

Interaksi Pengendara dan Pengguna Jalan pada Keselamatan Pekerja di Area Industri Pengolahan Bijih Mineral

Interaction of Mobile Equipment and Road Users on Workers Safety in Mineral Ore Processing Industrial Areas

Arif Susanto^{1,2,3}, Edi Karyono Putro³

1. Magister Terapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia
2. *Green Technology Research Center*, Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia
3. *Health Safety Environmental Department*, Divisi *Concentrating* PT Freeport Indonesia, Tembagapura, Indonesia

***Corresponding Author: Arif Susanto**

Email : arifsusanto@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Interaksi kendaraan bergerak (termasuk pengendara) dan pengguna jalan (termasuk *pedestrian*) memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan angka kecelakaan kerja di area Divisi *Concentrating* PT Freeport Indonesia (PTFI). Penelitian bertujuan untuk menginterpretasikan kerangka konseptual implementasi keselamatan pekerja pada interaksi pengendara dan pengguna jalan. Penelitian deskriptif ini merupakan penelitian lapangan dengan pendekatan interpretatif. Interpretasi dikembangkan dengan menggunakan data yang ditemukan di lokasi penelitian, yaitu di area industri pengolahan bijih mineral. Penelitian dilakukan pada Januari sampai Februari 2024. Metode observasi digunakan sebagai teknik pengambilan data. Hasil penelitian didapati bahwa dari tiga aspek terkait interaksi pengendara dan pengguna jalan masih difokuskan pada faktor jalan/lingkungan dan faktor kendaraan. Pada faktor manusia, kecelakaan kerja yang terjadi akibat interaksi pengendara dan pengguna jalan paling banyak diakibatkan oleh kelalaian manusia (*human error*). Sebagai upaya pencegahan kecelakaan kerja akibat interaksi pengendara dengan pengguna jalan maka disarankan untuk dapat dilakukan audit keselamatan jalan.

Kata Kunci: kendaraan bergerak, kelalaian manusia, pengendara, pengguna jalan.

ABSTRACT

The interaction of mobile equipment including drivers and road users including pedestrians has a significant impact on increasing the number of work accidents in the PT Freeport Indonesia (PTFI) Concentrating Division area. The research aims to interpret the conceptual framework for implementing worker safety in driver-road users interactions. This descriptive research is field research with an interpretive approach. Interpretations were developed using data found at the research location, namely in the mineral ore processing industrial area. The research was conducted from January to February 2024. The observation method was used as a data collection technique. The research results found that of the three aspects related to driver and road users interactions, the focus was still on road/environmental factors and vehicle factors. In terms of human factors, work accidents that occur due to the interaction of drivers and road users are most often caused by human error. In efforts to prevent work accidents due to interactions between drivers and road users, it is recommended that road safety audits be carried out.

Keywords: driver, human error, mobile equipment, road users.

PENDAHULUAN

Sebanyak 1,19% kematian dunia diakibatkan oleh kecelakaan yang berkaitan dengan lalu lintas.¹ Angka kematian dengan peringkat ke-8 ini akan menjadi peringkat ke-5 pada tahun 2030 apabila tidak dilakukan penanganan. Kecelakaan (*accident*) ini menyebabkan kematian pada sekitar 1,3 juta orang setiap tahun, atau setara dengan 3.287 orang per hari. Selain itu, kecelakaan ini pun mengakibatkan luka, dan bahkan kecacatan permanen pada 25-50 juta orang per tahun.² Penderita kecelakaan tersebut terjadi pada separuh generasi muda (usia 5-29 tahun), dan tergolong pada usia produktif yaitu usia 18-59 tahun.¹ Kerugian yang disebabkan oleh kecelakaan lalu lintas di Indonesia ini dapat mencapai 2,9% dari Pendapatan Domestik Regional Bruto (PDRB).²

Divisi *Concentrating* PT Freeport Indonesia (PTFI) dapat dikategorikan masuk pada pengelompokan area lokasi kerja yang berada di lokasi 72. Penggunaan jalan dengan melibatkan kendaraan bergerak (*alat berat/heavy equipments*, kendaraan ringan/*light vehicle*) dan pengguna jalan memiliki kerentanan, serta memiliki potensi mengalami kecelakaan (*accident*) yang tinggi. Hal ini disebabkan karena Divisi *Concentrating* PTFI beroperasi di wilayah yang terbuka untuk akses penggunaan jalan, dan juga oleh pengguna kendaraan bergerak (*pengendara*). Kondisi lainnya yaitu adanya pengguna jalan dari Divisi lain yang berada di wilayah dataran tinggi, seperti *Grasberg Operation*, *Operations Maintenance*, dan lainnya. Hal ini tentu saja dapat menjadi faktor risiko terhadap meningkatnya angka kejadian (*incident*), dan bahkan angka kecelakaan yang melibatkan penggunaan jalan tersebut. Termasuk didalamnya disebabkan oleh potensi terjadinya kejadian dan kecelakaan yang terjadi di area operasi, dan hanya dapat dipergunakan untuk kegiatan operasional yang melibatkan interaksi antara pengguna kendaraan dan pengguna jalan yaitu pekerja.

Peningkatan keselamatan pengguna kendaraan dan pengguna jalan menjadi hal yang sangat penting dilakukan oleh Divisi *Concentrating* PTFI. Perancangan dan pengelolaan jalan harus menjadi prioritas utama

terhadap perlindungan pengguna jalan. Hal ini dikarenakan mereka yang memiliki kerentanan tinggi terhadap kejadian dan kecelakaan lalu lintas di area kerja Divisi *Concentrating* PTFI. Perencanaan jalan tidak hanya fokus pada keselamatan pengguna kendaraan berupa alat berat maupun pengendara kendaraan ringan, tetapi juga harus memfokuskan pada pengguna jalan. Berdasarkan situasi dan permasalahan tersebut, maka perlu dikaji upaya keselamatan jalan yang telah dilakukan oleh Divisi *Concentrating* PTFI, khususnya terhadap adanya interaksi pengendara dan pengguna jalan.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian kualitatif ini yaitu deskriptif melalui penelitian lapangan (*field research*). Pendekatan metode penelitian bersifat interpretatif karena studi yang dikembangkan melalui interpretasi dengan menggunakan data yang ditemukan di lokasi penelitian. Tujuan dari pendekatan tersebut untuk menjelaskan peristiwa dan kondisi di lokasi penelitian berdasarkan perspektif dari subjek yang diteliti, maupun sumber data yang terkumpul. Lokasi penelitian difokuskan pada area industri pengolahan bijih mineral yaitu di area Divisi *Concentrating* PTFI. Penelitian dilakukan selama Januari sampai Februari 2024.

Penelitian kualitatif ini tidak menggunakan istilah populasi. Namun menggunakan istilah situasi sosial (*social situation*) dan terdiri atas tiga elemen. Ketiga elemen tersebut yaitu tempat (*place*), pelaku (*actors*), dan aktivitas (*activity*) yang saling berinteraksi secara sinergis. Situasi sosial ini yang kemudian menjadi objek penelitian.³ Dengan demikian maka populasi dalam penelitian ini yaitu faktor pekerja, faktor kendaraan, dan faktor jalan/lingkungan. Adapun ketiga faktor tersebut yang kemudian menjadi sampel yang karakteristiknya kemudian diteliti.

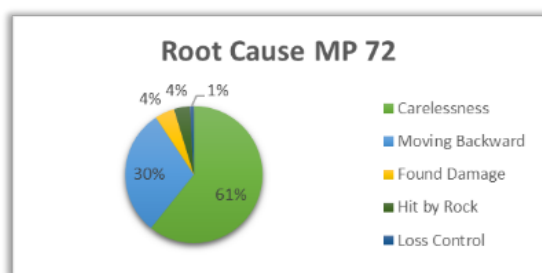
Teknik pengambilan data menggunakan metode observasi. Kegiatan observasi meliputi pencatatan secara sistematis, perilaku atau objek yang diamati, dan hal-hal lain yang diperlukan dalam mendukung penelitian yang dilakukan. Tahap awal observasi dilakukan secara umum

yaitu pengumpulan data atau informasi sebanyak mungkin. Tahap selanjutnya yaitu observasi terfokus dengan menyempitkan data dan informasi yang diperlukan agar dalam penelitian ini dapat ditemukan pola perilaku dan hubungan yang terjadi. Instrumen penelitian berupa lembar observasi rekaman catatan dan kondisi aktual.

Instrumen tersebut digunakan untuk pencatatan secara sistematis, meliputi analisis jumlah kejadian insiden kecelakaan kendaraan bergerak, dan faktor yang mempengaruhinya dan terdiri atas faktor manusia yaitu pekerja, faktor kendaraan, dan faktor jalan/lingkungan. Adapun perilaku terdiri dari analisis dari jumlah insiden yang melibatkan perilaku pekerja dalam menggunakan kendaraan bergerak (*pengendara*), maupun sebagai *pedestrian*. Objek yang diamati lainnya terdiri atas infrastruktur tersedia maupun yang belum tersedia sesuai standar internal.

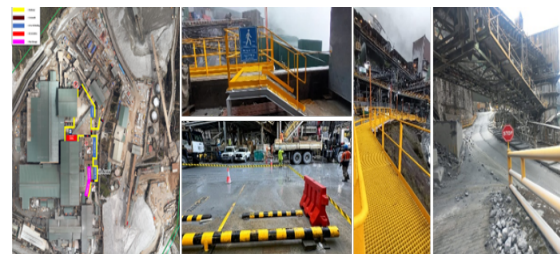
HASIL PENELITIAN

Peningkatan keselamatan terkait pada interaksi pengguna kendaraan (*pengendara*) dan pengguna jalan merupakan program jangka panjang yang sangat erat dengan peningkatan standar keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan kerja (K3LK) di area wilayah kerja operasional PTFI, khususnya di area pengolahan bijih mineral. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh hasil bahwa jumlah kejadian lalu lintas yang melibatkan kendaraan bergerak dan pengguna jalan dari tahun 2018-2022 berjumlah 1.011 kejadian. Dari data tersebut, lokasi pertambangan bawah tanah menempati urutan pertama, kemudian disusul oleh area MP 72 (*Ridge Camp* dan area pengolahan bijih mineral), dan Tembagapura. Jumlah kejadian masing-masing di setiap lokasi yaitu 824, 102, dan 80 kejadian.



Gambar 1. Persentase dan akar penyebab kejadian di area industri pengolahan bijih mineral.

Persentase dan akar penyebab kejadian yang melibatkan interaksi pengendara dan pengguna jalan pada area industri pengolahan bijih mineral terdapat pada wilayah area MP 72, dijelaskan pada Gambar 1. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh hasil bahwa akar penyebab terjadi kejadian termasuk kecelakaan disebabkan oleh beberapa faktor. Faktor tersebut melingkupi faktor manusia, faktor kendaraan, dan faktor jalan/lingkungan. Pada faktor manusia yaitu para pekerja maka jumlah kejadian yang tercatat banyak disebabkan oleh ketidakpedulian (*careless*) para pengendara kendaraan bergerak dan pengguna jalan. Jumlah kejadian ketidakpedulian tersebut sebesar 61%. Selain itu, pengendara kehilangan kendali (*loss control*) sebesar 1%. Pada faktor kendaraan ditemukannya kerusakan (*found damage*), dan terkena lentingan batu (*hit by rock*) masing-masing sebesar 4%. Sedangkan pada faktor jalan/lingkungan yang menyebabkan kecelakaan disebabkan oleh kondisi yang mengakibatkan kejadian bergerak mundur (*moving backward*) sebesar 30%.⁴



Gambar 2. Contoh Rekayasa Infrastruktur Jalan di Divisi *Concentrating* PTFI

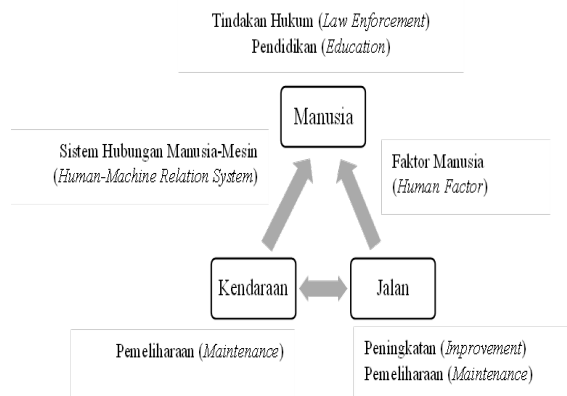
Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan, ditemukan bahwa telah banyak dilakukan upaya terkait dengan peningkatan keselamatan jalan. Upaya yang dilakukan oleh Divisi *Concentrating* PTFI tersebut diantaranya berupa rekayasa terhadap faktor jalan/lingkungan. Namun demikian bukan berarti upaya terhadap faktor manusia dan faktor kendaraan tidak mendapatkan perhatian. Terdapat beberapa rekayasa yang dilakukan di Divisi *Concentrating* PTFI seperti yang dicontohkan pada Gambar 2. Hal lainnya yaitu telah dilakukan untuk mengatasi kegagalan interaksi pengendara dan pengguna jalan yang dapat menimbulkan kecelakaan berupa:

- Penutupan saluran terbuka yang seharusnya tidak terletak dengan badan jalan.

- b. Memastikan marka jalan telah sesuai agar tidak menyebabkan pengguna jalan mengalami kecelakaan.
- c. Pemasangan rambu-rambu lalu lintas di tempat yang tidak terhalang, desain rambu yang sesuai dan adekuat.
- d. Ketersediaan fasilitas penyeberangan bagi pekerja dan membuat 'refugee' yang baik, memberi penerangan lampu jalan, pembuatan jalur pejalan kaki (*pedestrian*), dan pembatasan kecepatan kendaraan.
- e. Perkerasan bahu jalan dan *delineasi* tikungan untuk kendaraan yang akan keluar jalur jalan.

PEMBAHASAN

Terdapat tiga komponen utama^{5,6} dalam terjadinya kejadian dan kecelakaan akibat interaksi kendaraan bergerak dan pengguna jalan, yaitu manusia sebagai pengguna jalan, kendaraan (baik alat berat maupun alat ringan), dan jalan termasuk lingkungan sekitarnya.^{7,8} Setiap komponen ini dapat berkontribusi dan melibatkan interaksi yang cukup kompleks terhadap terjadinya kejadian maupun kecelakaan seperti yang digambarkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Faktor Manusia, Kendaraan, dan Jalan dalam Kecelakaan

Faktor dominan dalam terjadinya kecelakaan adalah faktor manusia. Adapun faktor manusia yang dimaksudkan dalam penelitian ini yaitu para pekerja yang berada di Divisi *Concentrating* PTFI. Hampir semua kejadian kecelakaan yang terjadi diakibatkan oleh faktor ini, yaitu sebesar 90% akibat kelalaian.⁹ *United States of Department of Transportation-National Highway Traffic*

Safety Administration (US-NHTSA) mengemukakan bahwa terdapat empat faktor utama sebagai sebuah kesalahan (*error*) yang berasal dari diri pengendara yang menyebabkan terjadinya kecelakaan, yaitu:¹⁰

1. *Recognition error* (kesalahan rekognisi), kesalahan yang diakibatkan oleh pengendara kendaraan tidak memusatkan perhatian atau pecahnya konsentrasi yang diakibatkan oleh gangguan berasal dari luar^{11,12} dan dari diri sendiri berupa tindakan tidak aman (*unsafe act*). Tindakan tidak aman ini seperti lalai terhadap prosedur, lupa, motivasi yang buruk, tidak perhatian atau abai.¹³ Kesalahan ini disebut juga sebagai kesalahan akibat kontrol terhadap lingkungan sekitarnya secara tidak tepat, termasuk diantaranya penggunaan *mobile phone*.^{14,15}
2. *Decision error* (kesalahan keputusan), pengemudi kendaraan melakukan kesalahan yang membahayakan (*dangerous violations*) berupa tindakan dengan sengaja melanggar aturan,¹⁶ seperti dengan mengebut (*overspeeding*), menikung pada kecepatan yang tinggi, kekeliruan dalam memperkirakan pengendara lain termasuk *pedestrian* yang menggunakan jalan yang sama, manuver ilegal, kesalahan memperkirakan kecepatan dan jarak antara kendaraan sendiri serta kendaraan orang lain (*dangerous errors*).
3. *Performance error* (kesalahan kinerja), termasuk juga pada *overcompensation* yaitu berupa keinginan berlebihan serta pengendalian yang lemah terhadap arah atau tujuan dari pengendara (*not paying attention*).
4. *Other error* (kesalahan lain), diakibatkan karena pengendara termasuk pengguna jalan mengantuk, lelah,¹⁷ di bawah pengaruh obat-obatan, alkohol ataupun napza, dan lain sebagainya.

Tabel 1. Contoh Kesalahan Dasar (*Generic Error*)

Klasifikasi <i>Generic Error</i>	Contoh <i>Generic Error</i>
<i>Slips</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Salah pada persepsi ▪ Gangguan dari luar saat bertindak ▪ Salah dalam bertindak

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kesulitan saat melakukan tindakan ▪ Kesalahan saat melakukan tahapan tindakan ▪ Kesalahan saat menentukan waktu bertindak
<i>Lapses</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lupa pada tahapan bertindak ▪ Kehilangan lokasi untuk melakukan tahapan bertindak ▪ Lupa akan tindakan yang diinginkan
<i>Mistakes</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bertindak kurang tepat pada suatu prosedur baku ▪ Melakukan prosedur dengan salah ▪ Memutuskan tindakan yang buruk ▪ Kegagalan memilih alternatif tindakan ▪ Terlalu percaya diri
<i>Violations</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pelanggaran yang disengaja ▪ Pelanggaran yang tidak disengaja

Dari keempat faktor tersebut di atas dapat disimpulkan bahwa faktor rekognisi (baik itu berupa atensi dan persepsi), faktor pengambilan keputusan dan ingatan, serta faktor kinerja menjadi syarat dalam berkendara, dan dalam hal ini yaitu berlaku bagi pekerja di Divisi *Concentrating* PTFI. Dengan demikian maka dapat disimpulkan bahwa kemampuan kognitif dan keterampilan harus menyertai kemampuan fisik pengendara sebagai pengguna jalan. Kelalaian manusia (*human error*) yang dapat terjadi kepada para pekerja tersebut dapat dibagi menjadi empat klasifikasi dasar. Keempat klasifikasi dasar tersebut terdiri atas kelalaian atensi (*slips*), kelalaian daya ingat (*lapses*), kesalahan (*mistakes*), dan pelanggaran (*violations*).¹⁸ Klasifikasi ini disebut dengan *generic error* seperti yang dicontohkan pada Tabel 1.

Faktor kendaraan merupakan faktor yang berkontribusi pada jumlah dan tingkat fatalitas kecelakaan. Pada faktor ini perawatan (*maintenance*) merupakan kunci dalam penghilangan faktor terjadinya kecelakaan dengan memberikan perhatian.^{2,19}

a. Perawatan dan Kelaikan Kendaraan

Kecelakaan penggunaan jalan pada pengendara paling besar dipengaruhi oleh kelalaian dalam perawatan secara rutin maupun berkala. Perawatan dan perbaikan

kendaraan sangat diperlukan agar semua aspek kendaraan dalam kondisi baik. Selain itu, pengujian kelaikan kendaraan secara regular perlu dilakukan untuk memastikan bahwa kendaraan aman untuk digunakan.^{20,21} Kelalaian perawatan kendaraan akan dapat menyebabkan beberapa kondisi seperti ban yang licin akibat aus (*worn out*) dan ban tidak seimbang (*imbalance*); suspensi dan peredam kejut yang buruk; sistem rem gagal berfungsi atau blong; pengemudian yang sulit akibat *power steering*/kemudi/setir macet, *sporing* salah; penyinaran lampu tidak sesuai dengan sudut ketinggian, lampu sinyal untuk pengereman dan berbelok yang tidak lengkap menyala; kekuatan mesin melemah yang diakibatkan buruknya pelumasan, kompresi, dan pengapian.

Dalam aspek ini, pekerja di Divisi *Concentrating* PTFI hendaknya dapat memberikan atensi yang adekuat terkait dengan implementasi perawatan dan kelaikan kendaraan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan memastikan secara rutin jadwal untuk dilakukan *Preventive Maintenance* (PM) Check dengan memastikan bahwa odometer telah mendekati jadwal PM tersebut. Hal lain dapat berupa dilakukan *Pre-Operation* melalui daftar pemeriksaan (*checklist*) yang tersedia di setiap unit dalam bentuk cetak maupun dalam jejaring (*online*) yang dapat diakses oleh pengendara kapan saja dan di mana saja melalui aplikasi yang dapat digunakan pada unit telepon genggam (*handphone*). Langkah ini bertujuan untuk memastikan bahwa kendaraan dalam kondisi laik sebelum digunakan serta dapat diketahui apabila terdapat *defect* pada kendaraan tersebut.

b. Pengendalian Kendaraan

Aspek selain perawatan dan kelaikan kendaraan yaitu karakter pengendalian kendaraan. Pada pengendalian kendaraan, terdapat dua hal yang dapat mempengaruhi yaitu:

- i. Kondisi ban dan sistem suspensi berikut keseimbangannya.
- ii. Momen inersia kendaraan pada sumbu vertikal pada pusat gravitasi kendaraan atau resistansi inersia untuk mencegah kendaraan berputar.

Selain itu juga terdapat dua hal yang harus diperhatikan saat kendaraan akan berbelok, yaitu:

- i. *Understeer* yaitu kendaraan cenderung lurus meskipun setir sudah dibelokkan. Kondisi ini biasa disebut selip (*slips*) yang diakibatkan oleh daya cengkram ban depan hilang sehingga kendaraan melaju ke luar jalan.
- ii. *Oversteer* yaitu kondisi kebalikan dari *understeer* di mana ban belakang kehilangan cengkraman sehingga bagian belakang dari kendaraan (*buritan*) bergeser atau melintir. Penyebab kondisi ini biasa terjadi akibat pengereman saat belok, bobot berpindah ke depan kendaraan sehingga membuat daya cengkraman pada ban belakang menjadi berkurang, dan dapat juga dikarenakan pemutaran setir secara tiba-tiba.

Pengendalian kendaraan ini menjadi lebih sulit dan tidak mudah sehingga dapat membahayakan. Berdasarkan hal tersebut maka aspek pengendalian kendaraan dapat dipastikan oleh setiap pekerja di Divisi *Concentrating* PTFI dengan memastikan bahwa tidak ada beban muatan berlebih, tidak menempatkan muatan tidak tepat seperti tidak seimbang maupun terlalu tinggi. Ukuran muatan pun harus dipastikan tidak melebihi ukuran kendaraan. Selain muatan, pekerja di Divisi *Concentrating* PTFI tidak boleh melakukan modifikasi pada kendaraan seperti perubahan ukuran bak muatan, perubahan ukuran dan profil ban, serta melakukan kecepatan kendaraan yang terlalu tinggi (*overspeed*) karena hal ini menjadi faktor yang menyebabkan pengendalian kendaraan menjadi sulit.

Selain itu, pengereman kendaraan menjadi kunci utama dalam menghindari kecelakaan. Jarak pengereman yang memadai dan tetap pada lajur lintas kendaraan tanpa bergeser pada waktu pengereman menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Muatan juga mempengaruhi kemampuan pengereman karena muatan berlebih cenderung

membutuhkan waktu dan jarak yang lebih agar dapat berhenti dengan sempurna. Dalam implementasi terkait dengan pengereman kendaraan ini menjadi unsur penting yang perlu diperhatikan pada faktor kendaraan di Divisi *Concentrating* PTFI. Dalam implementasi pengereman kendaraan, terdapat nilai-nilai umum dalam perlambatan kendaraan yang terdiri atas:

- i. penurunan kecepatan dari 1 hingga 3 meter/detik².
 - ii. pengereman akhir hingga berhenti sekitar 3,5 meter/detik².
 - iii. pengereman mendadak antara 6 hingga 10 meter/detik² atau setara dengan gaya gravitasi.
- c. *Perlengkapan Pengamanan Kecelakaan*
- Kelengkapan pada kendaraan untuk pengamanan kendaraan agar dapat terhindari dari terjadinya kecelakaan dan mengurangi tingkat keparahan korban secara umum terdiri atas:
- a) *Perlengkapan Active Safety* untuk menghindari terjadinya kecelakaan antara lain:
 - i. *Antilock Brake System* (ABS) pada rem dan *Electronic Brake Distribution* (EBD),
 - ii. Lapisan film pelindungan sinar pada kaca depan (*wind screen*), penyejuk udara kendaraan (*air conditioning*).
 - b) *Perlengkapan Passive Safety* untuk mengurangi keparahan korban antara lain:
 - i. kabin penumpang dengan sistem *rigid cell*,
 - ii. zona deformasi di bagian depan dan belakang (*bumper*), proteksi pada *pedestrian* dan pengemudi,
 - iii. kunci keselamatan pintu, kolom stir yang terpisah dan runtuh sewaktu terjadi tumbukan, *air bag*, dan sabuk keselamatan.

Pada area Divisi *Concentrating* PTFI, faktor jalan sangat erat hubungannya dengan penyebab terjadinya kecelakaan, sehingga faktor ini perlu dipertimbangkan sebagai penentuan dalam perancangan keselamatan jalan.²² Contohnya seperti batas kecepatan, geometrik, pagar pengamanan yang sudah

tersedia ataupun belum tersedia, jarak pandang dengan rambu-rambu, kondisi permukaan jalan seperti ada tidaknya lengkungan maupun superelevasi, ada atau tidak adanya tanjakan maupun turunan, serta harmonisasi antara *alignment* vertikal dan horizontal. Faktor jalan serta lingkungan tersebut memiliki sifat permanen. Oleh sebab itu banyak hal yang harus terus dilakukan oleh Divisi *Concentrating* PTFI terkait implementasi prinsip keselamatan kecelakaan. Prinsip tersebut salah satunya yaitu pada perancangan persimpangan karena topografi area kerja di Divisi *Concentrating* PTFI mengharuskan memiliki banyak persimpangan.

Beberapa hal lain yang harus dipertimbangkan dan diperhatikan dalam implementasi keselamatan jalan terutama pada tikungan tajam²³ dan persimpangan²⁴ yaitu nilai jarak pandang persimpangan, jarak pandang pendekat serta jarak pandang henti di persimpangan yang cukup memadai, pengutamakan pergerakan lalu lintas yang ramai, dan lainnya. Selain itu, adanya pemisahan jalan (*segregasi*) *pedestrian* telah dilakukan di Divisi *Concentrating* PTFI dengan pemasangan pagar dengan jalan kendaraan. *Segregasi* ini sudah dilakukan di banyak lokasi pada area industri pengolahan mineral. Hal ini secara tegas memberikan tingkat efektifitas dalam mencegah kecelakaan fatal. *Segregasi* inipun hakekatnya mengimplementasikan prinsip manajemen bahaya sisi jalan sebagai rekayasa keselamatan agar meminimalkan risiko gangguan samping. Faktor jalan/lingkungan yang bersifat permanen dan secara prinsip memerlukan klasifikasi terhadap fungsi jalan. Faktor jalan/lingkungan yang bersifat permanen tersebut harus memiliki dua aspek yaitu pengaturan serta pengendalian lalu lintas dan aksesibilitas.

Namun demikian, faktor jalan/lingkungan yang bersifat tidak permanen pun dapat menjadi penyebab kecelakaan yang sangat erat dengan kondisi Divisi *Concentrating* PTFI. Faktor jalan/lingkungan yang bersifat tidak permanen tersebut diantaranya yaitu cuaca lokasi kerja yang ekstrem dan sering berkabut, curah hujan tinggi yang selalu menimbulkan genangan, serta kondisi yang kerap terjadi longsor jalan dan tebing.^{25,26} Kondisi kabut dapat menyebabkan gangguan kepada jarak pandang, juga menyulitkan dalam melihat marka jalan. Hal ini cukup berbahaya bagi

pengendara karena akan mengalami kesulitan dalam memposisikan kendaraan di lintasan semestinya. Genangan air yang banyak terbentuk di permukaan jalan menjadi risiko timbulnya efek *aquaplaning* maupun *hydroplaning* pada ban kendaraan. Efek ini menyebabkan hilangnya daya cengkram (*traksi*) ban yang menyulitkan pengendalian kendaraan pada kecepatan yang relatif tinggi. Penurunan kecepatan dari efek ini dapat diantisipasi dengan penggunaan ban yang mempunyai profil baik.

Matriks Haddon^{27,28} merupakan metode yang dapat digunakan oleh Divisi *Concentrating* PTFI dalam menganalisis kecelakaan agar kerugian dan cedera yang ditimbulkan dapat diminimalkan. Tabel 2 menunjukkan faktor-faktor yang berhubungan dengan kecelakaan. Faktor-faktor tersebut terdiri atas atribut pribadi (personil) sebagai faktor manusia, atribut agen/perantara (*vektor*) yang membawa energi sebagai faktor kendaraan, dan atribut lingkungan/tempat sebagai faktor jalan dan lingkungan. Faktor-faktor tersebut yang kemudian harus dilakukan analisis pada setiap tahap, dimulai pada tahap sebelum kejadian, tahap saat kejadian, dan tahap setelah kejadian kecelakaan.

Tabel 2. Analisis Pencegahan Kecelakaan

	Faktor Manusia	Faktor Kendaraan	Faktor Jalan
Tahap Pra Kecelakaan (<i>Pre-Event</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Informasi ▪ Sikap pengendara ▪ Gangguan pada pengendara ▪ Peraturan lalu lintas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kelaikan kendaraan ▪ Pencahayaan ▪ Pengereman ▪ Pengelolaan kecepatan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rancangan dan layout jalan ▪ Pembatasan kecepatan ▪ Fasilitas <i>pedestrian</i>
Tahap Saat Kecelakaan (<i>Event</i>)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Penggunaan alat pencegahan ▪ Melemahkan dampak 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pencegahan penumpang ▪ Perangkat pelindung lain ▪ Rancangan kendaraan aman 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Perangkat pelindung kecelakaan pinggir jalan ▪ Zona keaman

			nan jalan
Tahap Setelah Kecelakaan (Post-Event)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Keterampilan pertolongan pertama kegawatdaruratan ▪ Aksesibilitas pengobatan dan perawatan 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kemudahan akses petugas medis ▪ Risiko kebakaran 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fasilitas penyelamatan ▪ Kematian

Audit keselamatan jalan merupakan upaya untuk mengidentifikasi potensi bahaya yang dapat timbul dari prasarana jalan terhadap lalu lintas maupun lingkungan di sekitar. Pelaksanaan audit ini merupakan sebuah bentuk pengujian formal terhadap potensi konflik lalu lintas dan kecelakaan lalu lintas dari rancangan jalan yang sudah terbangun (*existing*) maupun jalan baru. Seperti audit lainnya yang sering dilakukan di Divisi *Concentrating* PTFI, maka pelaksanaan audit keselamatan jalan dapat dilakukan oleh tim ahli yang memiliki kompetensi dan independen berpengalaman. Objek sasaran pelaksanaan audit keselamatan tersebut dapat difokuskan pada rancangan (*desain*) jalan yang mencakup geometrik, bangunan pelengkap, fasilitas jalan, dan kondisi lingkungan sekitar jalan. Dari pelaksanaan audit ini diharapkan dapat diperoleh peningkatan keselamatan pengguna jalan. Selain itu juga dapat meningkatkan pemahaman bahwa rekayasa jalan diperlukan dimulai pada tahapan perancangan.²⁹

KESIMPULAN

Terdapat tiga komponen utama terjadi kejadian dan kecelakaan akibat interaksi kendaraan bergerak dan pengguna jalan. Faktor tersebut terdiri dari manusia yaitu sebagai pengguna jalan, kendaraan (baik alat berat maupun alat ringan), dan jalan termasuk lingkungan sekitarnya. Setiap komponen faktor ini dapat berkontribusi dan melibatkan interaksi yang cukup kompleks terhadap terjadi kecelakaan. Meskipun sudah banyak rekayasa terhadap faktor jalan dan lingkungan di area Divisi *Concentrating* PTFI, namun faktor manusia tetap menjadi hal yang harus menjadi perhatian. Hal ini dikarenakan hampir semua

kejadian kecelakaan diakibatkan oleh faktor manusia, yaitu akibat kelalaian. Adapun faktor kendaraan, khususnya pada perawatan (*maintenance*) walaupun bukan tugas langsung yang menjadi kewajiban pekerja Divisi *Concentrating* PTFI namun perawatan merupakan kunci dalam penghilangan faktor terjadinya kecelakaan. Partisipasi aktif diperlukan pada semua pekerja dalam pelaksanaan perawatan agar dalam kondisi laik operasi. Hal tersebut sebagai upaya pengendalian kendaraan serta upaya dalam menjaga perlengkapan pengamanan kendaraan yang dipergunakan oleh pekerja agar terhindar dari kecelakaan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Panitia Lomba Penulisan Artikel pada Bulan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (BK3N) 2024 atas *review*, penilaian, dan kesempatan agar hasil penelitian ini dapat didesiminasikan pada khalayak umum.

DAFTAR PUSTAKA

1. World Health Organization (WHO). (2023). *Global Status Report on Road Safety*. <https://www.who.int/teams/social-determinants-of-health/safety-and-mobility/global-status-report-on-road-safety-2023>.
2. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR). (2016). *Pengenalan Rekayasa Keselamatan Jalan, Modul 2 Diklat Jalan Berkeselamatan*. Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
3. Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Cetakan 4 Bandung: CV Alfabeta.
4. PT Freeport Indonesia (PTFI). (2024). *Mobile Equipment Incident History 2018-2024*. Unpublished Report.
5. Ulleberg, P. & Rundmo, T. (2003). Personality, Attitudes and Risk Perception as Predictors of Risky Driving Behaviour among Young Drivers. *Safety Science*, 41(5):427-443.
6. Shope, J. T. (2006). Influences on

- youthful driving behavior and their potential for guiding interventions to reduce crashes. *Injury Prevention*, *12*(suppl_1), i9–i14. <https://doi.org/10.1136/ip.2006.011874>
7. Ali, Y., Raadsen, M. P. H., & Bliemer, M. C. J. (2023). Modelling speed reduction behaviour on variable speed limit-controlled highways considering surrounding traffic pressure: A random parameters duration modelling approach. *Analytic Methods in Accident Research*, *40*, 100290. <https://doi.org/10.1016/j.amar.2023.100290>
 8. Tarlochan, F., Ibrahim, M. I. M., & Gaben, B. (2022). Understanding traffic accidents among young drivers in Qatar. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(1), 514. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010514>
 9. Hole, G.J. (2017). *Psychology of Driving* (1st Ed.). Routledge: London.
 10. Guritnaningsih, G., Tjahjono, T., & Maulina, D. (2018). Kelalaian Manusia (Human Error) Dalam Kecelakaan Lalu Lintas: Analisis Berdasarkan Pemrosesan Informasi. *Journal of Indonesia Road Safety*, *1*(1), 30. <https://doi.org/10.19184/korlantas-jirs.v1i1.14772>
 11. Misokefalou, E., Papadimitriou, F., Kopelias, P., & Eliou, N. (2016). Evaluating driver distraction factors in urban motorways. A naturalistic study conducted in Attica Tollway, Greece. *Transportation Research Procedia*, *15*, 771–782. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.06.064>
 12. Prat, F., Gras, M. E., Planes, M., Font-Mayolas, S., & Sullman, M. J. M. (2017). Driving distractions: An insight gained from roadside interviews on their prevalence and factors associated with driver distraction. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, *45*, 194–207. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2016.12.001>
 13. Lady, L., & Umyati, A. (2021). Human Error dalam Berkendara Berdasarkan Kebiasaan Pelanggaran oleh Pengemudi. *Jurnal Manajemen Transportasi & Logistik (JMTRANSLOG)*, *8*(1), 21. <https://doi.org/10.54324/j.mtl.v8i1.510>
 14. Oviedo-Trespalacios, O., King, M., Haque, Md. M., & Washington, S. (2017). Risk factors of mobile phone use while driving in Queensland: Prevalence, attitudes, crash risk perception, and task-management strategies. *PLOS ONE*, *12*(9), e0183361. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183361>
 15. Van Dam, J., Kass, S. J., & VanWormer, L. (2019). The effects of passive mobile phone interaction on situation awareness and driving performance. *Journal of Transportation Safety & Security*, *12*(8), 1007–1024. <https://doi.org/10.1080/19439962.2018.1564947>
 16. Sucha, M., Sramkova, L., & Risser, R. (2014). The Manchester driver behaviour questionnaire: Self-reports of aberrant behaviour among Czech drivers. *European Transport Research Review*, *6*(4), 493–502. <https://doi.org/10.1007/s12544-014-0147-z>
 17. Nursetyawan, R. T., & Utaminingrum, F. (2020). Pengembangan Sistem Rekognisi Rambu Kecepatan Menggunakan Circle Hough Transform dan Convolutional Neural Network. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *4*(11): 4012–4018. <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/8217>.
 18. Stanton, N. A., & Salmon, P. M. (2009). Human error taxonomies applied to driving: A generic driver error taxonomy and its implications for intelligent transport systems. *Safety Science*, *47*(2), 227–237. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2008.03.006>
 19. Marsaid, Hidayat, M., Ahsan. (2013). Kecelakaan penggunaan jalan oleh pengendara paling besar dipengaruhi oleh kelalaian dalam perawatan secara rutin maupun berkala. *Jurnal Ilmu Keperawatan*, *1*(2): 98–112.
 20. Ardiansyah, A., & Albanna, F. (2022). Analisis Pemeliharaan pada Kendaraan Operasional PKP-PK di Bandar Udara Adi Soemarmo Solo. *AURELIA: Jurnal*

- Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 1(1), 19–28.
<https://doi.org/10.57235/aurelia.v1i1.21>
21. Rianti, A. M., & Farida, I. (2022). Analisis pengujian Kendaraan Untuk meminimalisir risiko Kecelakaan Lalu Lintas. *Jurnal Konstruksi*, 20(1), 151–160.
<https://doi.org/10.33364/konstruksi/v.20-1.1043>
 22. Widyastuti, H., & Utami, A. (2018). Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas: Studi Kasus Beberapa Jalan Di Kota Surabaya. *Journal of Indonesia Road Safety*, 1(3), 175.
<https://doi.org/10.19184/korlantas-jirs.v1i3.15011>
 23. Manggala, R., J. Angga J., Purwanto, D., & Indriastuti, A.K. (2016). Studi Kasus Faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Pada Tikungan Tajam. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, 4(4): 462-470.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkts/article/view/10575>.
 24. Buntara, A. (2019). Cedera Akibat Kecelakaan Lalu Lintas di Indonesia: Faktor Risiko Serta Strategi Pencegahan dan Intervensi. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Masyarakat*, 11(3): 262-268.
<https://doi.org/10.52022/jikm.v11i3.25>.
 25. Carina, F. (2017). Analisis Karakteristik Kecelakaan dan Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas di Kota Lubuklinggau. *Bearing: Jurnal Penelitian dan Kajian Teknik Sipil*, 5(1): 24-31.
<https://doi.org/10.32502/jbearing.700201751>.
 26. Siregar, Z., & Dewi, I. (2020). Analisis Ruas Jalan Lintas Sumatera Kota Tebing Tinggi Dan Kisaran Sebagai Titik Rawan Kecelakaan Lalu Lintas. *Jurnal MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, 1(2), 63–73.
<https://doi.org/10.53695/jm.v1i2.88>
 27. Runyan, C. W. (1998). Using the Haddon matrix: Introducing the third dimension. *Injury Prevention*, 4(4), 302–307.
<https://doi.org/10.1136/ip.4.4.302>
 28. Masoumi, K., Forouzan, A., Barzegari, H., Asgari Darian, A., Rahim, F., Zohrevandi, B., & Nabi, S. (2016). Effective Factors in Severity of Traffic Accident-Related Traumas; an Epidemiologic Study Based on the Haddon Matrix. *Emergency* (Tehran, Iran), 4(2):78-82.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4893755/>.
 29. Departemen Pekerjaan Umum (DPU). (2005). *Pedoman Audit Keselamatan Jalan* (Pd . T-17-2005-B).