

Penerapan Digitalisasi Camera Analytic Guna Meningkatkan Tingkat Kepatuhan Driver Dan Menurunkan Tingkat Kecelakaan Dump Truck (DT) Di Jalan Hauling Batubara PT. XYZ

Bakhtiar Rusandi^{1*)}, Taharuddin²⁾

^{1,2}Magister Administrasi Bisnis, Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

*Corresponding Author: brusandi.sinaga@gmail.com

Submitted: 07/01/2025; Accepted: 12/03/2025; Published: 05/04/2025

Abstract: *This research aims to determine the effectiveness of implementing digitalization of PT Then, find out the effect on the accident rate after the accident on PT XYZ Hauling Road. This research uses a qualitative approach with a focus on the implementation of digitalization to increase the level of driver compliance and reduce the level of DT accidents on the PT XYZ hauling road. Data was collected through interviews, observation, documentation studies, and analyzed using the Miles and Huberman model. The results shows that the implementation of camera analytic digitization had a good impact to one of contractors PT XYZ, which is implementing digitalization of camera analytic has been an increase the level of compliance, that shown by decrease the number of violations regarding to overspeed up to 81%. And then, the Incident Frequency Rate (TIFR) from initially above the threshold, namely 13.29, can gradually decrease to 6.16 to below the threshold (7.17) with a decrease of 54%.*

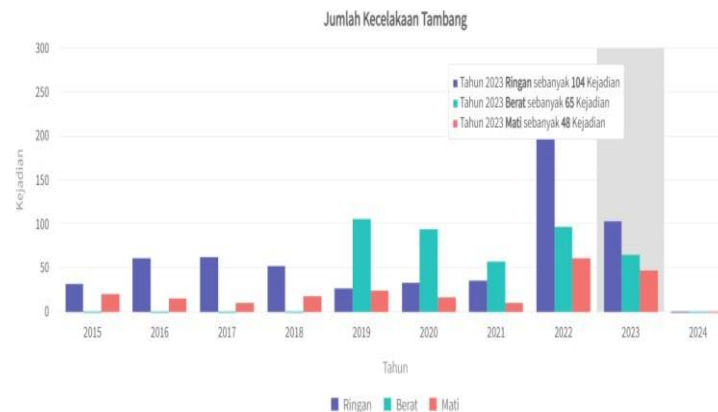
Keywords: Profitability Digitalization, Camera Analytic, Compliance Level, Accidents

PENDAHULUAN

Pertumbuhan berbagai industri telah menyebabkan peningkatan permintaan mineral dan batubara. Namun, permintaan ini terkendala oleh beberapa pertimbangan termasuk masalah lingkungan, keterbatasan teknologi, dan masalah keselamatan yang berkelanjutan dalam operasi penambangan (Xiao et al, 2022). Industri pertambangan terus menghadapi bahaya dan risiko yang signifikan dalam aktivitas operasional sehari-harinya (Komljenovic dkk, 2017). Berbagai penelitian dan data statistik dari seluruh dunia menunjukkan bahwa frekuensi cedera parah dan kematian tetap tinggi, meskipun ada upaya untuk menurunkan angka kejadiannya (Komljenovic dkk, 2017).

Keselamatan pertambangan menjadi salah satu aspek yang telah diatur dalam regulasi Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 1827 K/30/MEM/2018 tentang Pedoman Pelaksanaan Kaidah Teknik Pertambangan yang Baik. Cidera akibat kecelakaan tambang digolongkan menjadi 3 kategori yaitu, cidera ringan, cidera berat, dan mati. Dalam dua tahun terakhir di beberapa perusahaan pertambangan di Indonesia mengalami peningkatan angka kecelakaan tambang yang signifikan baik cidera ringan, cidera berat, maupun cidera berakibat mati secara detail dapat dilihat dalam Gambar 1. dibawah ini





Gambar 1. Data Statistik Kecelakaan Tambang di Indonesia tahun 2015-2023

Sumber: <https://modi.esdm.go.id/kecelakaantambang>

Berdasarkan data di atas, pada tahun 2023 angka cedera berakibat mati masih menunjukan angka yang relatif tinggi sehingga upaya pengelolaan keselamatan pertambangan menjadi perhatian yang dilakukan peningkatan untuk perbaikan keberlanjutan. Peningkatan frekuensi kecelakaan dalam dua tahun terakhir didominasi oleh perilaku tidak aman pekerja yang mana pada tahun 2022 dominasi penyebabnya diakibatkan pemeriksaan kelayakan unit tidak dilakukan dan pada tahun 2023 didominasi penyebabnya oleh bekerja diposisi tidak benar.

Dengan tingginya angka kecelakaan tambang dalam dua tahun terakhir, sehingga diperlukan berbagai macam upaya pengelolaan keselamatan yang lebih baik. Salah satu cara untuk meningkatkan keselamatan operasi pertambangan adalah dengan menggunakan teknologi dan menerapkan sistem digitalisasi. Hal ini sejalan dengan undang-undang yang ditetapkan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral dalam rangka transisi menuju era industri pertambangan 4.0. Tujuannya adalah memanfaatkan digitalisasi untuk mengurangi terjadinya kecelakaan dan dengan cepat mengelola bahaya di lokasi pertambangan.

Kegiatan operasional pengangkutan PT Coal mengalami lonjakan jumlah unit dump truck yang melintasi rute sepanjang 50 km menuju pelabuhan. Jarak yang jauh berdampak negatif terhadap efektivitas dan efisiensi pengawas, karena memerlukan lebih banyak tenaga kerja untuk memantau dan mengatasi perilaku tidak aman di kalangan operator dump truck. Perilaku tersebut antara lain melebihi batas kecepatan, menunjukkan tanda-tanda kelelahan, tidak menjaga jarak aman saat berkendara berdua-dua, merokok, dan menggunakan ponsel saat mengoperasikan kendaraan. Faktor-faktor ini berkontribusi terhadap peningkatan risiko kecelakaan.

Adapun terkait dengan tingkat kepatuhan driver di PT XYZ selama tahun 2022 masih terdapat driver yang melakukan pelanggaran batas kecepatan. Dari hasil sidak kecepatan yang dilakukan selama tahun 2022 secara manual dari total sampel sebanyak 2.261 terdapat 118 driver yang masih melakukan pelanggaran melebihi batas kecepatan. Kemudian, dari hasil sidak kecepatan yang dilakukan selama tahun 2023 secara manual dari total sampel sebanyak 1.050 terdapat 12 driver yang masih melakukan pelanggaran melebihi batas kecepatan. Guna mendukung peningkatan target produksi batubara, dilakukan upaya peningkatan aspek keselamatan dengan menerapkan manajemen keselamatan melalui pemanfaatan teknologi digitalisasi. Hal ini menanggapi ditemukannya ketidakpatuhan pengemudi dalam mengoperasikan truk. Pada awal tahun 2023, PT XYZ telah

menerapkan digitalisasi dalam proses operasionalnya. Analisis kamera digunakan sebagai bagian dari inisiatif transformasi digital dalam transportasi batubara untuk memberikan pemantauan real-time terhadap perilaku mengemudi operator dump truck, keselamatan operator, dan peralatan. Teknologi ini juga memudahkan pengambilan informasi terkait operasional dump truck yang dapat diakses melalui aplikasi Telegram dan dashboard monitoring yang dapat diakses melalui perangkat seluler maupun komputer.

Adanya *camera analytic* dalam cabin di jalan hauling meningkatkan kewaspadaan driver DT batubara dalam berkendara. Pengawas hauling lebih mudah memantau perilaku driver DT karena *camera analytic* akan membaca seluruh perilaku tidak aman driver DT dan selanjutnya pengawas dengan mudah melakukan tindak lanjut sesuai kriteria pelanggaran. Penggunaan analisis kamera real-time memungkinkan penilai keselamatan untuk lebih mudah menganalisis database pelanggaran, yang berisi informasi tentang pola pelanggaran, waktu pelanggaran, unit yang terlibat dalam pelanggaran, dan elemen relevan lainnya. Tujuan utamanya adalah untuk mempercepat pengembangan budaya keselamatan yang kuat dan mudah beradaptasi.

TINJAUAN PUSTAKA

Perilaku Sumber Daya Manusia

Perilaku manusia mencakup seluruh tindakan dan perilaku yang ditunjukkan oleh individu, termasuk aktivitas yang dapat diamati dan tidak dapat diobservasi seperti yang didefinisikan oleh Notoatmodjo (2003). Hipotesis Skinner, yang dikenal sebagai teori "S-O-R" atau Stimulus - Organisme - Respon, menyatakan bahwa organisme didorong oleh suatu stimulus, yang mengarah pada respons berikutnya. Berdasarkan cara individu bereaksi terhadap rangsangan tersebut, perilaku dapat dikategorikan menjadi dua kelompok berbeda (Notoatmodjo, 2003):

- a) Perilaku tertutup (*convert behavior*) Perilaku terselubung mengacu pada respons seseorang yang tersembunyi atau tersembunyi terhadap suatu stimulus. Respon individu terhadap rangsangan ini dibatasi oleh perhatian, persepsi, pengetahuan, kesadaran, dan sikapnya. Proses-proses internal ini tidak dapat dengan mudah dilihat oleh pengamat eksternal.
- b) Perilaku terbuka (*overt behavior*) Reaksi individu terhadap suatu rangsangan berupa perilaku yang nyata atau dapat diamati. Respons terhadap rangsangan terlihat jelas melalui tindakan atau praktik yang dapat diamati dan mudah dipahami oleh orang lain.

Menurut Lowrence Green, perilaku ditentukan atau terbentuk dari tiga faktor yaitu a) Faktor predisposisi (*predis posing factors*) Hal ini antara lain ditunjukkan oleh perolehan pengetahuan, pembentukan sikap, pengembangan keyakinan, dan penanaman nilai-nilai; b) Faktor pendukung (*enabling factors*) Dinyatakan dalam lingkungan nyata, terlepas dari adanya fasilitas; dan c) Faktor pendorong (*reinforcement factors*) Hal ini terlihat pada sikap dan tindakan individu, serta kebijakan dan aspek terkait lainnya. Berdasarkan definisi yang diberikan, dapat disimpulkan bahwa pengetahuan merupakan hasil persepsi individu terhadap suatu hal tertentu, dan memegang peranan penting dalam mempengaruhi perilaku seseorang.

Keselamatan Pertambangan

Keputusan Menteri ESDM Nomor 1827.K/30/MEM/2018 Lampiran III dan Keputusan Direktur Jenderal Mineral dan Batubara Nomor 185.K/30/DJB/2019 menguraikan Petunjuk Teknis Pelaksanaannya. Keselamatan Pertambangan dan Penerapan, Pengkajian, dan Pelaporan SMK Minerba. Berdasarkan keputusan tersebut,



Keselamatan Tambang mencakup dua aspek utama yaitu menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja pertambangan dan menjaga keselamatan operasional.

Keselamatan Operasi

Keselamatan Operasi Penambangan (KO Penambangan) mencakup seluruh upaya yang bertujuan untuk memastikan dan menjaga berfungsinya operasi penambangan secara aman, efektif, dan bermanfaat. Upaya tersebut mencakup berbagai kegiatan, antara lain sistem pemeliharaan dan pelaksanaan sarana, prasarana, instalasi, dan peralatan pertambangan, langkah-langkah keamanan untuk instalasi, personil teknis yang kompeten yang berspesialisasi dalam keselamatan operasional, penilaian kelayakan sarana, prasarana, instalasi, dan peralatan, pemeriksaan laporan hasil kajian teknis pertambangan, protokol keselamatan penanganan bahan peledak dan pelaksanaan operasi peledakan, tindakan keselamatan untuk fasilitas pertambangan, pedoman keselamatan kegiatan eksplorasi, prosedur keselamatan operasi penambangan permukaan, protokol keselamatan pada kegiatan penambangan bawah tanah, tindakan pencegahan keselamatan untuk mengoperasikan kapal keruk dan kapal penghisap, dan langkah-langkah keselamatan untuk operasi pengolahan dan/atau pemurnian

Teori Kecelakaan dan Efek Domino

Kecelakaan adalah kejadian yang terjadi tanpa diduga, diharapkan, atau disengaja (Hinze, 1977). Umumnya, kejadian ini asli dan berbahaya. Kecelakaan menurut Rowlinson adalah suatu kejadian yang tidak terduga dan tidak terkendali yang mempunyai kapasitas mengakibatkan kerugian pada pekerja, kerusakan peralatan, dan jenis kerugian lainnya. Kecelakaan adalah kejadian yang tidak terduga dan terjadi secara tiba-tiba yang dapat terjadi kapan saja dan di mana saja. Ini adalah rangkaian kejadian yang dipicu oleh berbagai variabel, yang mengakibatkan kerugian fisik (seperti kecelakaan atau penyakit) pada individu, kerugian terhadap sumber daya perusahaan, dan gangguan terhadap aktivitas bisnis. Kecelakaan yang terjadi pada seorang karyawan sejak meninggalkan apartemennya untuk berangkat kerja, pada jam kerja dan istirahat, atau pada saat pulang kerja (Nugraha, 2007). Berdasarkan Teori Efek Domino H.W Heinrich, kecelakaan kerja terjadi karena adanya rangkaian peristiwa yang saling berhubungan sehingga menimbulkan kecelakaan dan kerugian lainnya. Kecelakaan kerja dapat disebabkan oleh berbagai faktor, baik penyebab langsung, tidak langsung, maupun yang mendasarinya. (Ridley, 2008). Hipotesis Domino Heinrich menyatakan bahwa kecelakaan terdiri dari lima komponen yang saling terkait secara khusus kondisi kerja, kelalaian manusia, tindakan tidak aman, kecelakaan, dan cedera.

Kelima elemen ini disusun dalam konfigurasi menyerupai setumpuk kartu domino. Jika satu kartu tumbang, maka akan menyebabkan reaksi berantai, yang menyebabkan jatuhnya kelima kartu secara bersamaan. Jika terjadi keruntuhan pada salah satu bangunan, maka akan timbul efek kaskade yang mengakibatkan runtuhnya bangunan lain di dekatnya. Kondisi kerja merupakan salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan kerja. Permasalahan ini mencakup penugasan yang tidak sesuai dengan angkatan kerja, penugasan yang tidak sesuai dengan keadaan saat ini, pekerjaan berisiko tinggi yang tidak memiliki mekanisme kontrol yang memadai, beban kerja yang berlebihan, dan kesulitan-kesulitan lainnya. Unsur pribadi meliputi pola pikir atau karakter tenaga kerja yang tidak sesuai dengan pekerjaan, konflik, stres, dan kompetensi yang kurang.

Faktor utama yang berkontribusi terhadap kecelakaan kerja adalah kondisi berbahaya dan perilaku berisiko tinggi. Kondisi berbahaya tersebut timbul karena tidak adanya garis pengaman atau pembatas keselamatan di sekitar bangunan, tidak adanya label atau tanda pada bagian-bagian mesin yang berputar, adanya

kabel-kabel yang terendam, kerusakan pada alat kerja, mesin dan kendaraan, serta tidak adanya label pada paket yang mengandung bahan berbahaya. Tindakan tidak aman meliputi penyimpangan terhadap prosedur operasi standar (SOP), pengabaian penggunaan alat pelindung diri (APD), kegagalan mengikuti instruksi kerja, ketidakpatuhan terhadap pemberitahuan yang dipasang di area proyek, dan kelalaian memberitahukan 19 kerusakan peralatan dan mesin. Menurut teori efek domino H.W Heinrich, kelalaian manusia bertanggung jawab atas sebagian besar kecelakaan kerja, khususnya 88%. Sedangkan 10% sisanya disebabkan oleh kekurangan properti, aset, atau barang, sedangkan 2% sisanya disebabkan oleh penyebab lain.

Teknologi Digital dan Industri 4.0

Digitalisasi adalah konversi sinyal analog menjadi format digital. Digitalisasi terkait erat dengan revolusi industri keempat, yang dikenal sebagai Industri 4.0, yang mencakup integrasi teknologi digital dan internet ke dalam desain konvensional dan proses manufaktur. Revolusi Industri 4.0 mencakup pemanfaatan Coding/Computational Thinking, Big Data Analysis, Artificial Intelligence (AI), dan Sustainability. Penerapan revolusi industri di bidang pertambangan ini disebut dengan Mining Revolution 4.0 (atau Mining 4.0). Indonesia saat ini sedang memasuki era Revolusi Industri Keempat atau dikenal dengan Revolusi Industri 4.0. Revolusi Industri keempat ditandai dengan integrasi teknologi siber dengan otomasi yang disebut juga dengan Sistem Siber-Fisik. Teknologi yang termasuk dalam daftar ini adalah Internet of Things, Artificial Intelligence, Cloud Computing, Big Data, dan Additive Manufacturing.

Untuk mencapai Revolusi Industri 4.0, pemerintah Indonesia berkonsentrasi pada lima sektor manufaktur utama: makanan dan minuman, tekstil dan pakaian, otomotif, bahan kimia, dan elektronik. Implementasi Revolusi Industri 4.0 pada lima sektor industri utama tidak lepas dari sektor energi yang mempunyai peran krusial dalam menggerakkan perekonomian. Hal ini berdampak pada peningkatan kebutuhan sumber energi dalam negeri (Fitri & Zahar, 2019). Berdasarkan Dewan Energi Nasional Republik Indonesia, batu bara masih menjadi pilihan utama untuk memenuhi kebutuhan energi negara, dengan target sebesar 35,5% pada tahun 2021. Batubara diperkirakan akan tetap mempunyai peran yang signifikan dalam bauran energi nasional, yaitu sekitar 30% pada tahun 2025 dan 25% pada tahun 2050. Pemerintah Indonesia telah melaksanakan berbagai program untuk mengatasi meningkatnya permintaan energi dan menjamin kecukupan dan keamanan energi nasional. Kebijakan yang dimaksud adalah Kebijakan Energi Nasional (KEN) sebagaimana tertuang dalam Peraturan Pemerintah Nomor 79 Tahun 2014, dan Rencana Umum Energi Nasional (RUEN) sebagaimana disyaratkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2017.

Fitri & Zahar (2019) menyoroti bahwa Kekhawatiran dan kesulitan utama dalam prioritas energi inti Indonesia, sebagaimana tercantum dalam RUEN, adalah terbatasnya penelitian, pengembangan, dan penguasaan ilmu pengetahuan dan teknologi. Meskipun industri pertambangan mungkin bukan fokus utama dalam Revolusi Industri 4.0 di Indonesia, terdapat keinginan yang semakin besar untuk melakukan digitalisasi pertambangan. Salah satu penyebabnya adalah tren biaya operasional pertambangan yang semakin mahal dan fluktuasi harga komoditas yang tidak dapat diprediksi.

Digitalisasi menawarkan berbagai keuntungan, seperti peningkatan kendali atas K3L dan operasional (Pitoyo dkk, 2019), sistem peringatan dini yang lebih efisien untuk memantau lereng tambang (Wardani & Munthaha, 2021), pengurangan biaya operasional penambangan, dan peningkatan efisiensi peralatan. Bukti empiris menunjukkan bahwa sebagian besar tambang batubara di Indonesia masih menggunakan teknik

penambangan terbuka, dimana produktivitas operasi ini sangat bergantung pada efisiensi dan praktik pemeliharaan peralatan pertambangan. Saat ini, pendekatan umum dalam memelihara peralatan pertambangan adalah pemeliharaan preventif. Strategi ini melibatkan melakukan inspeksi rutin dan penggantian beberapa komponen pada mesin yang belum rusak (Kruczek et al., 2019).

METODE PENELITIAN

Pendekatan kualitatif deskriptif digunakan untuk menggali dan mendeskripsikan fenomena secara mendalam berdasarkan pengalaman dan persepsi para informan. Desain penelitian mengacu pada rencana atau kerangka khusus yang digunakan untuk memandu kegiatan penelitian. Desain penelitian berupaya menawarkan kepada peneliti petunjuk yang eksplisit dan terorganisir untuk melaksanakan penelitian mereka. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan informasi yang komprehensif dan rinci tentang entitas yang diteliti dengan cara mengumpulkan data (Abdussamad, 2021). Dalam hal ini, studi kasus yang dilaksanakan yaitu pada fenomena yang terdapat pada penerapan digitalisasi camera analytic guna meningkatkan tingkat kepatuhan driver dan menurunkan tingkat kecelakaan *dump truck* di jalan hauling batubara PT XYZ.

Penelitian akan dilakukan di Area Jalur Pengangkutan Pertambangan Batubara di PT. XYZ. Informan kunci merupakan sumber data didalam penelitian kualitatif. Untuk mengidentifikasi data penting, metode purposive sampling ini digunakan. Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi wawancara, observasi, dan dokumentasi, dan kuesioner yang dilakukan terhadap informan kunci yang terlibat dalam penerapan digitalisasi camera analytic guna meningkatkan tingkat kepatuhan driver dan menurunkan tingkat kecelakaan *dump truck* di jalan hauling batubara PT XYZ. Teknik analisis data meliputi pengumpulan dan pengorganisasian data secara sistematis yang diperoleh dari wawancara, observasi, dan dokumentasi. Proses analisis data kualitatif dilakukan secara interaktif dan berlangsung hingga selesai. Peneliti menggunakan teknik analisis data Miles & Huberman yang meliputi reduksi data, penyajian data, pembangkitan temuan, dan verifikasi (Sugiyono, 2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Digitalisasi Camera Analytic di PT XYZ

Penerapan digitalisasi camera analytic di PT XYZ diawali dengan tahapan pra-implementasi yaitu proof of concept (POC) yang bertujuan untuk menentukan desain dari camera analytic sudah sesuai dengan kebutuhan pengguna dan layak untuk dapat dilakukan implementasi secara masif. Pengujian dilakukan mencoba beberapa parameter aspek keselamatan yaitu mendeteksi kecepatan berkendara, jarak aman, kelelahan, gagal fokus, mengoperasikan handphone, dan merokok. Penerapan digitalisasi camera analytic di PT XYZ untuk area operasional pengangkutan batubara atau hauling dipengaruhi oleh berbagai faktor pendukung dan faktor penghambat yang mana secara kontinu dilakukan upaya perbaikan dengan adanya upaya pengembangan lebih lanjut melalui camera analytic 2.0 yang diharapkan dapat meningkatkan kehandalan dari camera analytic 1.0 yang sudah berjalan. Secara perangkat terdapat perbedaan yang cukup banyak yaitu standar material yang digunakan yaitu industrial grade. Kemudian, dari sisi pengembangan fitur akan ada tambahan yaitu live stream, komunikasi dua arah, pendeteksian seat belt, identifikasi status keberfungsian perangkat, analisis kesiapan bekerja driver.

Tingkat Kepatuhan Driver DT di Mitra Hauling PT XYZ

Tingkat kepatuhan driver dalam penelitian ini dinilai dengan angka pelanggaran yang mana semakin rendah angka pelanggaran menunjukkan peningkatan kepatuhan. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, sebanyak 64,6% responden menilai bahwa adanya camera analytic mempengaruhi perilaku berkendara saat mengemudi yang semakin patuh dan berorientasi kepada keselamatan. Berdasarkan data pelanggaran overspeed yang tercatat pada sistem camera analytic dalam 17 bulan terakhir menunjukkan adanya perubahan perilaku driver yang mana angka pelanggaran overspeed mengalami penurunan dalam 5 bulan terakhir selama tahun 2024 jika dibandingkan dengan tahun 2023. Berdasarkan keterangan hasil interview bersama HW, UE, dan IWD bahwa pada awal tahun hingga pertengahan tahun 2023 mitra hauling PT XYZ dalam tahap transisi menuju implementasi digitalisasi yang masih sehingga perubahan struktur organisasi, pengelolaan manpower, dan penyediaan infrastruktur baru dilakukan dalam 6 bulan pertama. Kemudian, di 6 bulan berikutnya upaya monitoring dan tindak lanjut dari setiap temuan pelanggaran berjalan secara konsisten sehingga driver terpantau 90 secara penuh oleh pengawasan digital yang menyebabkan angka pelanggaran overspeed menurun hingga periode Mei 2024.

Tingkat Kecelakaan Driver DT di Mitra Hauling PT XYZ

Dengan adanya implementasi camera analytic diharapkan memberikan dampak dengan adanya penurunan angka kecelakaan yang dilihat dari nilai TIFR yang mana dalam 3 tahun terakhir adanya penurunan angka TIFR di area hauling, sehingga penerapan camera analytic dapat menjadi salah satu faktor pendukung peningkatan performa keselamatan di area hauling PT XYZ. Dengan adopsi teknologi digital camera analytic ini, potensi untuk menurunkan angka kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan hauling. Apabila dilihat dari dampaknya secara statistik performa keselamatan dari waktu ke waktu yang dinilai melalui salah satu parameter yaitu Total Incident Frequency Rate (TIFR) bahwa angka ambang batas performa keselamatan di salah satu mitra hauling PT XYZ ditetapkan sebesar 8,39. Pada saat awal periode dijalankannya sistem camera analytic performa keselamatan mengalami penurunan yang mana angka TIFR berada lebih dari 8,39 dan tertinggi di bulan Maret 2024 sebesar 13,29, secara perlahan nilai TIFR mulai mengalami penurunan seiring dengan bertambah baiknya sistem camera analytic untuk meninjau tingkat kepatuhan driver yang dapat mengurangi angka kecelakaan di jalan hauling. Dapat dilihat bahwa dengan adanya penerapan camera analytic TIFR mengalami penurunan secara berkelanjutan yang mana per bulan Agustus 2023 nilai TIFR nya sudah berada di ambang batas yang telah ditetapkan yaitu 8,02 dan bahkan di Mei 2024 sudah di angka 6,16.

Efektivitas Penerapan Digitalisasi Camera Analytic PT XYZ

Tingkat efektivitas penerapan digitalisasi menunjukkan pengaruh yang baik dalam peningkatan kepatuhan driver dan menurunkan kecelakaan. Berdasarkan hasil interview dan observasi di lapangan, beberapa hal yang mempengaruhi efektivitas penerapan digitalisasi camera analytic sebagai berikut.

1. Kualitas perangkat kamera termasuk resolusi, sensitivitas cahaya rendah, dan kemampuan untuk menangkap gambar dengan jelas, dapat mempengaruhi kemampuan sistem dalam mendeteksi dan mengidentifikasi objek atau kejadian. Beberapa ketidakberfungsian dari alarm yang ada disebabkan oleh kualitas perangkat yang belum memadai baik dari kondisi hardware maupun software.
2. Perancangan dan penempatan kamera yang tepat dan perancangan infrastruktur jaringan dapat mempengaruhi cakupan pengawasan dan kemampuan sistem untuk mendeteksi dengan akurat. Beberapa perilaku dari driver masih ada yang melakukan blockade dengan cara memutar arah kamera bahkan hingga menutupi dengan benda lain.

3. Kemampuan server untuk menganalisis data secara real-time dan menghasilkan informasi yang berguna atau peringatan dini dapat berdampak langsung pada efektivitasnya dalam mendukung keputusan pengawasan digitalisasi. Predictive analysis dalam mengidentifikasi potensi kecelakaan masih belum bisa dilakukan, kondisi eksisting hanya bisa memberikan peringatan notifikasi sebagai pengingat driver selama mengoperasikan unit.
4. Penggunaan jenis teknologi mempengaruhi dalam mengenali suatu objek dengan cepat dan akurat untuk mengidentifikasi berbagai kondisi bahaya yang dialami oleh driver saat mengoperasikan unit di jalan hauling. Teknologi yang sifatnya tidak bisa dikembangkan sesuai kebutuhan akan mempengaruhi tingkat efektivitas penggunaan karena kebutuhan terhadap keadaan yang ada akan dinamis dan cenderung berubah-ubah.
5. Ketersediaan sumber daya yang mencakup dana, personel, dan infrastruktur jaringan, dapat mempengaruhi kemampuan organisasi atau pihak yang bertanggung jawab dalam menerapkan dan mengoperasikan sistem camera analytic.
6. Tingkat kesadaran dan dukungan dari berbagai stakeholder terhadap penggunaan camera analytic dalam upaya pengawasan juga dapat memengaruhi efektivitasnya karena dari masing-masing pihak memiliki fungsi kontrol terhadap keberfungsian dan efektivitas dari implementasi digitalisasi camera analytic.

Dengan memperhatikan faktor-faktor ini dan merencanakan implementasi digitalisasi camera analytic dengan cermat, organisasi atau pihak yang terlibat dapat meningkatkan peluang keberhasilan dalam mencapai tujuan pengawasan atau penegakan hukum mereka.

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yaitu penerapan Digitalisasi Camera Analytic Batubara PT XYZ di Jalan Hauling menunjukan perbaikan yang positif dari waktu ke waktu dari implemetansi camera analytic 1.0 hingga akhirnya camera analytic 2.0 dengan adanya penambahan fitur yang lebih canggih; Tingkat kepatuhan driver DT Batubara ditunjukan dengan adanya penurunan angka pelanggaran yang terdeteksi di camera analytic setiap bulannya yang mana setelah dilakukan intervensi secara efektif penurunan angka pelanggaran menunjukan penurunan sebesar 70% dalam 1 bulan pertama; Tingkat kecelakaan menunjukan pengaruh positif setelah adanya implementasi camera analytic ditunjukan dengan adanya penurunan TIFR sebesar 33% menjadi di bawah ambang batas yang telah ditetapkan; Tingkat efektivitas penerapan camera analytic memiliki tingkat efektivitas yang baik dari sisi kemudahan penggunaan, keberfungsian perangkat, manfaat dan dampak, kebutuhan manpower, dan pengembangan fitur sesuai dengan kebutuhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariola Mariano, M. (2006). Principles and Methods of Research. Sampaloc: Rex Bookstore Inc. B. Christensen, Larry, dkk. (2007). Research Methods, Design, and Analysis, Boston: Pearson Education.
- Dewi (2018): Modul uji validitas dan reliabilitas, Universitas Dipenogoro.
- Garson, David. (2003). Dimensionality Analysis as a Computerized Tool for Strategic Planning in Policing and Security, (ONLINE), www.faculty.chass.ncsu.edu/garson/PA765/path.html
- Hamit, A., Tilton, J., 2000. Mineral endowment, labour productivity, and comparative advantage in mining. Resource and Energy Economics Vol. 22 (4), 281–293.

- He, Z., Zhang, Y., Xie, K., & Wang, J. (2018). Intelligent Video Monitoring System for Mining Area Based on Deep Learning. In 2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA) (pp. 683-688). IEEE.
- Hidayat, A., Hamzah, M., & Siregar, M. P. (2020). Monitoring System Design of Mining Truck Movement with RFID and CCTV Integration. *Journal of Physics: Conference Series*, 1440(1), 012036.
- Jain, R., Koshal, G., & Pandey, R. (2020). Advanced Technologies for Coal Mining Safety and Productivity Enhancement. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 8(11), 4897-4901.
- Komljenovic, D., Loisel, G., & Kumral, M. (2017). Organization: A new focus on mine safety improvement in a complex operational and business environment. *International Journal of Mining Science and Technology*, 27(4), 617-625.
- Loow dan Nygren.(2019). Initiatives for increased safety in the Swedish mining industry: Studying 30 years of improved accident rates. *Safety Science*, 117, 437-446. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.04.043>.
- Namin, A., & Xu, Q. (2021). Application of IoT in Coal Mine Safety Monitoring System Based on Wireless Sensor Network. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(11), 9193-9202.
- Patra, M. R., & Sahu, H. B. (2022). Smart Helmet for Coal Miners Safety Using IoT. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 10(7), 313-319.
- Saleh, J.H., Cummings, A.M., 2011. Safety in the mining industry and the unfinished legacy of mining accidents: safety levers and defences-in-depth for addressing mining hazards. *Safety Science* Vol. 49 (6), 764-777.
- Sari, N. P., Rizaldi, M., & Suparta, G. (2020). The Implementation of CCTV Based on Monitoring System for Secure Transport and Safety Mining Industry. In 2020 International Seminar on Application for Technology of Information and Communication (iSemantic) (pp. 1-5). IEEE.
- Sugiyono. 2007. *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R & D*. Bandung: Elfabet
- Tiwari, R., & Yadav, S. (2023). Development of Real-Time Coal Mine Safety Monitoring and Alert System Using Wireless Sensor Network. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 11(1), 108-113.
- Upstill, G., Peter, H., 2006. Innovation in the minerals industry: Australia in a global context. *Resources Policy* Vol. 31 (3), 137-145.
- Utomo, S., Setyawan, A. E., & Yulianto, F. (2020). Vehicle Tracking and Monitoring System for Mining Safety Based on RFID and CCTV. *Journal of Physics: Conference Series*, 1479(1), 012081.
- Wu, Q., Shao, G., Wu, B., Li, M., & Li, G. (2021). An Intelligent Safety Monitoring System for Coal Mine Workers Based on Wearable Wireless Sensors. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(10), 6792-6800