Lestari Kabupaten Seluma Provinsi Bengkulu*. Skripsi. Sekolah Tinggi Teknologi Industri (Sttind), Padang.
- [10] Jeffry Reynold Silalahi, Guskarnali, Delita Ega Andini. (2018). *Kajian Teknis Geometri Jalan Tambang Front 242 Untuk Pencapaian Produktivitas Alat Angkut Di PT Semen Padang (Persero) Tbk*. Jurusan Teknik Pertambangan, Universitas Bangka Belitung.
- [11] Pemerintah Indonesia. Kepmen ESDM No. 1827 K Tahun (2018). *Tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik*. Lembaga Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 30. Jakarta: Sekretariat Negara.
- [12] Rifandy, A. 2016. Kajian Teknis Geometri Jalan Hauling pada PT. Guruh Putra Bersama Site Desa Gunung Sari Kecamatan tabang Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Geologi Pertambangan (JGP)*.
- [13] Multriwahyuni, A. 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*
- [14] Energi, M., & Mineral, S. (2018). *Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan Yang Baik. KEPMEN ESDM No 1827 K*.