

Analisis Insiden Alat Angkut Material pada Area Hauling dengan Menggunakan Metode Bowtie di PT. XYZ Periode 2018-2020

Febby Fauzia Deliani¹, Mufti Wirawan

¹Departemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Indonesia

Corresponding author: muftiwirawan@ui.ac.id

Abstrak

Skripsi ini menganalisis insiden alat angkut material yang terjadi pada area hauling PT. XYZ periode 2018-2020 dengan menggunakan metode bowtie. Insiden kemudian dianalisis dengan bowtie untuk mengidentifikasi faktor risiko atau ancaman, pengendalian, konsekuensi, serta faktor dan kontrol eskalasinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis insiden yang terjadi dengan metode bowtie agar dapat mengidentifikasi lebih lanjut kegagalan barrier yang menyebabkan insiden. Penelitian ini berbentuk kualitatif dengan desain case series dan data investigasi insiden sebagai unit analisis. Hasil dari penelitian menyarankan perusahaan untuk melakukan pengkajian ulang prosedur, standar, serta metode pengendalian pencegahan dan dokumen HIRA, melakukan workload analysis terhadap pengawas, meningkatkan pengawasan terhadap faktor manusia serta peningkatan performa teknologi pengendalian.

Kata kunci: Analisis Insiden, Metode Bowtie, Alat Angkut Material, Tambang Batu Bara

Analysis of Material Transportation Vehicle Incidents in Hauling Area of PT. XYZ Using Bowtie Method from 2018 - 2020

Abstract

This study analyzes material transportation vehicle incidents in the hauling area of PT. XYZ from 2018 to 2020. Incidents are analyzed with bowtie method to identify risk factors or threat, preventive controls, consequences, escalation factors and controls. The purpose of this research is to analyze incidents in PT. XYZ using bowtie methods to further identifies which failures of barrier that allows incident to take place. This research is qualitative study by using incident investigation records as the unit analysis. The results of this study suggest the company to review procedures, standards, or methods used for preventive and mitigative controls and their risk identification document, conduct workload analysis on field supervisors, increase control and monitoring over human factors at work and improve the performance of preventive control's technology.

Key words: Incident Analysis, Bowtie Method, Haul Truck, Coal Mining

Pendahuluan

Data yang diambil dari lama situs Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (KESDM) menunjukkan tren kecelakaan kerja pada sektor pertambangan barubara mengalami penurunan dari 157 kecelakaan di tahun 2019 menjadi 145 kecelakaan pada tahun berikutnya. Kemudian, sampai bulan Maret tahun 2021, terdapat 18 kecelakaan tambang dengan 3 kematian yang tercatat oleh KESDM (Direktorat Teknik Lingkungan Mineral dan Batubara, 2020). Melalui pertemuan Evaluasi Kinerja Kepala

Teknik Tambang (KTT), terungkap bahwa kecelakaan tambang banyak terjadi di perusahaan kontraktor dimana persentasenya mengalami kenaikan dari 46% di tahun 2018 menjadi 85% di tahun 2019. Dari pertemuan yang sama, ditemukan bahwa kecelakaan kerja pada sektor pertambangan mineral didominasi oleh kecelakaan pada area tambang permukaan selama dua tahun berturut turut. Sedangkan dari sumber kecelakaannya, 18% kecelakaan tambang berasal dari rantai kerja, 16% alat

angkut orang, 13% dari perkakas kerja dan 11% dari alat angkut material. (Raharjo, 2019). Lalu untuk tahun berikutnya, kecelakaan tambang di domasi oleh material overburden yang disusul oleh alat angkat material.

Pada penelitian yang dilakukan di Amerika Serikat, ditemukan kecelakaan yang disebabkan oleh alat angkut menjadi kontributor terbesar selama dua tahun berturut turut (Orr, Bellanca and Hrica, 2020). Di Indonesia sendiri, pada periode 2010–2014, 25% kecelakaan terjadi di area hauling road dan menjadi kontributor utama kecelakaan di pertambangan batubara. Kecelakaan yang melibatkan truk pengangkut batubara dapat mengakibatkan kematian operator dan menyebabkan kerugian finansial bagi perusahaan karena biaya untuk memperbaiki peralatan serta mengganggu proses produksi (Sudiyanto and Susilowati, 2018). Performa manusia juga merupakan isu yang kritis mengingat aktivitas di hauling banyak melibatkan manusia sebagai operator alat angkut (Randolph, 1996). Dalam studi investigasi terhadap kecelakaan hauling trucks dari 2010-2014 pada open-pit di Kalimantan ditemukan bahwa ada beberapa faktor yang berkontribusi yaitu kurangnya jarak pandang, kondisi jalan, perilaku operator, kondisi operasional dan kondisi cuaca (Sudiyanto and Susilowati, 2018).

Bowtie adalah suatu metode analisis yang secara komprehensif dan sistematis dapat menggambarkan proses terjadinya kecelakaan

atau kejadian yang tidak diinginkan (undesired event), barrier - barrier yang mencegahnya dan faktor yang mempengaruhi kegagalan barrier tersebut. Kemudian bowtie juga merepresentasikan tindakan pengendalian (mitigasi) yang dilakukan agar mengurangi besaran konsekuensi yang merugikan manusia, lingkungan, properti dan bisnis. Hal ini yang mendasari kenapa metode bowtie banyak dilakukan pada sektor yang rentan dengan kecelakaan besar (major accidents event) seperti industri migas dan pertambangan (CCPS, 2018). Secara keseluruhan, insiden yang melibatkan unit alat angkut material merupakan penyumbang terbesar kecelakaan pada seluruh site milik owner. Sedangkan untuk PT. XYZ, tercatat sebanyak 50% kecelakaan melibatkan alat angkut material di tahun 2018 dan 30% kecelakaan di tahun berikutnya.

Kecenderungan terjadinya insiden yang melibatkan unit alat angkut material secara berulang pada PT. XYZ menimbulkan pertanyaan apakah pengendalian yang dilakukan perusahaan belum efektif. Hal ini mengacu pada kerangka Swiss Cheese Model yang menjelaskan bahwa kecelakaan terjadi karena sistem pertahanan/pengendalian (barrier) dalam organisasi belum optimal. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis data insiden lebih lanjut di PT. XYZ periode 2018- 2020.

Tinjauan Teoritis

Swiss Cheese Model of Accident

Pendekatan James Reason terhadap model penyebab kecelakaan didasari pada asumsi bahwa terdapat berbagai elemen dalam setiap organisasi yang harus bekerja sama secara harmonis guna menciptakan proses operasi yang efisien dan aman. Elemen elemen tersebut kemudian akan membentuk productive system (Wiegmann and Shappell, 2003). Reason mengemukakan bahwa kecelakaan dapat terjadi karena adanya kegagalan atau kerusakan pada interaksi antar elemen yang terlibat dalam proses produksi. Dalam teorinya, Reason menganalogikan elemen elemen tersebut sebagai balok balok keju sedangkan kegagalan digambarkan sebagai lubang-lubang pada tiap layernya (sistem). Oleh sebab itulah teori ini dinamakan sebagai Swiss Cheese Model (Reason, 2000).

Lubang dalam barrier tersebut muncul disebabkan oleh dua jenis kegagalan, yaitu active failures dan latent failures. Active failures adalah unsafe acts atau kesalahan oleh pekerja yang kontak langsung dengan sistem. Sedangkan, latent failures merupakan kegagalan yang tidak terlihat atau dormant pada suatu sistem sampai mereka berkombinasi dengan active failures, menciptakan peluang terjadinya kecelakaan (Reason, 2000). Latent failures umumnya berupa kegagalan dalam sistem manajemen kesehatan dan keselamatan (Reason, 1990)

Metode Investigasi Insiden: Analisis Bowtie

Metode analisis dengan menggunakan diagram bowtie pertama kali ditampilkan pada kuliah hazard analysis di Universitas Queensland, Australia pada tahun 1979. Meskipun begitu, kapan dan dimana teori ini dikembangkan masih menjadi misteri. Perusahaan minyak raksasa dunia Shell Group adalah perusahaan besar pertama yang mengaplikasikan metode bowtie ke dalam praktik bisnisnya pada tahun 1990-an. Metode ini telah banyak digunakan oleh industri industri besar selama bertahun tahun, khususnya pada sektor minyak dan gas. Meskipun pada awalnya metode bowtie berfokus untuk menganalisis risiko yang menyebabkan kecelakaan besar atau kecelakaan utama (Major Accident Events), kini metode ini pun di implementasikan untuk berbagai jenis risiko seperti risiko bekerja di ketinggian, pengoperasian kendaraan, bekerja di atas air dll. Diagram bowtie dibangun dari teori kecelakaan kerja Swiss Cheese Model yang mengilustrasikan bagaimana threat dapat mempengaruhi hazard yang kemudian menyebabkan kecelakaan dan konsekuensi yang tidak diinginkan. Manajemen risiko yang efektif membutuhkan pemahaman yang menyeluruh tentang bagaimana sebuah kecelakaan dapat terjadi dan upaya pengendalian (barrier) yang berlaku dan perannya dalam mencegah dan memitigasi risiko.

Mengidentifikasi barrier adalah inti dari metode bowtie. Dibutuhkan apa yang mungkin tampak seperti kumpulan besar safety measures yang

tidak saling terhubung lalu dikaitkan dengan skenario risiko tertentu dalam sistem barrier yang dapat dikelola. Hal ini sangat berguna untuk memungkinkan lebih banyak analisis terfokus dan terperinci pada setiap bagian safety dalam suatu organisasi. Selain itu, bowtie juga melahirkan istilah escalation factor yang mengidentifikasi penyebab ketidakefektifan barrier (seperti dalam konsep Reason). (CGE, 2015)

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi case series. Unit analisis dari penelitian adalah data investigasi insiden dan pelaporannya di PT. XYZ. Data kemudian dianalisis dengan menggunakan metode bowtie. Data primer yang digunakan bersumber dari wawancara dengan tim HSE dan observasi lapangan. Sedangkan data sekunder yang merupakan unit analisis utama bersumber dari data pencatatan insiden dan investigasinya.

Hasil Penelitian

Dalam pengoperasian alat angkut material, ada berbagai kondisi yang memiliki potensi berbahaya yang dapat digunakan bergantung pada skenario mana yang ingin dijelaskan. Pada penelitian ini, peneliti hanya memilih satu pernyataan yang merupakan mayoritas yaitu insiden dengan bentuk kontak tertabrak/menabrak/tergilas/melindas yang menyumbang sebesar 42% atau 9 dari 21 insiden

alat angkut material. Adapun pernyataan yang dipilih adalah ‘Unit Menabrak Sesuatu’. Unit yang dimaksud adalah unit double vessel yang berkontribusi sebesar 90% insiden di perusahaan.

Threat

Dalam pemilihan *threat*, peneliti mengacu pada CCPS dalam prosesnya, yaitu:

1. *Threat* harus secara independen dapat menyebabkan kejadian utama.
2. *Threat* bukan merupakan suatu kegagalan barrier.

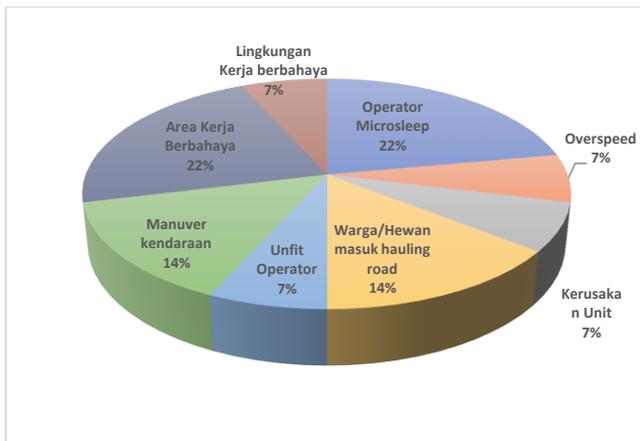
Dengan menggunakan prinsip tersebut, peneliti menganalisis sembilan laporan penyelesaian insiden, wawancara dengan tim HSE, laporan investigasi insiden untuk menentukan *threat* dari insiden unit menabrak sesuatu. Adapun *threat* yang berhasil diidentifikasi adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Threat untuk Kejadian Unit Menabrak Sesuatu

No.	Threat	No.	Threat
1.	Operator mengalami microsleep	5.	Kerusakan unit
2.	Kondisi Lingkungan Berbahaya	6.	Unfit Operator
3.	Manuver Kendaraan	7.	<i>Overspeed</i>

4.	Warga/hewan masuk ke <i>hauling road</i>	8.	Area Kerja Berbahaya
----	--	----	----------------------

Setelah dianalisis ditemukan bahwa *threat* warga/hewan masuk *hauling road*, operator *microsleep*, manuever kendaraan dan area kerja berbahaya memiliki persentase yang paling besar. Namun, peneliti hanya tidak menggunakan *threat manuever kendaraan* dalam mengidentifikasi barrier barrier nya. Hal ini dikarenakan berdasarkan observasi dan data investigasi insiden, ditemukan bahwa frekuensi warga/hewan masuk ke area *hauling* sangatlah tinggi sehingga memiliki risiko yang besar. (Gambar 1)

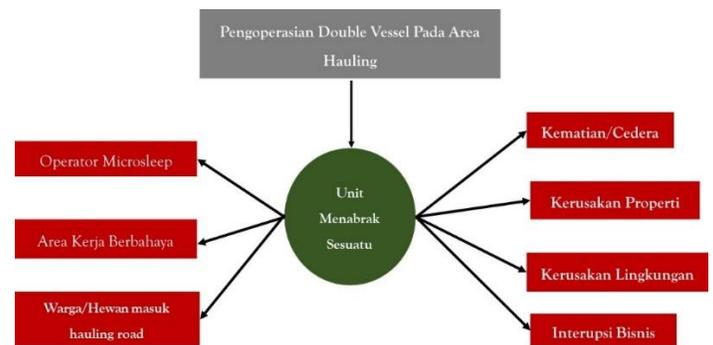


Gambar 1 Persentase Keterlibatan Threat dalam Insiden

Konsekuensi

Berdasarkan laporan insiden, seluruh bentuk dampak yang ditimbulkan dari insiden unit menabrak adalah kerusakan properti perusahaan atau *property damage*. Namun, meskipun begitu, kejadian menabrak tidak hanya dapat menyebabkan kerugian dalam bentuk *property damage*, tetapi juga dalam bentuk lainnya. Oleh

karena itu, peneliti mengambil jenis konsekuensi lain dengan mengacu pada standar *risk assessment* perusahaan. (Gambar 2)



Gambar 2 Diagram Bowtie Threat dan Konsekuensi

Analisis Failure Insiden Menurut Bowtie dan Swiss Cheese Model

Peneliti membagi kategori status barrier menurut swiss cheese model dan metode bowtie. Untuk swiss cheese model, peneliti membagi kegagalan perusahaan menjadi *active failures* dan *latent failures*. Sedangkan untuk metode bowtie, peneliti membaginya menjadi tiga kategori yaitu :

1. Tidak ada barrier

Untuk menjelaskan situasi dimana barrier tersebut tidak ada atau belum ada saat waktu terjadinya insiden (walaupun per tahun 2021) sudah ada.

2. Tidak diantisipasi

Untuk menjelaskan situasi dimana barrier ada, namun kegagalan pada barrier tersebut tidak diantisipasi

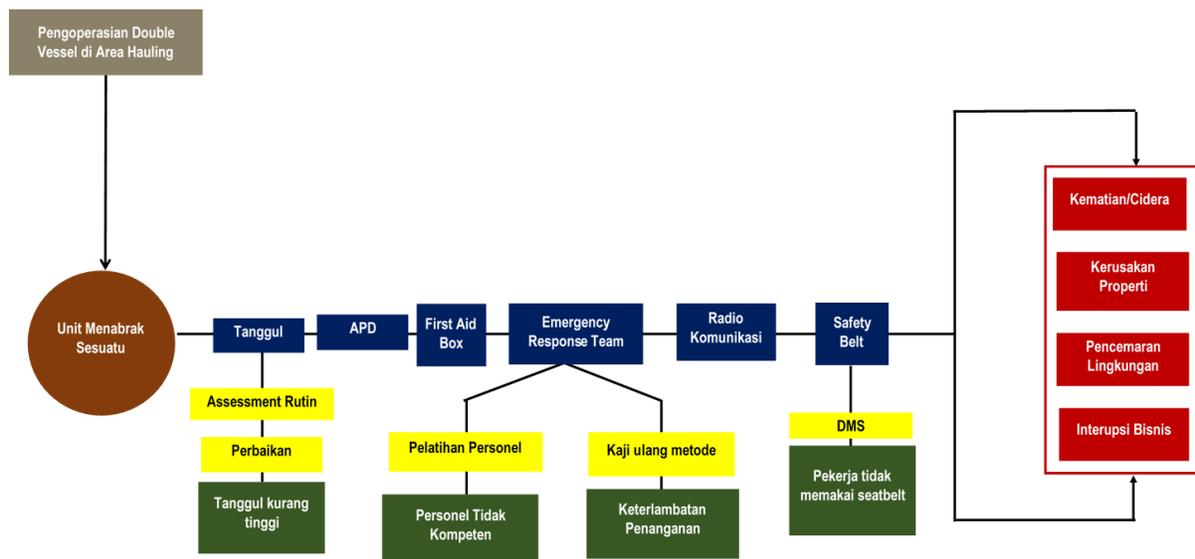
3. Barrier Kurang Optimal

Untuk menjelaskan situasi dimana barrier ada, escalation factor sudah

teridentifikasi, namun kontrolnya tidak sesuai saran ataupun masih menyebabkan insiden. Berdasarkan tinjauan data di lapangan, berikut adalah kegagalan terhadap setiap insiden dengan kontak menabrak/menyisir di PT. XYZ dikaji dengan menggunakan metode bowtie: (**Gambar 3**)

insiden, bowtie berfokus kepada pertanyaan kenapa barrier yang seharusnya mencegah insiden gagal. Pada metode yang lain kebanyakan analisis insiden akan mencari tahu kenapa insiden terjadi.

Berdasarkan analisis terhadap 8 kronologi insiden yang terjadi pada PT. XYZ, ditemukan



Gambar 3 Diagram Bowtie Sisi Kanan

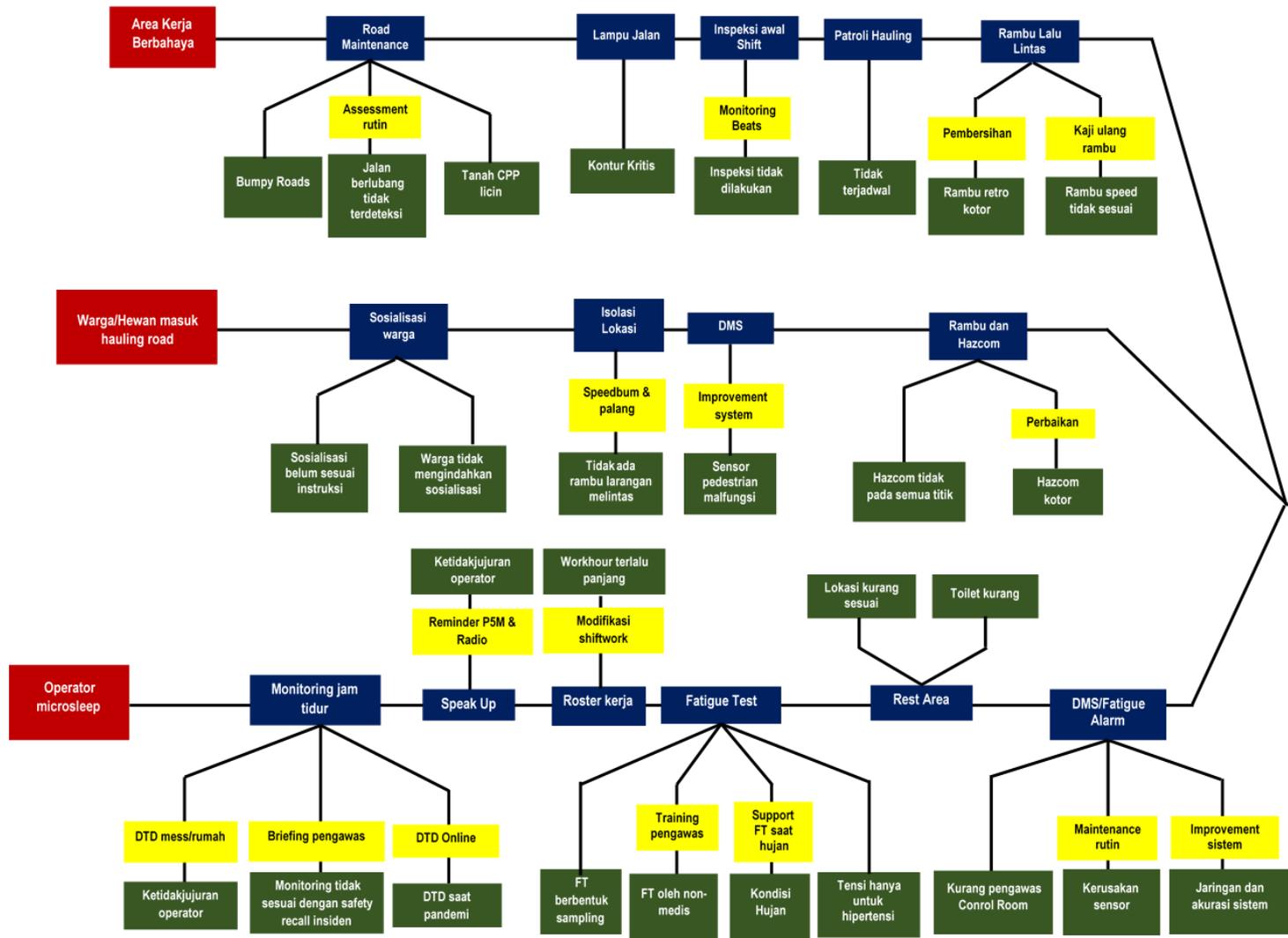
Pembahasan

James Reason mengungkapkan bahwa insiden terjadi karena ada kegagalan pada barrier yang diterapkan oleh perusahaan. Dengan konsep yang sama, maka insiden dapat dicegah dengan menempatkan barrier barrier sehingga risiko tidak menyebabkan kecelakaan. Kegagalan barrier yang diungkapkan Reason dapat disebabkan oleh *active failure* maupun *latent failure*.

Analisis bowtie dikembangkan dari konsep Swiss Cheese Model, dimana dalam analisis

bahwa insiden terjadi karena *multiple barrier failure*. Hal ini sejalan dengan konsep dari bowtie yang menghipotesiskan bahwa untuk *threat* berubah menjadi top event, pasti ada beberapa barrier yang gagal. Tidak hanya itu, Swiss Cheese Model-nya Reason pun mengasumsikan bahwa kecelakaan/insiden terjadi akibat ada kegagalan masal sehingga *accident pathway* pun terbentuk.

Peneliti menemukan ada 25 total kegagalan barrier pencegahan insiden untuk delapan kronologi insiden. Failure kemudian



Gambar 4 Diagram Bowtie Sisi Kir

Tabel 2 Analisis Failure Insiden

Tanggal Insiden	Threat	Failure			Status Barrier	
		Preventive Barrier	Escalation Factor	Escalation Control	Swiss Cheese	Bowtie
9 Feb 2020	Operator microsleap	Monitoring Jam Tidur	Operator berbohong tentang jam tidur	DTD	Active Failures	Barrier kurang Optimal
			SOP Monitoring jam tidur		<i>Latent failures</i> (tidak mengantisipasi operator berbohong)	
	Area Kerja Berbahaya	Penerangan Area Hauling	Tidak ada penerangan di kontur kritis (kecuali jembatan dan rest area)		<i>Latent failures</i> (Design tempat kerja)	Tidak ada barrier
7 Juni 2020	Operator microsleap	Monitoring Jam Tidur	Operator berbohong tentang jam tidur	DTD	Active Failures	Barrier kurang Optimal
			SOP Monitoring jam tidur		<i>Latent failures</i> (tidak mengantisipasi operator berbohong)	
		Fatigue Test	Test berupa sampling	-	<i>Latent failures</i> (tidak seluruh operator ketahuan fatigue)	Barrier kurang optimal
		Rest Area	Operator tidak menggunakan rest area yang ada	Rest area KM 16 dan kupingan	Active Failures	Barrier kurang Optimal
		Fatigue Alarm	Violations operator terhadap safety devices. Kurang inspeksi random pengawas	-	Active Failures	Tidak diantisipasi
		Speak Up	Ketidakjujuran operator	Reminder fatigue di P5M dan radio	Active Failures	Barrier kurang Optimal
		Kondisi Lingkungan Berbahaya	Lampu Kabut	Lampu kabut kotor/tertutup	Cuci saat periodik maintenance	<i>Latent failures</i> (Prosedur jadwal pencucian)

6 Des 2020	Manuver Kendaraan	Sistem Remunisi	Insetif ritase ke-6	-	<i>Latent failures</i> (Desain kerja tidak mendukung)	Tidak diantisipasi
	<i>Overspeed</i>	Rambu Kecepatan	Tidak sesuai dengan kontur	Kaji Ulang	<i>Latent failures</i> (design area kerja)	Tidak diantisipasi
		SAM	Tidak terpasang SAM		<i>Latent failures</i>	Tidak ada barrier
	Area Kerja Berbahaya	<i>Road Maintenance</i>	Ada jalan berlubang	Assessment Rutin	<i>Latent failures</i> (Assessment lubang bagi LV tidak masalah, bagi DT bermasalah)	Barrier Kurang Optimal
4 Mei 2019	Area Kerja Berbahaya	<i>Road Maintenance</i>	Tanah CPP licin	<i>Road Maintenance</i>	<i>Latent failures</i> (Inspeksi awal shift tidak dilakukan)	Barrier kurang Optimal
	Kerusakan Unit	Prosedur BD unit	Tidak menyalakan lampu hazard saat unit error (belum BD)		Active Failures	Barrier kurang Optimal
	Manuver Kendaraan	Prosedur Pengoperasian Unit	Operator terburu buru mengejar ishoma	-	Active Failures	Tidak diantisipasi
			Workhours	-	<i>Latent failures</i>	Tidak diantisipasi
16 Nov 2019	Warga/Hewan masuk <i>hauling road</i>	Sosialisasi Warga	Warga tidak mengindahkan sosialisasi	-	Active Failures	Tidak diantisipasi
		Isolasi Lokasi	Tidak ada isolasi lokasi komunitas dan <i>hauling road</i> di titik tersebut		<i>Latent failures</i> (pengendalian kurang)	Tidak ada barrier
		Rambu dan Hazcom	Tidak ada rambu peringatan ataupun reduce speed		<i>Latent failures</i> (pengendalian kurang)	Tidak ada barrier
3 Mei 2018	Area Kerja Berbahaya	Prosedur Pengoperasian Unit	Operator tidak memastikan bahwa brake sudah sempurna		Active Failures	Barrier kurang Optimal

		<i>Road Maintenance</i>	Ada kemiringan pada area parkir gantungan yang tidak terdeteksi		<i>Latent failures</i> (Pengawasan kurang)	Barrier kurang Optimal
11 Juli 2018	Unfit Operator	Prosedur SIMPER	MCU Rutin tidak terintegrasi SIMPER		<i>Latent failures</i>	Tidak diantisipasi
	Operator Microsleep	Monitoring jam tidur	Pengawas tidak memantau jam istirahat tengah shift		<i>Latent failures</i>	Tidak diantisipasi
			Operator tidak mengambil istirahat tengah shift		Active Failures	
13 Nov 2018	Warga/Hewan Masuk ke <i>Hauling road</i>	DMS	Belum ada DMS/intervensi teknologi per tahun 2018		<i>Latent failures</i>	Tidak ada barrier
		Hazcom	Tidak ada hazcom hati hati perlintasan hewan		<i>Latent failures</i>	Tidak ada barrier

dikategorikan menjadi *latent failures* dan *active failures*, sesuai dengan konsep *swiss cheese model*. Dari tabel 1.1 ditemukan bahwa 59% kegagalan barrier disebabkan oleh *latent conditions* atau aspek aspek organisasional dari sebuah pengendalian, misalnya ketiadaan prosedur, supervisi, desain kerja yang buruk dll. Sesuai dengan konsep *swiss cheese model*, maka pengendalian yang dilakukan oleh perusahaan harus berfokus untuk menutup ‘lubang’ yang disebabkan oleh kondisi ini. Salah satu *latent conditions* yang ditemukan peneliti adalah adanya ketidaksesuaian antara dokumen identifikasi risiko (HIRA) dengan pengendalian yang diterapkan. Contohnya adalah pada risiko *overspeed*, perusahaan per tahun 2020 telah menerapkan DMS sebagai salah satu barrier. Namun, pada dokumen HIRA dengan tanggal revisi 23 Maret 2021, tidak ada DMS dalam pengendalian *overspeed*.

Menurut Reason, sangat jarang untuk tindakan tidak aman (*unsafe act/active failures*) saja dapat menyebabkan kecelakaan. Kalaupun ada, hampir selalu ada riwayat kausal sistemik. *Latent conditions* memiliki dua sifat penting: pertama, efeknya biasanya lebih tahan lama daripada yang diciptakan oleh *active failures* dan, kedua, mereka ada di dalam sistem sebelum kejadian buruk dan dapat dideteksi dan diperbaiki sebelum menyebabkan kerusakan. Dengan demikian, mereka merepresentasikan sasaran sesuai untuk manajemen keselamatan/risiko. Manajemen risiko yang baik

merupakan sudah menjadi sebuah barrier yang kuat.

Analisis Insiden Berdasarkan Metode Investigasinya

Hingga tahun 2019, perusahaan mengadopsi konsep CLC (Comprehensive List of Cause) dengan metode analisa why tree. Analisis *why tree* dapat digunakan pada semua tingkat peristiwa, namun banyaknya digunakan untuk peristiwa yang kompleks. Investigasi dilakukan dengan menggali siapa/apa/kapan/dimana/bagaimana insiden terjadi dengan menginterview pekerja yang berkaitan dengan insiden (umumnya: korban, saksi mata, pengawas), lalu melakukan riset untuk mengumpulkan bukti tidak langsung. Bukti bukti tersebut kemudian akan dianalisis sebagai dasar penentuan key factors. Tahap akhir adalah mengidentifikasi semua faktor faktor penting dengan menggunakan daftar sebab sebab komprehensif.

Metode investigasi yang dilakukan oleh perusahaan cenderung tidak melihat mengapa insiden kerap terjadi, pengendalian apa yang kurang sehingga insiden tersebut terjadi? Analisis dengan metode why tree cenderung berhenti pada mencegah *active failures* terjadi namun tidak secara komprehensif melihat *latent conditions* dari insiden tersebut. Selain itu, berdasarkan dokumen presentasi sosialisasi sistem bekerja selamat, metode CLC diakui tidak melakukan penekanan terhadap factor

management, kurang komprehensif, dan output management risikonya adalah *reactive*.

Dengan menggunakan metode bowtie, perusahaan mengidentifikasi escalation factor atau faktor yang mempengaruhi keberhasilan dari barrier yang diterapkan. Sedangkan metode why tree tidak melihat secara spesifik apa yang menyebabkan pengendalian tersebut gagal karena acuan dari model investigasinya adalah untuk mencari penyebab langsung dan penyebab dasar.

Pada metode bowtie, hal yang jatuh pada kategori penyebab dasar (*underlying causes/root cause*) justru bisa menjadi penyebab langsung. Implikasinya adalah metode bowtie 'mundur' selangkah sehingga analisis pun lebih dalam. Misalnya, pada salah satu insiden, kondisi mengantuk/kelelahan adalah penyebab dasar sehingga analisis berhenti sampai situ saja karena asumsi nya mereka sudah mencapai root cause. Sedangkan, pada metode bowtie, mengantuk/kelelahan jatuh sebagai penyebab langsung (direct cause). Hal ini menunjukkan bahwa dari perspektif bowtie, mengantuk/kelelahan akan dianalisis sekali lagi untuk menentukan apa penyebab kelelahan tersebut. Sehingga rekomendasi perbaikan yang dilakukan akan jauh lebih dalam dan tepat sasaran.

Dengan analisis yang setingkat lebih dalam, sasaran dari rekomendasi perbaikannya pun akan cenderung melihat dari helicopter view dan tidak hanya berfokus pada *active failures*.

Rekomendasi dari kelelahan sebagai penyebab dasar akan bertujuan bagaimana mencegah pekerja tidak lelah? Sedangkan dengan melihat kelelahan sebagai penyebab langsung, perusahaan akan mendapatkan penyebab lain yang bersifat laten, misalnya sistem pembayaran dan roster kerja. Manajemen risikonya kemudian akan berfokus bagaimana sistem pembayaran dan roster kerja yang baik sehingga tidak menyebabkan kelelahan/microsleep. Sasaran dari manajemen risiko nya pun akan menyentuh aspek organisasional, bukan aspek human-nya.

Perubahan Manajemen Keselamatan

Per Maret 2020, perusahaan telah melakukan perubahan pola investigasi kecelakaan mereka dari why tree analysis menjadi analisis dengan pendekatan *Independent Protection Layer System* (IPLS) yang kemudian diadaptasi menjadi Sistem Bekerja Selamat.

Sistem ini ditarik dari konsep Swiss Cheese Model-nya James Reason dimana perusahaan menetapkan pengendalian yang dikelompokkan pada lima layer (atau barrier) sebagai pola pencegahan insidennya. Dalam konsep investigasi insiden, sasaran tindakan perbaikan (*corrective actions*) akan didasari dari temuan di setiap layer. Dengan sistem yang baru ini, perusahaan mengelola keselamatan kerja dan pencegahan insiden dari sudut pandang lima barrier yaitu; ***Organizational Roles and Responsibilities, Plan Readiness, Work***

Readiness and Monitoring, Preventive Defense, Contact Defense

Efektivitas dari penggunaan sistem management terbaru ini belum dapat dilihat. Hal ini dikarenakan per tahun 2020, perusahaan mengalami pengurangan manhours sebagai dampak dari pandemi COVID-19. Sehingga penurunan insiden pada tahun 2020, tidak bisa serta merta disebut sebagai keberhasilan dari penerapan sistem tersebut, melainkan dapat juga dipengaruhi oleh penurunan angka unit yang bergerak dan panjang shift operator.

Namun, dari sudut pandang teoritis, sistem manajemen yang terbaru ini dapat menjadi sarana perusahaan mengidentifikasi permasalahan di tingkat organisasional atau jika dirunut dengan *swiss cheese model* adalah *latent conditions*. Hal ini dapat dibuktikan dari salah satu temuan di kasus *overspeed* (yang dikaji dengan metode terbaru) yang mengidentifikasi sistem insentif untuk ritase ke-6 yang cenderung mendasari perilaku tidak aman operator, salah satunya adalah *overspeed*.

Analisis Insiden dengan Metode Bowtie

Sepanjang tahun 2018 hingga 2020, terdapat 9 kejadian unit menabrak sesuatu di PT. XYZ. Perusahaan telah menerapkan berbagai macam barrier/pengendalian untuk mencegah kejadian serupa terulang kembali. Namun, seperti yang dikemukakan oleh James Reason, bahwa pengendalian atau barrier tidak dapat 100% mengentikan terjadinya kecelakaan atau dalam

konsep bowtie adalah top event—yang dalam penelitian ini adalah kejadian unit menabrak sesuatu. Kegagalan fungsi barrier tersebut, dalam bowtie dapat dijelaskan sebagai faktor eskalasi atau faktor yang mempengaruhi efektivitas barrier.

Berdasarkan tinjauan data insiden, peneliti menggunakan 9 kronologi insiden double vessel dengan kontak menabrak dan menyisir sebagai sumber data. Dari kronologi yang dianalisis dengan menggunakan bowtie ditemukan bahwa *threat* yang paling sering muncul pada berbagai insiden tersebut adalah; Operator mengalami *microsleep* (22%); Warga/hewan masuk ke *hauling road* (14%); Area kerja berbahaya (22%).

Hal ini sejalan dengan hasil wawancara dengan tim HSE yang menyatakan bahwa *microsleep* masih menjadi masalah yang sering berujung pada insiden, *overspeed* dan kerusakan unit. Namun berdasarkan tinjauan data, ditemukan bahwa kejadian dengan *overspeed* dan kerusakan unit sebagai salah satu faktor penyebabnya hanya terjadi satu kali. Peneliti memilih warga/hewan masuk ke *hauling road* dibandingkan *threat* Manuver Kendaraan (14%) dikarenakan pengakuan dari salah satu operator di wawancara insiden, dimana ia menyebutkan kalau warga sering sekali masuk ke *hauling road*. Kemudian, pada dokumen HIRA, risiko interaksi dengan warga yang masuk ke *hauling road* bernilai *significant*. Sedangkan, risiko operator terburu-buru adalah

high. Selain itu, berdasarkan pengamatan lapangan, peneliti menyimpulkan kalau setiap harinya warga terus terusan masuk ke *hauling road*.

Jika dianalisis berdasarkan metode bowtie, ditemukan bahwa 44% insiden terjadi karena barrier yang diterapkan masih belum cukup tebal sehingga masih banyak faktor faktor yang dapat membuat barrier tersebut *ineffective* (atau dalam bowtie disebut escalation factor) tidak dikendalikan. Ini menunjukkan bahwa manajemen risiko yang dilakukan oleh perusahaan belum mampu menganalisis insiden yang muncul karena adanya failure pada sistem pencegahan insidennya. Metode investigasi sebelumnya, cenderung mengidentifikasi penyebab langsung (mengapa insiden terjadi) atau *active failures* dan kurang mampu mengidentifikasi *latent conditions*.

Dalam penerapan pengendaliannya, prioritas risiko dari ketiga *threat* ini perlu mempertimbangkan asas AHARP atau *as high as reasonably practicable*, tidak hanya konsep *as low as reasonably possible* (ALARP) saja. Konsep AHARP menekankan bahwa prioritas pengendalian risiko yang dilakukan perusahaan tidak serta merta melihat nilai risiko yang *high* atau *significant* saja. Melainkan juga melihat pada tingkat probability risiko tersebut, meskipun nilai konsekuensinya kecil karena dapat menimbulkan masalah yang besar (karena sering terjadi). Selain itu, pengendalian risiko dengan asas AHARP ini dinilai lebih

‘bersahabat’ dengan budget. Oleh karena itu, prioritas risiko yang perlu dikendalikan di PT. XYZ harus disesuaikan dengan *risk mapping based on peak activity* dari pengoperasian di *hauling road* (Djunaidi, 2021). Tujuannya adalah agar perusahaan dapat memetakan apa saja risiko yang paling sering muncul (probability tinggi) meskipun dampak atau konsekuensinya rendah (sehingga nilai risikonya rendah). Risiko risiko ini lah yang perlu menjadi perhatian, tidak hanya risiko yang nilainya *high* atau *significant* saja (seperti prioritas risiko pada PT. XYZ).

Efektifitas Barrier

Merujuk pada tabel 5.10 ditemukan 32% kegagalan barrier pencegahan insiden tidak diantisipasi oleh perusahaan sehingga mereka tidak menerapkan pengendalian terhadapnya. Sedangkan 24% terjadi karena ketiadaan barrier dan 42% disebabkan barrier yang kurang optimal (belum bisa mencegah ‘lubang’ meskipun sudah ada barrier).

Efektifitas barrier dapat dilihat dari apakah ada insiden dari risiko atau threat tersebut. Dengan menggunakan pola pikir Swiss Cheese Model dan Bowtie, jika ada insiden meskipun barrier telah ditempatkan, maka dapat disimpulkan kalau barrier tersebut kurang efektif. Dari analisis failure insiden, ditemukan ada beberapa barrier yang perlu dikaji ulang untuk dapat mengidentifikasi faktor eskalasi dan kontrolnya, yaitu: (**Tabel 3**)

Tabel 3 Efektifitas Barrier berdasarkan Analisis Failure

No.	Threat	Barrier	Keterangan
1.	Operator Microsleep	Monitoring Jam Tidur	
		Fatigue Test	Perlu koordinasi dengan owner untuk beberapa kebijakan seperti metode fatigue test (agar tidak hanya <i>sampling</i>)
		Rest Area	
		Speak Up	
2.	Warga atau hewan masuk hauling road	Isolasi Lokasi	Perlu koordinasi dengan <i>owner</i> untuk melakukan pengendalian isolasi titik yang tidak dilalui oleh pemilik jalan (perusahaan kayu)
		Rambu dan Hazcom peringatan area rawan warga	

3.	Area Kerja Berbahaya	Road Maintenance	
----	----------------------	------------------	--

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian ini ditemukan bahwa insiden banyak terjadi karena pengendalian yang dilakukan belum optimal (42%). Berdasarkan analisis Bowtie, faktor risiki yang paling dominan adalah operator microsleep (22%), warga/hewan masuk ke *hauling road* (14%), area kerja berbahaya (22%). *Preventive barrier* yang telah diterapkan oleh perusahaan adalah *road maintenance*, DMS (Driving Management System), fatigue test and dll. Faktor eskalasi yang ada adalah permukaan jalan tidak rata (*bumpy roads*), jalan berlubang yang tidak teridentifikasi, tanah CPP yang licin, dll. Kontrol eskalasi atau *escalation control* yang telah dilakukan perusahaan adalah assessment rutin, monitoring beats, dll. *Mitigation control* PT. XYZ yaitu: APD, tanggul dan *emergency response tea*, dll. Faktor eskalasi dari pengendalian mitigasi tanggul adalah tanggul kurang tinggi dengan kontrol eskalasinya assessment rutin yang diikuti oleh perbaikan berkala.

Saran

Terdapat beberapa langkah-langkah yang dapat dilakukan oleh PT XYZ untuk meningkatkan upaya pencegahan insiden pada alat angkut material di area hauling, seperti melakukan kaji ulang prosedur; melakukan *workload analysis*

terhadap pengawas guna meningkatkan kualitas pengawasan aktivitas; meningkatkan pengawasan/antisipasi terhadap faktor manusia dalam pekerjaan terutama pada faktor risiko microsleep dan maneuver kendaraan; melakukan kaji ulang dokumen manajemen risiko (HIRA), prosedur dan standar secara sesuai dengan perkembangan pengendalian yang di implementasikan; serta meningkatkan performa teknologi pengendalian agar dapat secara optimal melakukan fungsinya.

Daftar Pustaka

- CCPS (2018) *Bow ties in risk management : A Concept Book for Process Safety*. First. London, UK: American Institute of Chemical Engineers and John Wiley & Sons, Inc.
- CGE (2015) *Bowtie Methodology Manual*.
- Direktorat Teknik Lingkungan Mineral dan Batubara (2020) *Tingkat Kecepatan dan Keparahannya Kecelakaan, Modi Dashboard*. Available at: <https://modi.minerba.esdm.go.id/pimpinan/kecelakaanTambang?t=2020> (Accessed: 23 March 2021).
- Orr, T., Bellanca, J. and Hrica, J. (2020) ‘Why do haul truck fatal accidents keep occurring?’, in *2020 SME Annual Conference and Expo*. Phoenix, AZ, United States.
- Raharjo, S. (2019) *Evaluasi Kinerja Keselamatan Pertambangan Mineral dan Batubara Tahun 2019*.
- Randolph, R. F. (1996) ‘SAFETY ANALYSIS OF SURFACE HAULAGE ACCIDENTS’, *US Department of Energy, Pittsburgh and Spokane Research Centers*.
- Reason, J. (1990) *Human Error*. First. New York: Cambridge University Press.
- Reason, J. (2000) ‘Human error: models and management’, 320(March), pp. 4–6.
- Sudiyanto, J. and Susilowati, I. H. (2018) ‘Causes of Fatal Accidents Involving Coal Hauling Trucks at a Coal Mining Company in Indonesia’, in *ICOSH 2017*, pp. 59–70. doi: 10.18502/kl.v4i5.2539.
- Wiegmann, D. and Shappell, S. (2003) *A Human Error Approach to Aviation Accident Analysis*.