

ANALISIS POTENSI BAHAYA PADA KEGIATAN HAULING MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS DI PT. BILLY INDONESIA

Muhammad Adi Yusuf¹

Email: adhieyusuf17@gmail.com

Saptawartono²

Email: saptawartono@mining.upr.ac.id

Fahrul Indrajaya³

Email: fahrulindrajaya@mining.upr.ac.id

Ferra Murati⁴

Email: ferramurati@mining.upr.ac.id

Neny Sukmawatie⁵

Email: nenysukmawatie@mining.upr.ac.id

^{1,2,3,4,5}Universitas Palangka Raya

ABSTRAK

Kegiatan *hauling* adalah kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral dan/atau batubara dari daerah tambang dan/atau tempat pengolahan dan/atau pemurnian sampai tempat penyerahan. Kegiatan *hauling* di PT. Billy Indonesia belum pernah terjadi kecelakaan tetapi terdapat permasalahan yang memiliki kemungkinan terjadi potensi bahaya. Terdapat genangan air di beberapa titik jalan sepanjang jalan tambang di PT. Billy Indonesia yang bisa merusak jalan tambang karena geometri jalan yang tidak sesuai dengan regulasi. Dampak dari geometri jalan yang tidak sesuai dapat memunculkan potensi bahaya terhadap kegiatan *hauling* di PT. Billy Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan membuat tindakan pencegahan pada faktor-faktor yang berpotensi menjadi bahaya penyebab kecelakaan kerja dalam kegiatan *hauling* dengan menggunakan metode *root cause analysis* di PT. Billy Indonesia. Pada penelitian ini menggunakan metode *root cause analysis* dan *fishbone diagram* sebagai alat pengolahan dan visualisasi data untuk mengetahui akar utama permasalahan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dan deskriptif. Hasil penelitian ini yaitu melakukan tahap penggunaan metode *root cause analysis*, mengidentifikasi masalah, faktor penyebab, dan akar penyebab. Ditemukan geometri jalan *hauling* nilai *cross slope* masih belum ideal karena dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu *manpower*, *material*, dan *mother nature* yang didapatkan dari visualisasi faktor penyebab dengan *fishbone diagram*. Tindakan perbaikan segera dibuat dan rancang untuk mengatasi tiga faktor tersebut.

Kata Kunci: Kegiatan *Hauling*, *Root Cause Analysis*, *Fishbone Diagram*.

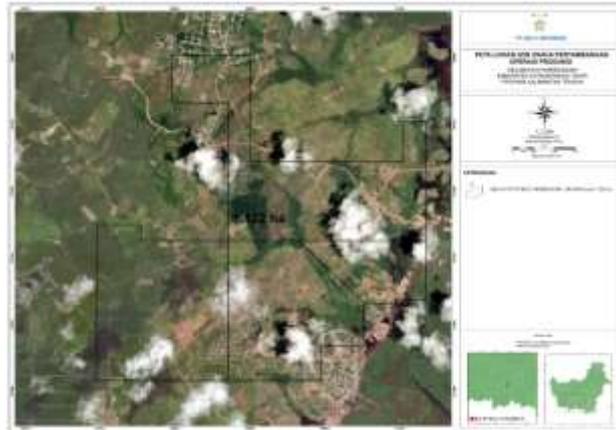
ABSTRACT

Hauling activity is a mining business activity to move minerals and/or coal from the mining area and/or processing and/or refining site to the place of delivery. Hauling activities at PT Billy Indonesia have never had an accident but there are problems that have the possibility of potential hazards. There are puddles of water at several points along the mining road at PT Billy Indonesia which can damage the mining road due to road geometry that is not in accordance with regulations. The impact of inappropriate road geometry can create potential hazards to hauling activities at PT Billy Indonesia. This study aims to identify and take preventive action on factors that have the potential to cause work accidents in hauling activities using the root cause analysis method at PT Billy Indonesia. This research uses the root cause analysis method and fishbone diagram as a data processing and visualization tool to find out the main root of the problem. This research uses a quantitative and descriptive approach. The results of this study are the stages of using the root cause analysis method, identifying problems, causal factors, and root causes. It was found that the hauling road geometry cross slope value is still not ideal because it is influenced by three factors, namely manpower, material, and mother nature obtained from visualizing the causal factors with a fishbone diagram. Corrective actions were immediately created and designed to address these three factors.

Keywords: *Hauling Activities, Root Cause Analysis, Fishbone Diagram.*

1. PENDAHULUAN

PT. Billy Indonesia merupakan perusahaan pertambangan bauksit yang berlokasi di Kecamatan Parenggean, Kabupaten Kotawaringin Timur, Provinsi Kalimantan Tengah. Kegiatan penambangan bauksit di PT. Billy Indonesia merupakan kegiatan penambangan terbuka dengan metode “*back filling*” (penimbunan kembali material *overburden* pada lubang bukaan bekas tambang yang telah selesai ditambang). Pengambilan data aktual penelitian berada di wilayah IUP Operasi Produksi PT. Billy Indonesia (Gambar 1).



Gambar 1. Wilayah IUP Operasi Produksi PT. Billy Indonesia

Kegiatan *hauling* di PT. Billy Indonesia memiliki jarak dari *front* penambangan ke area *stockpile* berjarak 6,5 km. Selama beroperasi terutama pada kegiatan *hauling* PT. Billy Indonesia belum ada terjadinya kecelakaan atau *zero fatality*. Walau tidak ada kecelakaan tetapi terdapat beberapa masalah yang memiliki kemungkinan terjadi potensi bahaya pada kegiatan *hauling* yaitu terdapat genangan air di beberapa titik sepanjang jalan tambang yang bisa merusak jalan tambang karena geometri jalan yang tidak sesuai. Selain itu kebanyakan *driver dump truck* sering melanggar batas maksimum kecepatan pada saat berkendara dimana tindakan tersebut dapat menyebabkan terjadinya potensi bahaya.

Untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor sumber utama dari suatu masalah (*problem*) atau peristiwa tersebut peneliti akan menggunakan metode *root cause analysis* dengan alat bantu *fishbone diagram*. Penggunaan metode *root cause analysis* ini untuk membantu peneliti memahami konteks, faktor, dan mekanisme yang berperan mengapa suatu fenomena atau masalah terjadi sedangkan *fishbone diagram* merupakan salah satu alat bantu dalam proses metode *root cause analysis* untuk mengidentifikasi dan memvisualisasikan berbagai faktor yang dapat menjadi penyebab masalah atau peristiwa yang sedang diteliti.

Kegiatan *Hauling*

Kegiatan pengangkutan adalah kegiatan usaha pertambangan untuk memindahkan mineral dan/atau batubara dari daerah tambang dan/atau tempat pengolahan dan/atau pemurnian sampai tempat penyerahan.

Geometri Jalan

Geometri jalan angkut merupakan perhitungan bentuk, ukuran dan posisi jalan angkut

yang akan digunakan dalam proses pengangkutan hasil tambang. Geometri jalan harus sesuai dengan dimensi alat angkut yang digunakan agar alat angkut tersebut dapat bergerak leluasa pada kecepatan normal dan aman (Tania et al, 2021). Menurut Mierta (2018), Geometri jalan angkut yang tepat harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. Lebar Jalan Angkut Keadaan Lurus

Penentuan lebar jalan minimum untuk jalan lurus didasarkan pada *rule of thumb* yang dikemukakan oleh AASHTO (*American Association Of State Highway And Transportation Officials*) (1990) yaitu jumlah jalur kali lebar *dump truck* ditambah setengah lebar *dump truck* untuk tepi kiri, kanan jalan dan jarak antara dua *dump truck* yang sedang bersilangan lebar jalan minimum yang dipakai sebagai jalur ganda atau lebih pada jalan lurus adalah sebagai berikut:

$$L_m = n \cdot W_t + (n + 1) \cdot (1/2 \cdot W_t)$$

L_m = lebar jalan minimum (m)

n = jumlah jalur

W_t = lebar alat angkut (m)

b. Lebar Jalan Angkut Keadaan Tikungan

Penentuan lebar jalan pada saat *dump truck* membelok berbeda dengan keadaan jalan lurus, karena pada belokan terjadi pelebaran jalan yang sangat tergantung dari jari-jari tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana pelebaran jalan ini dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$W_{min} = 2 (U + F_a + F_b + Z) + C$$

$$Z = (U + F_a + F_b)/2$$

dengan:

W = lebar jalan angkut pada tikungan(m)

N = Jumlah jalur

F_a = lebar jantai (*over hang*) depan(m)

F_b = lebar jantai (*over hang*) belakang(m)

U = Lebar jejak roda (*center to center tyre*)(m)

C = Jarak antara dua *dump truck* yang akan bersimpangan (m)

Z = Jarak sisi luar *dump truck* ketepi jalan (m)

c. Kemiringan Jalan (*grade*)

Kemiringan (*grade*) adalah tanjakan dari jalan angkut, kelandaian atau kecuramannya sangat mempengaruhi produksi (*output*) alat angkut, sebab adanya kemiringan jalan (*grade*) menimbulkan tahanan tanjakan (*grade resistance*) yang harus diatasi oleh mesin alat angkut. Menurut AASHTO (1990), kemiringan jalan angkut dapat berupa jalan menanjak atau pun jalan menurun, yang disebabkan perbedaan ketinggian pada jalur jalan, kemiringan jalan dinyatakan dalam persen. Menurut Maulana et al (2018), Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut truk berkisar antara 10%-15% atau sekitar 6° - $8,50^{\circ}$. Namun untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% ($=4,50^{\circ}$). *Grade* (kemiringan) dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Grade (\%) = \Delta h / \Delta x \cdot 100\%$$

Keterangan:

Δh = beda tinggi antara dua titik segmen jalan yang diukur (m)

Δx = jarak antara dua titik segmen jalan yang diukur (m)

d. Superelevasi

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana (VR). Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Kecepatan yang digunakan adalah berdasarkan *grade per section*. Sedangkan koefisien gesekan secara matematis dapat dihitung sebagai berikut :

a) Untuk $V < 80$ km/jam $f = -0,00065 \times V + 0,192$

b) Untuk $V > 80$ km/jam $f = -0,00125 \times V + 0,24$

Untuk mencari angka superelevasi yang standar penulis berpatokan pada nilai superelevasi yang diizinkan.

Tabel 1.1 Nilai Superelevasi yang di Izinkan

Jari Jari Tikungan (feet)	Kecepatan mph					
	10	15	20	25	30	<30
50	0.04	0.04				
100	0.04	0.04	0.04			
150	0.04	0.04	0.04	0.05		
250	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	
300	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
600	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
1000	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04

(Sumber : Multriwahyuni et al, 2017)

1 feet = 0,305 m

1 mph = 1,609 km/jam

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

Dimana :

e = Angka superelevasi

f = Koefisien gesekan melintang

V = Kecepatan kendaraan (km/jam)

R = Radius/jari-jari tikungan (m)

e. *Cross Slope*

Cross slope adalah sudut yang dibentuk oleh dua sisi permukaan jalan terhadap bidang horizontal. Kemiringan jalan (*cross slope*) sangat dibutuhkan untuk mengatasi masalah pengairan di permukaan jalan, terutama pada saat turun hujan. Jalan angkut yang baik memiliki kemiringan melintang (*cross slope*) antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m. Berikut perhitungan kondisi jalan angkut dua jalur:

$a = 1/2 \times \text{lebar jalan}$

Perhitungan Beda tinggi yang harus dibuat setiap jalur:

$b = a \times 40 \text{ mm/m}$

Root Cause Analysis

Root Cause Analysis (RCA) merupakan pendekatan terstruktur untuk mengidentifikasi faktor-faktor berpengaruh pada satu atau lebih kejadian-kejadian yang lalu agar dapat digunakan untuk meningkatkan kinerja (Corcoran, dalam Ikayanti, 2017). *Root cause* adalah bagian dari beberapa faktor (kejadian, kondisi, faktor organisasional) yang memberikan kontribusi, atau menimbulkan kemungkinan penyebab dan diikuti oleh akibat yang tidak

diharapkan.

Langkah-langkah dalam melakukan *root cause analysis* menurut Max Ammerman (dalam Ikayanti, 2017) dalam bukunya yang berjudul *Root Cause Analysis* terdapat beberapa langkah-langkah yang harus dilakukan dalam melakukan analisis akar masalah:

a) Mengidentifikasi masalah

Dalam mengidentifikasi masalah harus memperhatikan kejadian yang menyebabkan sebuah dampak atau kerugian yang tinggi, sehingga sangat diperlukan untuk melakukan tindakan perbaikan.

b) Mengidentifikasi faktor penyebab

Pada langkah ke-2 ini digunakan untuk menggali lebih dalam mengenai masalah apa yang terjadi dan menemukan mengapa permasalahan tersebut terjadi.

c) Mengidentifikasi akar penyebab

Melakukan analisis secara menyeluruh terhadap faktor-faktor permasalahan yang mengidentifikasi akar penyebab dari permasalahan.

d) Merancang dan menentukan rencana perbaikan

Merancang dan menentukan rencana perbaikan dalam memperbaiki sebuah masalah dan mencegah agar masalah tersebut tidak terjadi kembali dimasa yang akan datang.

Fishbone Diagram

Fishbone Diagram merupakan diagram yang digunakan untuk mengetahui penyebab terjadinya suatu permasalahan dengan membagi permasalahan tersebut ke dalam beberapa faktor utama dan secara sistematis mencatat berbagai penyebab yang berpengaruh pada suatu masalah (Tague dalam Thariq & Fahma, 2020).

Menurut Kusnadi (2011) berikut ini langkah-langkah untuk membuat fishbone diagram:

a) Tulis permasalahan utama pada bagian kanan (kepala ikan). Gambar garis panah dari kiri ke kanan mengarah ke permasalahan.

b) Identifikasi semua kategori utama penyebab masalah mulai dari man, method, machine, material, measurement, dan environment.

c) Gunakan panah yang lebih kecil untuk menjelaskan akar permasalahan sehingga menjadi lebih detail.

d) Ulangi langkah (3) berulang-ulang sehingga menemukan akar permasalahan yang paling mendasar.

2. METODE PENELITIAN

Alur Tahapan Penelitian

a. Studi Literatur

Tahap permulaan melakukan studi literatur mengenai teori/literatur tentang potensi bahaya pada kegiatan hauling, metode root cause analysis, dan fishbone diagram.

b. Survei Lapangan

Melakukan observasi langsung ke lokasi penambangan terutama pada kegiatan hauling di PT. Billy Indonesia untuk mengetahui dan mengidentifikasi langsung keadaan aktual di lapangan.

c. Pengumpulan dan Pengolahan Data

Data yang akan diambil dan dikumpulkan yaitu data primer dan data sekunder. Data primer yang akan diambil yaitu data geometri jalan. Data sekunder yang akan dikumpulkan yaitu, profil perusahaan, peta geologi daerah penelitian, data spesifikasi unit alat angkut, SOP prosedur pengendalian operasional K3, dan SOP pengangkutan dump truck.

d. Analisis dan Pembahasan

Tahap penganalisan yang dijalankan ialah proses penyesuaian antara data ideal dan aktual hasil perhitungan apakah sudah sesuai SOP atau belum.

e. Kesimpulan

Tahapan ini merupakan tahapan hasil analisis data yang telah selesai diolah. Hasil data yang diolah, dianalisis, dan telah diperoleh suatu kesimpulan maka akan dirangkum ke dalam laporan tertulis yang dapat dipertanggungjawabkan.

Pengumpulan Data

Terdapat dua cara/metode yang digunakan dalam mengumpulkan data yaitu:

a. Metode Observasi (Pengamatan)

Metode ini dilakukan dengan pengamatan dan pengambilan data langsung di lapangan untuk mengumpulkan data primer. Penelitian skripsi ini memerlukan data primer untuk mengetahui spesifikasi unit alat angkut dan untuk perhitungan lebar jalan angkut saat lurus, tikungan, superelevasi, kemiringan jalan, dan cross slope sebagai perbandingan antara data aktual dengan data ideal berdasarkan perhitungan apakah sudah sesuai dengan regulasi dan peraturan, dan mengetahui data kecepatan rata-rata unit alat angkut apakah

sudah sesuai SOP PT. Billy Indonesia.

b. Metode pustaka

Metode pustaka dilakukan dengan cara menghimpun data-data maupun informasi dan materi yang dapat menunjang dan dianggap relevan serta berkaitan dengan permasalahan yang ada dalam penelitian ini. Materi yang dimaksud yaitu teori/literatur mengenai potensi bahaya pada kegiatan hauling, teori/literatur menggunakan metode root cause analysis, teori/literatur menggunakan alat bantu visualisasi fishbone diagram, serta literatur-literatur terkait yang mendukung dalam penelitian ini. Sedangkan data-data yang dimaksud merupakan data sekunder yang akan diolah kembali. Data sekunder merupakan data penunjang dalam kegiatan penelitian dan dalam proses pembuatan laporan skripsi. Adapun data sekunder dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Profil perusahaan
- 2) Peta geologi daerah penelitian
- 3) Spesifikasi alat
- 4) SOP operasional pengangkutan
- 5) SOP pengendalian operasional K3,

Pengolahan Data

Dalam pengolahan data, penulis memanfaatkan metode root cause analysis, dan visualisasi dengan fishbone diagram, serta mengoptimalkan penggunaan perangkat lunak microsoft excel untuk menyajikan temuan dan hasil data yang diolah dengan efektif. Data yang telah dikumpulkan dari lapangan seperti data spesifikasi alat angkut dan geometri jalan angkut diolah di perangkat lunak microsoft excell, kemudian diolah untuk dilakukan identifikasi menggunakan metode root cause. Ketika ditemukan masalah yang akan menjadi potensi bahaya selanjutnya dilakukan pembuatan visualisasi fishbone diagram untuk menentukan faktor-faktor penyebab seperti manusia, mesin, peralatan, metode, dan lingkungan. Hasil pengolahan data ini disajikan dalam berbagai bentuk, seperti tabel dan grafik.

Analisis Data

Metode analisis data yang digunakan dalam penelitian ini ialah:

a. Metode kuantitatif

Metode kuantitatif merupakan metode yang dapat digunakan dalam menjawab permasalahan dalam suatu penelitian ilmiah yang berhubungan dengan nilai perhitungan.

Tujuan menggunakan metode kuantitatif ialah untuk mengembangkan dan menggunakan model matematis yang berkaitan dengan permasalahan terkait. Dalam penelitian ini metode kuantitatif dipakai untuk menganalisis geometri jalan seperti lebar jalan angkut lurus, lebar jalan tikungan, kemiringan jalan, superelevasi, dan cross slope, untuk mengetahui antara data aktual di lapangan dengan data ideal berdasarkan peraturan regulasi terkait geometri jalan tambang.

b. Metode deskriptif

Metode deskriptif merupakan metode yang berfungsi untuk mendeskripsikan gambaran terhadap objek yang diteliti. Tujuan utama metode deskriptif yaitu menggambarkan secara sistematis fakta dan karakteristik objek dan subjek yang diteliti secara tepat. Pada penelitian ini metode deskriptif digunakan dalam pengolahan data identifikasi potensi bahaya dan penilaian risiko pada alur kegiatan dari keseluruhan data yang telah dianalisis kemudian akan ditarik suatu kesimpulan yang utuh dari hasil penelitian terkait.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Geometri Jalan Hauling

a. Lebar Jalan Hauling Keadaan Lurus dan Tikungan

Perhitungan lebar jalan lurus berbeda dengan lebar jalan tikungan karena jalan lebar tikungan lebih besar daripada lebar jalan lurus. Jumlah lajur pada jalan hauling mempunyai 2 lajur (n) dengan unit alat angkut terbesar yang menjadi patokan pengukuran lebar adalah NISSAN CWA 260 MX yang mempunyai lebar sebesar 2,475 meter (Wt). Perhitungan lebar jalan lurus dan tikungan yaitu sebagai berikut:

$$\begin{aligned}L_{min} &= n \cdot Wt + (n+1) \cdot (\frac{1}{2} \cdot Wt) \\L_{min} &= (2 \times 2,475) + (2+1) (\frac{1}{2} \times 2,475) \\&= 8,6625 \sim 8,7 \text{ m}\end{aligned}$$

Jadi lebar jalan angkut pada jalan lurus adalah 8,7 meter.

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

$$R = (30)^2 / 127 \times (0,04 + 0,172) = 33,43 \text{ m}$$

$$F_a = 1,28 \text{ m} \times \sin 36^\circ = 0,75 \text{ m}$$

$$F_b = 1,62 \text{ m} \times \sin 36^\circ = 0,95 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}C = Z &= 0,5 (1,86 + 0,75 + 0,95) \\&= 0,5 (3,08)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,78 \text{ meter} \\
 W &= 2 \cdot (1,38 + 0,75 + 0,95 + 1,78) + 1,78 \\
 &= 2 \cdot (4,86) + 1,78 \\
 &= 11,5 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Jadi lebar jalan angkut keadaan tikungan yaitu 11,5 meter.

Tabel 3.1 Lebar Jalan Angkut Dalam Keadaan Lurus Aktual dan Ideal

Lebar Jalan Angkut Dalam Keadaan Lurus			
Segmen	Rencana Lebar Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kriteria
2	8,7	25,25	Ideal
3	8,7	24,85	Ideal
5	8,7	14,59	Ideal
7	8,7	15,37	Ideal
10	8,7	16,16	Ideal
13	8,7	15,01	Ideal
14	8,7	14,95	Ideal
17	8,7	14,84	Ideal
18	8,7	15,04	Ideal
19	8,7	15,42	Ideal
20	8,7	20,25	Ideal

(Sumber : Hasil Perhitungan, Peneliti 2023)

Tabel 3.2 Hasil Perhitungan Lebar Jalan Angkut Dalam Keadaan Tikungan Aktual dan Ideal

Lebar Jalan Angkut Dalam Keadaan Tikungan			
Segmen	Rencana Lebar Berdasarkan Perhitungan (m)	Lebar Jalan Aktual (m)	Kriteria
1	11,5	17,7	Ideal
4	11,5	15,01	Ideal
6	11,5	15,27	Ideal
8	11,5	14,94	Ideal
9	11,5	15,04	Ideal
11	11,5	14,91	Ideal
12	11,5	14,57	Ideal
15	11,5	14,2	Ideal
16	11,5	15,12	Ideal

(Sumber : Hasil Perhitungan, Peneliti 2023)

Dari data tersebut dapat dilihat bahwa antara data lebar aktual keadaan lurus dan tikungan menghasilkan kriteria yang ideal karena sudah sesuai. Jadi tidak diperlukan adanya penambahan lebar jalan.

b. Kemiringan Jalan *Hauling*

Menurut Hasbiantara (2021), Kemiringan jalan maksimum yang dapat dilalui dengan baik oleh alat angkut truck berkisar antara 10%-15% atau sekitar 6° -8,50° . Namun untuk jalan naik atau turun pada lereng bukit lebih aman bila kemiringan jalan maksimum sekitar 8% (=4,50°). Berikut perhitungan kemiringan jalan dari segmen 1 – segmen 2.

$$\begin{aligned} \Delta x &= \text{Jarak segmen 2} - \text{Jarak segmen 1} \\ &= 428 - 0 \\ &= 428 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta h &= \text{Elevasi segmen 2} - \text{Elevasi segmen 1} \\ &= 29,3 - 28,99 \\ &= 0,31 \text{ mdpl} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Grade (\%)} &= \Delta h / \Delta x \cdot 100\% \\ &= 0,31 / 428 \\ &= 0,074 \text{ \%} \end{aligned}$$

Tabel 3.3 Hasil Perhitungan Kemiringan Jalan Angkut Aktual dan Ideal

Segmen	Elevasi	Beda Elevasi		Panjang Jalan (m)	Grade Jalan (%)	Kriteria
		Muatan	Kosong			
1-2	29,3	-0,31	0,31	428	0,0724	Ideal
	28,99					
2-3	28,99	9,32	-9,32	458	2,0349	Ideal
	38,31					
3-4	38,31	-22,07	22,07	1.109	1,9901	Ideal
	16,24					
4-5	16,24	-1,98	1,98	171	1,1579	Ideal
	14,26					
5-6	14,26	-2,3	2,3	707	0,3253	Ideal
	11,96					
6-7	11,96	-2,76	2,76	284	0,9718	Ideal
	9,2					
7-8	9,2	8,17	-8,17	294	2,7789	Ideal
	17,37					
8-9	17,37	2,9	-2,9	175	1,6571	Ideal
	20,27					
9-10	20,27	-1,44	1,44	243	0,5926	Ideal
	18,83					

10-11	18,83 6,2	-12,63	12,63	470	2,6872	Ideal
11-12	6,2 6,82	0,62	-0,62	160	0,3875	Ideal
12-13	6,82 7,41	0,59	-0,59	286	0,2063	Ideal
13-14	7,41 6,15	-1,26	1,26	285	0,4421	Ideal
14-15	6,15 5,61	-0,54	0,54	243	0,2222	Ideal
15-16	5,61 5,37	-0,24	0,24	103	0,2330	Ideal
16-17	5,37 3,3	-2,07	2,07	109	1,8991	Ideal
17-18	3,3 3,78	0,48	-0,48	211	0,2275	Ideal
18-19	3,78 2,91	-0,87	0,87	455	0,1912	Ideal
19-20	2,91 4,02	1,11	-1,11	392	0,2832	Ideal

(Sumber : Hasil Perhitungan, Peneliti 2023)

Dari tabel tersebut diketahui bahwa kemiringan jalan pada setiap segmen jalan berada dibawah 12% sudah sesuai dengan Keputusan Menteri ESDM No.1827 K/30/MEM/2018. Kemiringan setiap segmen jalan juga sudah berada dibawah 8% dimana merupakan standar kemiringan jalan didaerah perbukitan, maka kemiringan jalan di setiap segmen di PT. Billy Indonesia sudah sesuai standar rekomendasi.

c. **Superelevasi**

Perhitungan dilakukan dengan menghitung beda tinggi antara elevasi luar dan elevasi dalam, kemudian dibagi dengan lebar jalan miring (R). Berdasarkan perhitungan diperoleh lebar jalan tikungan dengan nilai 11,5 meter. Kemudian untuk mencari jari – jari tikungan, dibutuhkan nilai angka superelevasi. Angka superelevasi yang dianjurkan untuk mengatasi tikungan jalan pada PT. Billy Indonesia dengan kecepatan maksimum 30km/jam.

Perhitungan :

Maka untuk harga koefisien gesekan dengan $V = 30 \text{ km/jam}$ adalah :

$$f = (-0,00065 \times V) + 0,192$$

$$f = -0,00065 \times 30 + 0,192$$

$$= 0,172$$

Jari-jari tikungan jalan angkut berhubungan dengan konstrucksi alat angkut yang digunakan, khususnya jarak horizontal antara poros roda depan dan belakang.

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

$$R = (30)^2 / 127 \times (0,04 + 0,172)$$

$$= 33,4274 \text{ meter}$$

Dengan menggunakan kecepatan 30 km/jam (18,64 mph) dan jari-jari tikungan sebesar 33,43 meter (109,68 feet) maka angka superelevasi yang disarankan sebesar 0,05 dan beda tinggi yang harus dibuat yaitu :

$$Tg \alpha = e$$

$$Tg \alpha = 0,05$$

$$\alpha = 2,86^\circ$$

$$\alpha = r \times \sin \alpha$$

$$\alpha = 11,5 \text{ m} \times \sin 2,86^\circ$$

$$\alpha = 0,57 \text{ m}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, beda tinggi antara sisi dalam dan sisi luar tikungan yang harus dibuat adalah 0,57 meter atau 57 cm untuk lebar minimal pada jalan tikungan sebesar 11,5 meter.

Tabel 3.4 Hasil Perhitungan Superelevasi Aktual dan Ideal

Segmen	Lebar Jalan Aktual (m)	Superelevasi (m)		Kriteria
		Aktual	Ideal	
1-2	17,7	0,61	0,57	Ideal
4-5	15,01	0,68	0,57	Ideal
6-7	15,27	0,59	0,57	Ideal
8-9	14,94	0,77	0,57	Ideal
9-10	15,04	0,69	0,57	Ideal
11-12	14,91	0,71	0,57	Ideal
12-13	14,57	0,58	0,57	Ideal
15-16	14,2	0,58	0,57	Ideal
16-17	15,12	0,70	0,57	Ideal

(Sumber : Hasil Perhitungan, Peneliti 2023)

Dari data tersebut bahwa elevasi jalan pada tikungan yang terdapat pada keadaan aktual dilapangan sudah sesuai standar rekomendasi yaitu 0,61 meter.

d. *Cross Slope*

Jalan angkut yang baik memiliki kemiringan melintang (cross slope) antara 1/50 sampai 1/25 atau 20 mm/m sampai 40 mm/m. Nilai ini adalah jarak dari bagian tepi ke bagian tengah

jalan. Pada observasi lapangan, diperoleh lebar yang sesuai standar yaitu 8,7 meter dengan kondisi lintasan dua jalur. Sehingga dapat diperoleh beda tinggi pada poros jalan angkut adalah sebagai berikut:

Kondisi Jalan Angkut Dua Jalur:

$$\begin{aligned}
 a &= 1/2 \times \text{lebar jalan} \\
 &= 1/2 \times 8,7 \text{ meter} \\
 &= 4,35 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Beda tinggi yang harus dibuat setiap jalur:

$$\begin{aligned}
 b &= a \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 4,35 \text{ m} \times 40 \text{ mm/m} \\
 &= 174 \text{ mm} \\
 &= 17,4 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Jadi nilai *cross slope* yang baik untuk jalan angkut dengan lebar jalan 8,7 m adalah 174 mm/m atau 17,4 cm.

Tabel 3.5 Hasil perhitungan *Cross Slope* Aktual dan Ideal

Segmen	Lebar Jalan (m)	1/2 Lebar Jalan (m)	Cross Slope		Nilai Standar (cm)	Kriteria
			Beda Tinggi Kiri (cm)	Beda Tinggi Kanan (cm)		
1-2	17,7	8,85	9,00	9,70	17,4	Ideal
2-3	25,25	12,625	10,21	9,18	17,4	Ideal
3-4	24,85	12,425	8,90	9,43	17,4	Ideal
4-5	15,01	7,505	8,82	10,17	17,4	Ideal
5-6	14,59	7,295	8,98	10,30	17,4	Ideal
6-7	15,27	7,635	8,40	8,19	17,4	Belum Ideal
7-8	15,37	7,685	11,30	9,10	17,4	Ideal
8-9	14,94	7,47	8,93	10,33	17,4	Ideal
9-10	15,04	7,52	9,79	9,45	17,4	Ideal
10-11	16,16	8,08	9,66	8,87	17,4	Ideal
11-12	14,91	7,455	7,90	8,25	17,4	Belum Ideal
12-13	14,57	7,285	7,95	8,64	17,4	Belum Ideal
13-14	15,01	7,505	10,15	9,37	17,4	Ideal
14-15	14,95	7,475	11,11	8,90	17,4	Ideal
15-16	14,2	7,1	8,47	6,90	17,4	Belum Ideal
16-17	15,12	7,56	8,26	9,50	17,4	Belum Ideal
17-18	14,84	7,42	9,57	9,23	17,4	Ideal
18-19	15,04	7,52	9,36	9,94	17,4	Ideal
19-20	15,42	7,71	8,89	7,14	17,4	Belum Ideal

(Sumber : Hasil Perhitungan, Peneliti 2023)

Dari hasil perhitungan kemiringan melintang (*cross slope*) didapatkan ada beberapa segmen jalan angkut seperti segmen 6-7, segmen 11-12, segmen 12-13, segmen 15-16, segmen 16-17, dan segmen 19-20 masih belum ideal. Segmen jalan yang nilai *cross slope* nya yang belum ideal apabila terjadi hujan atau sebab lain bisa menyebabkan air menggenang pada permukaan jalan angkut sehingga dapat membahayakan alat angkut dan mempercepat kerusakan jalan. Ini merupakan permasalahan pertama yang berpotensi menjadi bahaya pada kegiatan *hauling* PT. Billy Indonesia.

Langkah – Langkah Identifikasi Akar Masalah Menggunakan Metode *Root Cause Analysis*

Berdasarkan data sebelumnya yang sudah dilakukan perhitungan, dari perhitungan rata-rata kecepatan, kemudian geometri jalan seperti lebar jalan angkut keadaan lurus dan tikungan, kemiringan jalan angkut, superelevasi, *cross slope*, dan tanggul pengaman.

Diketahui bahwa dari perhitungan tersebut terdapat dua masalah yang bisa menjadi potensi bahaya, yaitu:

- a. Identifikasi Masalah Utama Pada Permasalahan Kecepatan Alat Angkut Saat Kosong Melebihi Maksimal Kecepatan Alat Angkut Yang Ditetapkan Oleh SOP Dan Potensi Bahaya

Masalah utamanya adalah "kecepatan alat angkut saat kosong melebihi maksimal kecepatan alat angkut yang ditetapkan oleh SOP". Potensi bahaya yang dapat terjadi akibat kecepatan alat angkut saat kosong yang melebihi batas SOP adalah:

- Unit DT terperosok kedalam gorong-gorong
- Tabrakan antar unit DT searah dan lain arah
- DT menabrak tanggul pengaman (*safety berm*)
- Unit DT keluar jalur dan terguling

- b. Identifikasi Masalah Utama Pada Permasalahan Kemiringan Melintang Jalan (*Cross Slope*) Dibeberapa Segmen Jalan Yang Belum Ideal dan Potensi Bahaya

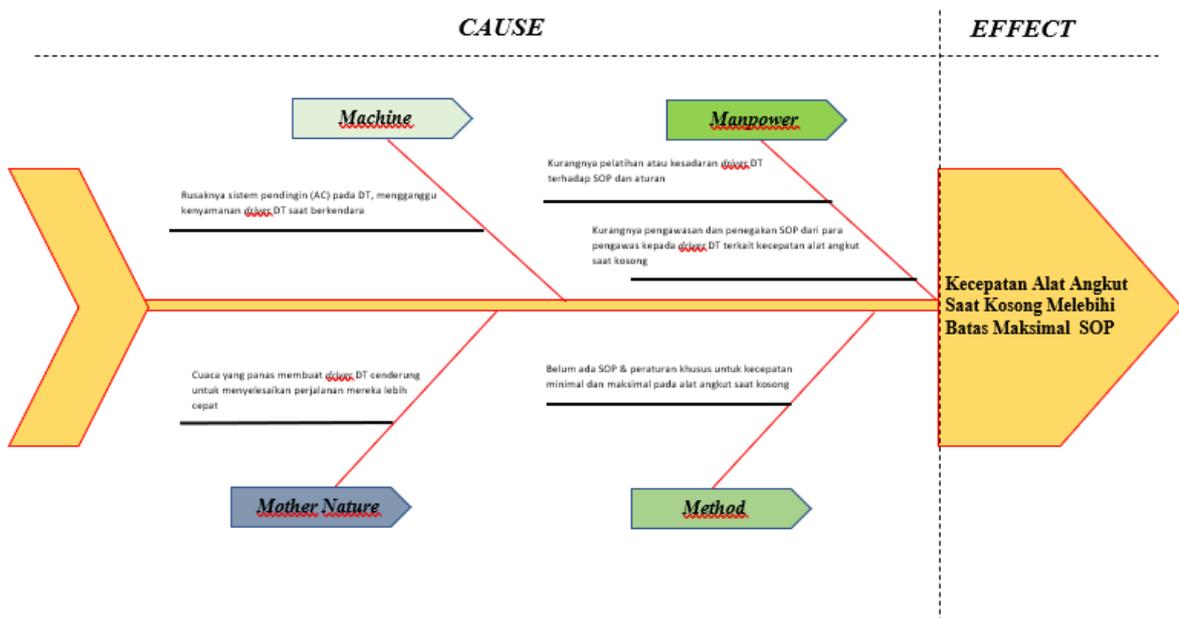
Masalah utamanya adalah "kemiringan melintang jalan (*cross slope*) dibeberapa segmen jalan yang belum ideal". Potensi bahaya yang dapat terjadi akibat kemiringan melintang jalan (*cross slope*) yang belum ideal adalah:

- Air hujan menggenang di permukaan jalan tidak dapat mengalir dengan baik dari jalan jika kemiringan melintang tidak sesuai.

- Jalan angkut menjadi licin akibat air hujan yang menggenang (*slippery*)
- Erosi permukaan jalan karena air hujan tidak dapat mengalir dengan baik.

Selanjutnya membuat *fishbone diagram* untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pada kedua permasalahan tersebut yang dapat menjadi potensi bahaya.

Pembuatan *Fishbone Diagram*



Gambar 3.1 *Fishbone Diagram* Permasalahan Pertama

Tabel 3.6 Hasil *Root Cause Analysis*

Permasalahan		
<p>Pada jalang <i>hauling</i> di PT. Billy Indonesia terdapat genangan air di beberapa titik segmen jalan dari segmen 6-7, segmen 11-12, segmen 12-13, segmen 15-16, segmen 16-17, dan segmen 19-20. Genangan air di jalan <i>hauling</i> tambang merupakan suatu permasalahan yang dapat memunculkan berbagai potensi bahaya.</p>		
Identifikasi Masalah	Identifikasi Faktor Penyebab	Identifikasi Akar Masalah
<p>Kegiatan <i>Hauling</i></p>		
<p>Apa permasalahannya? *Genangan air di beberapa titik segmen jalan angkut di PT. Billy Indonesia. Mengapa masalah ini terjadi? *Genangan air bisa terjadi karena desain geometri jalan yang tidak memadai, seperti kurangnya <i>crosslope</i>, <i>superelevasi</i>, dan <i>grade</i> jalan yang tidak sesuai standar, yang mengakibatkan air hujan tidak mengalir dengan baik dan terkumpul di jalan. Kapan masalah ini terjadi? *Masalah ini terjadi terutama setelah hujan, yang bisa terjadi kapan saja tergantung pada musim hujan di lokasi tersebut. Di mana tepatnya masalah ini terjadi? *Masalah ini terjadi di segmen jalan 6-7, 11-12, 12-13, 15-16, 16-17, dan 19-20 di jalan angkut PT. Billy Indonesia. Siapa yang terpengaruh oleh masalah ini? *Pekerja dan peralatan yang menggunakan jalan angkut ini terpengaruh, karena genangan air dapat meningkatkan risiko kecelakaan dan mengganggu produktivitas operasional. Bagaimana masalah ini bisa terjadi? *Desain geometri jalan yang tidak memenuhi standar dapat menyebabkan genangan air. Jika <i>crosslope</i> tidak ideal untuk mengalirkan air, maka air akan tergenang di jalan.</p>	<p>Faktor penyebab genangan air di jalan angkut PT. Billy Indonesia: Manusia: 1. Respon terhadap masalah: Lambatnya respon terhadap laporan genangan air yang menyebabkan masalah belum terselesaikan. 2. Pengawasan yang kurang: Tidak adanya inspeksi rutin untuk memastikan kondisi jalan tetap optimal. Mesin/Alat: 1. Pemilihan alat yang tidak tepat: Penggunaan alat berat yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis jalan. 2. Penggunaan alat berat yang tidak sesuai dengan standar yang menyebabkan kerusakan pada jalan. Material: 1. Kualitas material: Penggunaan material berkualitas rendah yang tidak tahan lama terhadap cuaca dan beban. 2. Kesesuaian material: Material yang tidak sesuai dengan standar teknis untuk konstruksi jalan. Manajemen: 1. Standar desain: Tidak mengikuti standar desain yang telah ditetapkan, seperti KEPMEN ESDM No 1827 K/30/MEM/2018. 2. Pemeliharaan: Kurangnya evaluasi & pemeliharaan rutin pada geometri jalan & drainase. Lingkungan: 1. Curah hujan: Tingginya curah hujan yang melebihi kapasitas drainase yang ada. 2. Perubahan iklim: Perubahan pola hujan yang tidak terprediksi akibat perubahan iklim.</p>	<p>Akar penyebab utama dari permasalahan genangan air di jalan angkut PT. Billy Indonesia dapat diidentifikasi sebagai berikut: 1. Desain Geometri Jalan yang Tidak Ideal: Kesalahan dalam desain geometri jalan, seperti lebar jalan, <i>cross slope</i>, dan <i>superelevasi</i> yang tidak memenuhi standar, menyebabkan air hujan tidak mengalir dengan baik dan terkumpul di jalan'. 2. Sistem Drainase yang Tidak Memadai: Kurangnya drainase yang efektif atau tersumbat, yang tidak mampu mengalirkan air dengan cepat, sehingga terjadi genangan'. 3. Pemeliharaan Jalan yang Kurang: Tidak adanya pemeliharaan rutin pada saluran drainase yang menyebabkan penyumbatan dan genangan air di permukaan jalan'. 4. Kurangnya Respons Terhadap Masalah: Lambatnya respon terhadap laporan genangan air yang menyebabkan masalah berlarut-larut dan tidak segera ditangani. 5. Faktor Lingkungan: Perubahan pola hujan yang tidak terprediksi dan topografi yang menyebabkan air mengalir ke titik-titik tertentu dan tergenang.</p>

Tindakan Pencegahan

Permasalahan Kemiringan Melintang Jalan (*Cross Slope*) Dibeberapa Segmen Jalan Yang Belum Ideal

Untuk mencegah potensi bahaya dari permasalahan "kemiringan melintang jalan (*cross slope*) dibeberapa segmen jalan yang belum ideal" yang diakibatkan oleh faktor manpower, mmaterial, dan mother nature yang telah dijelaskan, diperlukan tindakan pencegahan yang sesuai. Berikut adalah tindakan pencegahan untuk masing-masing faktor:

- 1) *Manpower*
 - Penyusunan Jadwal Pemeliharaan
- 2) *Material*
 - Pengecekan dan Evaluasi Material
- 3) *Mother Nature*
 - Pemantauan Cuaca

- Perawatan Drainase

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Permasalahan yang terjadi karena *cross slope* belum ideal yang berpotensi menjadi bahaya pada kegiatan *hauling* di PT. Billy Indonesia. Berdasarkan tahapan penggunaan *root cause analysis* pada saat mengidentifikasi dan visualisasi dengan *fishbone diagram* terdapat 3 faktor penyebab utama yaitu *manpower*, *material*, dan *mother nature*. Belum ada pemeliharaan jalan (*maintenance*) pada jalan *hauling* terutama pada kemiringan melintang jalan *hauling* (*cross slope*), Penurunan kualitas material pada permukaan jalan *hauling* Pengaruh cuaca panas dan hujan yang ekstrem dapat merusak permukaan jalan dan mengubah kemiringan melintang secara signifikan, dan Perubahan iklim yang mengakibatkan peningkatan curah hujan atau perubahan pola hujan dapat mempengaruhi drainase jalan dan kemiringan melintang. Selanjutnya dari tiga faktor tersebut dibuat tindakan pencegahannya yaitu penyusunan jadwal pemeliharaan, pengecekan dan evaluasi material, pemantauan cuaca, dan perawatan drainase.

Saran

Berdasarkan hasil analisa sebelumnya tindakan-tindakan perbaikan pada setiap permasalahan pada kegiatan *hauling* di PT. Billy Indonesia dapat segera diterapkan agar mencegah permasalahan yang berpotensi menjadi bahaya penyebab kecelakaan kerja. Perusahaan juga sebaiknya melakukan pemantauan dan pemeliharaan terhadap jalan *hauling* agar kondisi geometri jalan sesuai standar regulasi dan peraturan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ikayanti, H. 2017. *Analisis Akar Masalah (Root Cause Analysis) Kecurangan Akademik Pada Saat Ujian*. Jurnal Ilmiah Mahasiswa FEB. Universitas Brawijaya. Malang
- Maulana, S. B., Sumarya., Mulya Gusman. 2018. *Evaluasi Kondisi Jalan Angkut dari Front Penambangan Menuju Rom Stockpile untuk Mencapai Target Produksi 15.000 Ton Batubara Perbulan PT. Prima Dito Nusantara Jobsite KBB Kabupaten Sarolangun, Provinsi Jambi*. Jurnal Bina Tambang. Vol. 3, No. 3. Universitas Negeri Padang
- Miarta, P. A. 2018. *Evaluasi Geometri Jalan Angkut Dari Front Menuju Stockpile Pada Penambangan Batubara Blok B Pt. Minemex Indonesia Mandiangin-Jambi*. Sekolah

Tinggi Teknologi Industri (STTIND) Padang

- Multriwahyuni, A. Mulya Gusman. Yoszi Mingsi Anaperta. 2017. *Evaluasi Geometri Jalan Tambang Menggunakan Teori AASHTO Untuk Peningkatan Produktivitas Alat Angkut Dalam Proses Pengupasan Overburden Di PIT Timur PT. Artamulia Tatapratama Desa Tanjung Belit, Kecamatan Jujuhan, Kabupaten Bungo Provinsi Jambi*. Jurnal Bina Tambang. Universitas Negeri Padang
- Tania, Femi. M. Khalid Syafrianto. Septami Setiawati. 2021. *Evaluasi Geometri Jalan Angkut Tambang Dari Front Penambangan Menuju Lokasi Washing Plant Pt Cita Mineral Investindo Tbk (Cita) Kecamatan Sandai Kabupaten Ketapang*. Jurnal UNTAN. Universitas Tanjungpura Pontianak
- Thariq & Fahma. 2020. *Analisis Penyebab Terjadinya Produk Gagal Pada Spunpile Di PT XYZ Menggunakan Metode FMEA Dan FTA*. Seminar dan Konferensi Nasional IDEC 2020. Universitas Sebelas Maret. Surakarta