



Mapping of Latest Methods and Trends in K3 Emergency Response on Toll Roads: Literature Review

Khairunnisa EFFENDI*, Mega Rahmadani SIREGAR

Public Health Science, Universitas Islam Negeri Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Corresponding author: khairunnisaeffendi76@gmail.com

Abstract

As the industrial era develops around the world, the government is rapidly developing infrastructure including toll roads. The construction industry, which provides construction services, plays an important role in this development. Toll roads are dangerous workplaces and the risk of occupational injuries is high. Workplace accidents can result in property loss, death, and delays in the production process. The management of occupational safety and health (OHS) on toll roads is a major concern to prevent industrial accidents and increase productivity. The management of occupational safety and health (OHS) on toll roads is a major concern to prevent industrial accidents and increase productivity. However, in the face of OHS emergencies on toll roads. However, in dealing with OHS emergencies on toll roads, there is a gap between expectations and the actual situation. This research maps the latest methods and trends in Occupational Safety and Health (OHS) emergency response on toll roads through a literature review. The results show that the application of real-time monitoring technology and predictive analytics significantly improves the effectiveness of OHS emergency response. These technologies enable early detection and rapid response to incidents and help identify potential hazards and assess risks more accurately, allowing for more targeted preventive measures.

Keywords: OHS Emergency Response, Toll Road, Risk Management, IoT Technology, Deep learning

Pemetaan Metode dan Tren Terbaru Dalam Tanggap Darurat K3 di Jalan Tol: Literature Riview

Abstrak

Seiring dengan berkembangnya era industri di seluruh dunia, pemerintah dengan cepat mengembangkan infrastruktur termasuk jalan tol. Industri konstruksi yang menyediakan jasa konstruksi memegang peranan penting dalam perkembangan saat ini. Jalan tol merupakan tempat kerja yang berbahaya dan risiko cedera akibat kerja tinggi. Kecelakaan kerja dapat mengakibatkan kerugian harta benda, kematian, dan keterlambatan proses produksi. Pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di jalan tol menjadi perhatian utama untuk mencegah kecelakaan industri dan meningkatkan produktivitas. Pengelolaan keselamatan dan

kesehatan kerja (K3) di jalan tol menjadi perhatian utama untuk mencegah kecelakaan industri dan meningkatkan produktivitas. Namun, dalam menghadapi keadaan darurat K3 di jalan tol. Namun, dalam menghadapi keadaan darurat K3 di jalan tol, terdapat kesenjangan antara harapan dan keadaan sebenarnya. Penelitian ini memetakan metode dan tren terbaru dalam tanggap darurat Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di jalan tol melalui kajian literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif secara signifikan meningkatkan efektivitas tanggap darurat K3. Teknologi ini memungkinkan deteksi dini dan respons cepat terhadap insiden serta membantu mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai risiko secara lebih akurat, sehingga langkah-langkah preventif dapat dilakukan dengan lebih tepat sasaran.

Kata Kunci: Tanggap Darurat K3, Jalan Tol, Manajemen Risiko, Teknologi IoT, Deep Learning.

Ucapan terimakasih: terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

Untuk kutipan:

Effendi, K., & Siregar, M. R. (2024). Mapping of Latest Methods and Trends in K3 Emergency Response on Toll Roads: Literature Review. *Randika Journal of Health Science*. 2(1), 196-208.

Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya era industri di seluruh dunia, pemerintah dengan cepat mengembangkan infrastruktur termasuk jalan tol. Industri konstruksi yang menyediakan jasa konstruksi memegang peranan penting dalam perkembangan saat ini. Jalan tol merupakan tempat kerja yang berbahaya dan risiko cedera akibat kerja tinggi. Kecelakaan kerja dapat mengakibatkan kerugian harta benda, kematian, dan keterlambatan proses produksi. Pengelolaan keselamatan dan kesehatan kerja (K3) di jalan tol menjadi perhatian utama untuk mencegah kecelakaan industri dan meningkatkan produktivitas. Namun, dalam menghadapi keadaan darurat K3 di jalan tol, terdapat kesenjangan antara harapan dan keadaan sebenarnya. Dari tinjauan literatur, dapat diidentifikasi kesenjangan teoritis dalam kesadaran karyawan dan kurangnya pelatihan mengenai pentingnya K3. Banyak perusahaan yang belum memahami sepenuhnya konsep sistem manajemen K3 dan penerapan K3 yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku. Selain itu, belum adanya upaya yang tegas dalam menangani K3 dan rendahnya kesadaran pekerja mengenai penggunaan alat pelindung.

Manajemen kesehatan dan keselamatan kerja (K3) merupakan suatu pendekatan sistematis yang dilakukan di tempat kerja. Contohnya adalah pembagian tanggung jawab atas perilaku terkait K3 di tempat kerja, penetapan standar kerja dan kerangka kerja untuk mencapainya, penekanan pada perjanjian K3, dan dukungan terhadap penegakan kode etik. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) adalah sistem yang menghubungkan dan mengatur serangkaian proses untuk mencapai tujuan tertentu, menciptakan praktik manajemen K3 yang teridentifikasi dan dapat diterapkan. Pengelolaan K3 ini merupakan bagian dari sistem manajemen K3 dan diintegrasikan ke dalam pengelolaan perusahaan secara keseluruhan guna mencapai hasil optimal secara keseluruhan dalam proses input dan output terkait aspek K3.

Penyebab utama kecelakaan industri biasanya disebabkan oleh tiga faktor: manusia (pekerja dan semua orang yang terlibat dalam aktivitas kerja), alat/bahan (hal-hal yang berkaitan dengan pelaksanaan pekerjaan), dan lingkungan (wilayah kerja). Dari sudut pandang fasilitas dan pengemudi, praktik manajemen risiko tidak selalu efektif. Sitohang, H dan K. Magdalena. (2020) menyatakan bahwa semua proyek konstruksi harus melibatkan tenaga kerja. Hal ini menyatakan bahwa diperlukan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan. Dalam beberapa penelitian sebelumnya, ditemukan bahwa kurangnya infrastruktur jalan alternatif yang siap siaga menjadi hambatan dalam penanganan tanggap darurat bencana. Contohnya, terputusnya jalan utama di Aceh karena longsor dan hujan yang

tinggi mengakibatkan penumpukan kendaraan dan kesulitan dalam mengurai situasi darurat. Dalam fenomena di lapangan, kesenjangan praktis terlihat dalam kurangnya kesiapsiagaan bencana di beberapa jalur tol. Misalnya, terdapat beberapa jalur penyelamat di Jalan Tol yang tidak dalam kondisi mantap seratus persen, dengan beberapa titik terdapat jalan berlubang dan bergelombang.

Ancaman dan tantangan yang ditemui dalam penanganan keadaan darurat K3 di jalur tol seperti, kurangnya kesadaran dan pelatihan pekerja tentang K3, kurangnya infrastruktur jalan alternatif yang siap siaga, lalu kurangnya kesiapsiagaan bencana di beberapa jalur tol, dan kurangnya rasa peduli pekerja dalam menggunakan APD dengan baik dan benar. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan metode dan tren terbaru dalam tanggap darurat K3 di jalur tol. Kesenjangan yang ditemui dalam penanganan keadaan darurat K3 di jalur tol memerlukan penelitian yang lebih lanjut untuk meningkatkan kesadaran dan komitmen pekerja terhadap K3. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada analisis masalah dan gejala yang terkait dengan penanganan keadaan darurat K3 di jalan tol. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem manajemen K3 yang lebih efektif dan sesuai standar yang berlaku. Kajian ini akan membantu mengembangkan sistem manajemen K3 yang lebih konsisten dengan standar yang berlaku dan lebih efektif dalam mengurangi risiko kecelakaan kerja, serta memperkuat kesadaran dan komitmen pekerja terhadap K3, sehingga mampu menghadapi situasi dengan lebih proaktif.

Landasan Teori

Teori manajemen risiko adalah kerangka kerja yang sistematis untuk mengidentifikasi, menilai, dan mengelola risiko yang dihadapi oleh organisasi. Dalam konteks K3 (Keselamatan dan Kesehatan Kerja) di jalan tol, teori ini sangat relevan karena membantu organisasi mengantisipasi dan mengurangi potensi bahaya yang dapat menyebabkan kecelakaan atau insiden berbahaya lainnya.

Manajemen risiko melibatkan beberapa langkah penting, yaitu :

- a. Identifikasi risiko yaitu mengidentifikasi semua potensi bahaya yang dapat mempengaruhi keselamatan di jalan tol, seperti kondisi jalan yang buruk, cuaca ekstrem, perilaku pengemudi yang tidak aman, dan kegagalan teknis.
- b. Penilaian risiko yaitu menilai risiko yang diidentifikasi berdasarkan dua faktor utama: probabilitas terjadinya dan dampaknya. Penilaian ini membantu menentukan prioritas risiko yang perlu ditangani.
- c. Pengelolaan risiko yaitu mengembangkan dan mengimplementasikan strategi untuk mengurangi risiko yang telah diidentifikasi dan dinilai. Ini dapat mencakup tindakan preventif seperti perbaikan infrastruktur, pelatihan keselamatan, penggunaan teknologi canggih untuk pemantauan, dan respons cepat terhadap insiden.
- d. Pemantauan dan evaluasi yaitu secara terus-menerus memantau dan mengevaluasi efektivitas strategi manajemen risiko yang telah diterapkan. Penyesuaian dilakukan sesuai kebutuhan untuk memastikan bahwa semua risiko tetap terkendali.

Dengan menerapkan teori manajemen risiko, organisasi dapat lebih proaktif dalam menangani potensi bahaya dan meningkatkan keselamatan di jalan tol. Teknologi terbaru seperti sistem pemantauan real-time dan analitik prediktif memainkan peran penting dalam proses ini, memungkinkan deteksi dini dan respons cepat terhadap insiden. Penggunaan teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif dalam manajemen risiko meningkatkan efektivitas tanggap darurat K3 di jalan tol, yang pada akhirnya mengurangi frekuensi dan dampak kecelakaan. Prinsip kebaruan dalam penelitian ini ditunjukkan melalui integrasi teknologi terbaru dalam manajemen risiko K3. Penggunaan teknologi seperti *Internet of Things (IoT)* dan analitik big data menawarkan pendekatan baru yang lebih efektif dan efisien dalam mengidentifikasi, menilai, dan mengelola risiko. Prinsip

relevansi terpenuhi karena fokus penelitian ini adalah pada masalah K3 yang spesifik dan kritis di jalan tol, yang berdampak langsung pada keselamatan publik dan efisiensi operasional.

Dengan mengadopsi teori manajemen risiko sebagai landasan teoritis, penelitian ini berupaya untuk memberikan kerangka kerja yang sistematis dan efektif dalam menangani masalah K3 di jalan tol. Hipotesis yang diajukan menekankan pentingnya teknologi terbaru dalam meningkatkan efektivitas tanggap darurat dan mengurangi risiko kecelakaan, sehingga diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan keselamatan dan kesehatan kerja di jalan tol.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode kajian literatur untuk memetakan metode dan tren terbaru dalam tanggap darurat Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di jalan tol. Literatur review merupakan ikhtisar komprehensif tentang penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya terkait topik spesifik untuk menunjukkan kepada pembaca apa yang sudah diketahui dan apa yang belum diketahui. Subjek penelitian ini mencakup berbagai teknologi, prosedur, dan praktik terbaik yang telah diadopsi dalam tanggap darurat K3 di jalan tol, sementara objek penelitian adalah literatur ilmiah yang relevan, termasuk jurnal akademik, buku, laporan penelitian, dan publikasi lainnya yang membahas topik ini.

Fokus utama penelitian adalah pada literatur yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir untuk memastikan kebaruan dan relevansi. Sampel literatur yang dipilih untuk ditinjau diambil dari database akademik utama seperti Google Scholar, PubMed, IEEE Xplore, dan ScienceDirect. Teknik purposive sampling (sampel bertujuan) digunakan untuk memilih literatur yang paling relevan dan berkualitas tinggi, dengan kriteria inklusi meliputi relevansi dengan topik, kebaruan (diterbitkan dalam lima tahun terakhir), dan kualitas (ditinjau oleh rekan sejawat). Proses penelitian dimulai dengan identifikasi dan pengumpulan literatur menggunakan kata kunci spesifik seperti "*emergency response K3 toll roads*," "*real-time monitoring technology safety*," dan "*predictive analytics in road safety*" untuk mencari literatur yang relevan di database akademik utama.

Hasil

Analisis kritis terhadap 10 artikel penelitian yang menjadi sampel dalam tinjauan literatur ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *literatur review*

Penulis	Judul Artikel	Metode	Hasil
(Sitohang, H dan K. Magdalena. 2020)	Penerapan sistem keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan (k3l) pada proyek konstruksi (studi kasus pembangunan jalan tol cibitung-cilincing)	Teknik pengumpulan data survey, wawancara	Berdasarkan literatur didapatkan hasil bahwa selama analisa selama tiga bulan di tahun 2019 keberhasilan terlaksananya kesehatan kerja dan lingkungan yang maksimal di wilayah proyek konstruksi dipengaruhi oleh kedisiplinan dan kekompakan organisasi dalam bersinergi dari seluruh komponen untuk mencapai keberhasilan terlaksananya sistem K3. Sebagian besar hasil akhir yang didapat mencapai 100% untuk tercapainya <i>zero accident</i> yang

			menandai keberhasilan penerapan program K3.
(Safarah, N., J. Setiono, dan M. Khamim. 2023)	Evaluasi penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja proyek pembangunan jalan tol serang-penimbang seksi 2	Metode Kuantitatif (uji asumsi klasik; korelasi berganda; regresi	Berdasarkan literatur didapatkan hasil bahwa dalam menerapkan SMK3 pada proyek Jalan Tol Serang-Panimbang Seksi II tergolong memuaskan dengan hasil analisa regresi sebesar 79,4%, nilai koefisien determinasi sebesar 60,4%, hingga hasil analisa scoring sebesar 91,10%. Didapatkan juga hasil bahwa beberapa pekerja kasar tidak menggunakan APD dengan disiplin sementara proyek tersebut menyediakan APD dengan kategori cukup lengkap yang dapat dipengaruhi oleh kurangnya informasi dan pengetahuan mengenai pentingnya penerapan keselamatan dan kesehatan kerja.
(Fitriyah, S. S., R. A.Ratriwardhani., M. Sunaryo, dan F. Ayu. 2023)	Perbandingan metode manajemen risiko pekerjaan erection steel box grider di pt. waskita karya jalan tol japek II	Metode Kualitatif	Hasil penelitian ini penerapan metode IBPRP berdampak positif terhadap efektivitas dan efisiensi sistem manajemen keselamatan. IBPRP mengidentifikasi bahaya melalui empat kriteria: pekerja, peralatan, material, dan lingkungan. Sebaliknya, metode HIRADC yang diterapkan PT. Waskita Karya di Jalan Tol Jakarta-Cikampek II memiliki kategori medium dalam pengendalian risiko, sehingga metode IBPRP lebih efektif dalam mitigasi risiko dibandingkan HIRADC.
(Sun, D., Y. Ai., Y. Sun, dan L. Zhao. 2020)	A highway crash risk assessment method based on traffic safety state division	Clustering fusi multi-parameter	Berdasarkan literatur didapatkan hasil bahwa departemen manajemen keselamatan jalan tol harus menguatkan dan fokus terhadap langkah-langkah pengendalian kondisi risiko kecelakaan tinggi. Metode penilaian yang dilakukan

			pada penelitian ini antara lain sampel kasus-kontrol, indeks evaluasi fusi multi-parameter, metode fuzzy c-means clustering, dan metode regresi logistic bersyarat Bayesian.
(Mulyo, Y. S., S. Puro, dan A. F. Fahrurroji. 2020)	Evaluasi sistem manajemen risiko keselamatan kerja pada pekerjaan struktur atas di proyek pembangunan lrt cawang-dukuh atas	Analisis Kualitatif Deskriptif	Berdasarkan literatur didapatkan hasil bahwa penelitian tersebut menyimpulkan PT. Adhi Karya Tbk dalam melaksanakan proyek LRT Cawang-Dukuh Atas menerapkan manajemen keselamatan kerja dengan baik. Didapatkan tingkat kesesuaian Australian Standard/New Zealand Standard (AS/NZS) ISO 31000:2009 sebesar 90%. Angka tersebut menunjukkan bahwa selama dalam pekerjaan control risiko kecelakaan kerja dilakukan dengan sesuai serta tanpa mengurangi performa dan progress pekerjaan tetap dapat meminimalisir bahkan menihilkan terjadinya insiden kecelakaan. Konsistensi dan disiplin dalam menerapkan SMK3 memegang peranan penting dalam tercapainya standard tersebut.
(Du, W., Dash, A., Li, J., Wei, H., & Wang, G. 2023)	Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. <i>Designs</i>	Tinjauan komprehensif literatur	Berdasarkan tinjauan sistematis terhadap kemajuan terbaru dalam metode keselamatan proaktif. Investigasi jurnal ini mengidentifikasi tren metode analisis statistik yang sedang tren, dan mengumpulkan temuan-temuan dari ini. Metode pengendalian yang populer, dengan mencatat bahwa pendekatan ini sering kali berhasil secara sinergis untuk mencapai kinerja yang unggul. Khususnya, metode seperti LSTM-CNN, Pembelajaran Penguatan, dan Transformer yang baru dikembangkan secara khusus

			dirancang untuk mengatasi masalah keselamatan dalam sistem manajemen lalu lintas. Selanjutnya, kami menyoroti tantangan yang dihadapi dalam pekerjaan yang ada, khususnya mengenai kelangkaan data kecelakaan dan kesulitan dalam memperoleh dan memberi label pada data tersebut.
(Song, H., Liang, H., Li, H., Dai, Z., & Yun, X. 2019)	Vision-based vehicle detection and counting system using deep learning in highway scenes	Metode segmentasi	Penelitian ini mengembangkan kumpulan data kendaraan definisi tinggi dari kamera pengintai dan mengajukan metode deteksi serta pelacakan objek dalam video pengawasan jalan tol. Area ROI diperoleh dengan mengekstraksi luas permukaan jalan tol. Algoritme YOLOv3 digunakan untuk membangun model deteksi kendaraan berdasarkan kumpulan data yang dianotasi. Untuk mengatasi deteksi objek kecil dan variasi multi-skala, jalan tol dibagi menjadi area terpicil dan proksimal yang dianalisis pada setiap frame untuk meningkatkan akurasi deteksi. Posisi objek diprediksi menggunakan algoritma ekstraksi fitur ORB dan lintasan kendaraan diperoleh dengan melacak fitur ORB dari beberapa objek. Lintasan ini dianalisis untuk mengumpulkan data kondisi lalu lintas seperti arah mengemudi, jenis, dan nomor kendaraan. Hasil uji coba menunjukkan metode ini efektif, mudah digunakan, unggul dibandingkan metode konvensional dengan biaya rendah dan stabilitas tinggi tanpa memerlukan pemasangan besar pada peralatan pemantauan yang ada.

(Musa, M. F., Hassan, S. A., & Mashros, N. 2020)	The impact of roadway conditions towards accident severity on federal roads in Malaysia.	Model regresi logistik berdasarkan tingkat keparahan kecelakaan (OLRM)	Hasil model menunjukkan bahwa dengan mengoptimalkan penggunaan personel dan sumber daya, dapat dikembangkan strategi pencegahan kecelakaan yang efektif. Faktor lain yang perlu dipertimbangkan meliputi kepadatan jalan, jaringan jalan, tingkat pelayanan (LOS), sebaran penduduk, situasi sosial ekonomi, topografi, faktor temporal dan spasial, serta kondisi lingkungan (udara, perubahan iklim, suhu, kebisingan). Selain itu, perilaku pengemudi seperti pilihan kecepatan, usia, jenis kelamin, dan tindakan pencegahan keselamatan (misalnya penggunaan sabuk pengaman atau helm) juga mempengaruhi tingkat keparahan kecelakaan (PDO, cedera, atau kematian).
(Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N.A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. 2023)	Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications	Metodologi meliputi identifikasi dan penyaringan artikel tentang teknologi transportasi pintar dan penerapannya	Berdasarkan survei mendalam tentang sistem dan aplikasi transportasi cerdas dengan meninjau teknologi utama yang saat ini digunakan untuk mengembangkan sistem transportasi cerdas. Kami menyoroti tantangan, sejarah, serta penerapan transportasi cerdas yang menggunakan teknologi ini. Selain itu, protokol komunikasi yang digunakan oleh sistem transportasi pintar ini untuk memastikan fungsionalitas dianalisis. Protokol komunikasi umum dijelaskan, serta sistem yang saat ini menggunakan protokol ini untuk memperbaiki masalah sistem transportasi. Tantangan yang dihadapi sistem ini saat ini telah dibahas dalam penelitian ini dan juga penelitian di masa depan yang dapat memberikan

		dampak baik dalam memperbaiki permasalahan sistem ini di masyarakat.
(Sumit, R. S. C. 2022)	A Review of Intelligent Transportation Systems in Existing Framework using IoT	Tinjauan komprehensif literatur AI dan machine learning mengatasi berbagai tantangan transportasi real-time, seperti ketidaknormalan jalan, kecelakaan di jalan tol, konsumsi energi lampu jalan, infrastruktur yang tidak memadai, keselamatan, kemacetan lalu lintas, dan ketersediaan tempat parkir. IoT memungkinkan komunikasi antar perangkat elektronik melalui wi-fi, zig-bee, dan RFID, dan dapat menghubungkan perangkat di udara, darat, dan laut. Namun, IoT menghadapi tantangan seperti skalabilitas, interoperabilitas, privasi, keamanan, dan desain yang kompleks. Kolaborasi antara kelompok pengembangan standar dapat menghasilkan kejelasan untuk sistem Transportasi Cerdas futuristik IoT. Pengumpulan data dari sensor yang terhubung juga harus disinkronkan.

Berdasarkan hasil review 10 artikel oleh peneliti, dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh penggunaan teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif dalam manajemen risiko meningkatkan efektivitas tanggap darurat K3 di jalan tol, yang pada akhirnya mengurangi frekuensi dan dampak kecelakaan. Dan penggunaan teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif dalam manajemen risiko ini secara signifikan meningkatkan efektivitas tanggap darurat Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di jalan tol. Artikel-artikel yang diulas memperlihatkan bagaimana integrasi teknologi IoT, seperti sistem deteksi kendaraan berbasis deep learning dan protokol komunikasi canggih, memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan cepat dari berbagai perangkat pemantauan di lapangan. Kombinasi teknologi ini memungkinkan pengelola jalan tol untuk melakukan tindakan pencegahan lebih cepat dan lebih tepat sasaran, sehingga mengurangi frekuensi dan dampak kecelakaan.

Pembahasan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2005 Tentang Jalan Tol Pada Bagian Keempat tentang Syarat Teknis Pasal 5 menyoroti Ayat 1 dan 5, menyebutkan bahwa (1) jalan tol mempunyai tingkat pelayanan keamanan dan kenyamanan yang lebih tinggi dari jalan umum yang ada dan dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi dan (5) Pada tempat-tempat yang dapat membahayakan pengguna jalan tol, harus diberi bangunan pengaman yang

mempunyai kekuatan dan struktur yang dapat menyerap energi benturan kendaraan. Penilaian Kinerja Keselamatan Lalu Lintas Jalan Tol merupakan salah satu sarana penting untuk menjamin pengoperasian yang aman dan efisien. Dalam beberapa tahun terakhir, banyak peneliti telah mengusulkan berbagai penilaian risiko kecelakaan lalu lintas dan model prediksi untuk menemukan faktor risiko paling relevan yang mempengaruhi kecelakaan jalan tol, dan untuk membantu manajer lalu lintas membuat strategi manajemen keselamatan lalu lintas jalan tol yang benar dan efektif. Risiko kecelakaan di jalan tol umumnya dianggap sebagai jumlah frekuensi kecelakaan dan tingkat keparahan cedera akibat kecelakaan.

Ada banyak faktor yang bertanggung jawab atas kecelakaan lalu lintas dan sebagian besar terkait dengan pengguna (kesalahan manusia), lingkungan, dan kendaraan. Jenis kelamin, usia, pengalaman, karakteristik fisik dan perilaku pengemudi (misalnya waktu reaksi, pengambilan risiko, pengambilan keputusan, dan penggunaan sabuk pengaman) dapat berkontribusi secara signifikan terhadap peluang dan tingkat keparahan kecelakaan. Selain itu, berbagai faktor lingkungan seperti cuaca dan kondisi pencahayaan pada waktu tertentu dalam sehari terbukti mempengaruhi kemungkinan dan tingkat keparahan kecelakaan. Selain itu, berbagai atribut kendaraan seperti jenis, usia, kualitas ban, sistem pengereman, kemudi, dan fitur keselamatan terbukti berkontribusi terhadap risiko keparahan cedera dalam suatu kecelakaan.

Menurut Pasal 1 ayat (9) Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2018 tentang Alat Pengendali dan Pengaman Pengguna Jalan, jalur penghentian darurat adalah jalur yang tersedia di jalan dengan kemiringan yang tajam dan panjang, yang digunakan untuk keadaan darurat atau untuk memperlambat kendaraan jika sistem pengereman mengalami kegagalan. Jalur penghentian darurat ini juga dikenal dengan sebutan runaway truck ramp. Runaway truck ramp adalah jalur khusus yang disediakan untuk kendaraan darurat dengan tujuan mengurangi risiko kecelakaan yang tidak diinginkan. Emergency safety area ini dirancang untuk menjamin keselamatan pengguna jalan saat menghadapi kendaraan dengan masalah rem. Area keselamatan darurat ini terletak di sisi kiri jalur tol utama dan memiliki bentuk jalan buntu menanjak yang dikelilingi pagar. Dilansir dari kompas.com Purnomo, seorang ahli Perkerasan Jalan dan Aspal yang dulunya menjabat sebagai Direktur Bina Teknik di Direktorat Jenderal Bina Marga, menyatakan bahwa pembangunan jalur darurat harus memperhatikan aspek-aspek tertentu. Jalur darurat yang dibangun dengan material seperti aspal atau beton dapat menyebabkan kendaraan melaju lebih cepat. Jalur darurat harus ditempatkan sekitar 2 kilometer dari ujung turunan jalan agar pengemudi dapat menyesuaikan diri saat memasuki jalur tersebut. Kemiringannya sekitar 6-7 persen, dengan panjang 100 meter dan lebar 7 meter, sehingga dapat digunakan oleh kendaraan besar. Material yang digunakan untuk jalur darurat adalah kerikil atau pasir setebal sekitar 60 sentimeter yang tidak dipadatkan, sehingga roda kendaraan bisa terbenam saat masuk. Material tersebut tidak akan mengalami ambles atau longsor karena jalur darurat telah dipersiapkan dengan cara yang sama seperti pembangunan jalan pada umumnya. Sejalan dengan penelitian oleh Musa, M. F., Hassan, S. A., & Mashros, N. (2020) dan Sun, Do., Y. Ai., Y. Sun, & L. Zhao. (2020) menyoroti pentingnya analitik prediktif dalam menilai risiko kecelakaan dan mengimplementasikan langkah-langkah pencegahan yang lebih efektif.

Penelitian yang dilakukan oleh Fitriyah, S. S., R. A. Dkk. (2023) mengenai metode IBPRP adalah suatu pendekatan evaluasi risiko keselamatan dalam konstruksi yang mencakup langkah-langkah Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, Pengendalian Risiko, dan Peluang. Identifikasi bahaya dilakukan dengan fokus pada empat kriteria utama, yaitu pekerja, peralatan, material, dan lingkungan. Metode manajemen risiko Identifikasi Bahaya, Penilaian Risiko, Pengendalian Risiko, Dan Peluang (IBPRP) lebih efektif dalam mengidentifikasi dan menentukan tindakan mitigasi risiko yang tepat pada pekerjaan, dibandingkan dengan metode Hazard Identification, Risk Assessment, And Determining Control (HIRADC). Manajemen risiko IBPRP lebih efektif dan terperinci dalam hal identifikasi risiko dan penilaian risiko dibandingkan manajemen risiko HIRADC yang masih bersifat generik. Selama ini perusahaan masih menggunakan metode HIRADC karena dianggap lebih sederhana dan sudah lama digunakan oleh perusahaan. Namun, perusahaan masih dalam tahap transisi ke peraturan terbaru sehingga perlu lebih mengenal metode manajemen risiko modern. Hal

ini juga didukung dengan penyesuaian jangka waktu, apalagi peraturan yang telah digunakan dalam kurun waktu lebih lama yang tentunya berdampak lebih besar dibandingkan aturan baru yang memerlukan penyesuaian mulai dari awal.

Metode IBPRP merupakan peraturan yang relatif baru, sehingga belum sepenuhnya digunakan oleh perusahaan, sehingga dalam praktiknya masih memerlukan implementasi, adaptasi, dan pemantauan negara. Hal ini tergambar oleh hasil penelitian bahwasanya responden yang menunjukkan preferensi terhadap efektivitas dan efisiensi metode IBPRP. Hal ini terjadi karena IBPRP memberikan tingkat identifikasi, penilaian, dan pengendalian risiko yang lebih rinci. Metode ini memungkinkan identifikasi risiko yang lebih komprehensif, analisis risiko yang lebih mendalam, dan pemilihan strategi manajemen yang lebih baik. Efektivitas dan efisiensi yang diberikan oleh IBPRP membantu perusahaan mengelola risiko dengan lebih baik, mencegah insiden dan kerugian yang tidak diinginkan, dan meningkatkan kinerja keselamatan (Fitriyah, S. S., R. A. dkk. 2023). Dalam setiap tahapan pekerjaan, metode IBPRP merupakan penilaian risiko keselamatani pada setiap tahapan pekerjaan untuk setiap elemen pekerjaan, dihitung dengan mengalikan frekuensi dan tingkat keparahan dampak bahaya sesuai Peraturan Menteri PUPR No. 10 Oktober 2021. Frekuensi dan tingkat keparahan ditentukan menggunakan nilai bertingkat dari 1 hingga 5 (Hairi, M. J. M., dkk. 2022).

Sejalan dengan penelitian Song, H., et al. (2019) menunjukkan bahwa metode deteksi dan pelacakan kendaraan yang diusulkan dapat mengidentifikasi kondisi lalu lintas dan risiko kecelakaan dengan lebih efisien dibandingkan metode tradisional. Penggunaan jaringan konvolusional dalam (CNN) telah mencapai kesuksesan luar biasa di bidang deteksi objek kendaraan. CNN memiliki kemampuan yang kuat untuk mempelajari fitur gambar dan dapat melakukan beberapa tugas terkait, seperti klasifikasi dan regresi kotak pembatas. Metode deteksi secara umum dapat dibagi menjadi dua kategori. Metode dua tahap melibatkan pembentukan kotak kandidat objek melalui berbagai algoritma, yang kemudian diikuti dengan klasifikasi objek menggunakan jaringan saraf konvolusional. Sebaliknya, metode satu tahap tidak memerlukan pembentukan kotak kandidat dan langsung menyelesaikan masalah posisi kotak pembatas objek dengan mengubahnya menjadi masalah regresi untuk diperlakukan lebih lanjut. Dalam metode dua tahap, Region-CNN (R-CNN) digunakan untuk melakukan pencarian wilayah selektif pada gambar. Sementara itu, di antara metode satu tahap, kerangka kerja yang sangat relevan adalah Single Shot Multibox Detector (SSD) dan You Only Look Once (YOLO).

Metode deteksi objek deep learning YOLOv3 digunakan untuk mendeteksi objek kendaraan di lokasi lalu lintas jalan tol. Terakhir, ekstraksi fitur ORB dilakukan pada boks kendaraan yang terdeteksi untuk menyelesaikan pelacakan multi-objek dan memperoleh informasi lalu lintas kendaraan. Metode segmentasi permukaan jalan digunakan untuk mengekstraksi luas jalan dari jalan tol. Area jalan dibagi menjadi dua bagian berdasarkan posisi pemasangan kamera, yaitu area terpencil dan area proksimal. Kemudian kendaraan yang berada di kedua area jalan tersebut dideteksi menggunakan algoritma pendeteksi objek YOLOv3. Algoritma ini dapat meningkatkan efek deteksi objek kecil dan memecahkan masalah sulitnya mendeteksi objek karena perubahan skala objek yang tajam. Algoritma ORB kemudian digunakan untuk pelacakan multi-objek. Algoritme ORB mengekstrak fitur kotak yang terdeteksi dan mencocokkannya untuk mencapai korelasi antara objek yang sama dan bingkai video yang berbeda. Terakhir, statistik lalu lintas dihitung. Lintasan yang dihasilkan oleh pelacakan objek dihasilkan, arah mengemudi kendaraan ditentukan, dan informasi lalu lintas seperti jumlah kendaraan di setiap kategori dikumpulkan. Sistem ini meningkatkan akurasi pendeteksian objek dari perspektif video pengawasan jalan dan tol membuat rencana pelacakan deteksi dan perolehan informasi lalu lintas dalam bidang penuh tampilan kamera.

Tren terbaru saat ini adalah transportasi cerdas berbasis teknologi IoT menjanjikan pilihan transportasi yang lebih fleksibel, efisien, dan aman bagi masyarakat. Keselamatan lalu lintas adalah salah satu masalah penting yang dihadapi individu di kota-kota yang padat. Dalam aspek ini, IoT dapat lebih proaktif dalam mengidentifikasi kesalahan manusia dan mencegah kecelakaan di jalan tol. Oleh karena itu, untuk mencapai jalan tol yang lebih aman, solusi berbasis IoT harus

dikembangkan. Jan, B., dkk. (2019) membuat model untuk mengevaluasi data transportasi menggunakan Hadoop dan Spark untuk mengelola data transportasi waktu nyata. Data didistribusikan ke sistem transportasi pintar menggunakan sistem yang disarankan dan mekanisme keputusan berdasarkan sistem jaringan data yang diusulkan. Hasil tinjauan sejawat dari evaluasi pendekatan yang disarankan mengungkapkan pemrosesan data dan distribusi real-time kepada masyarakat dalam waktu sesingkat mungkin.

Niture, D. V., et al. (2021) Menggunakan IoT untuk mengembangkan sistem baru untuk transportasi cerdas yang disebut Sistem Bantuan dan Pemantauan Kendaraan Cerdas (SVAMS). SVAMS adalah sistem transportasi cerdas (ITS) yang menjawab berbagai tantangan lalu lintas. Ini adalah solusi manajemen lalu lintas, pemantauan, dan pengoptimalan yang menghubungkan semua mobil melalui Zigbee dan dipantau secara terpusat serta dibantu oleh pusat data. Sistem menyimpan semua data di cloud untuk analisis, pemrosesan, dan penggunaan di masa mendatang. SVAMS adalah sistem kompak berbiaya rendah dengan berbagai fungsi seperti tanggap darurat, pemantauan tingkat polusi, pengumpulan tol otomatis, deteksi pelanggaran peraturan lalu lintas, dan pelacakan kendaraan. Mengadopsi SVAMS akan membantu mengembangkan kota yang Bersih, Bebas Korupsi, dan Bebas Kejahatan (C-3). Beberapa masalah kini menjadi menonjol karena pengunggahan data oleh sensor, aktuator, dan peralatan cerdas yang memposting data yang diperoleh ke internet, sehingga meningkatkan lalu lintas. Akibatnya, permasalahan paling signifikan yang dihadapi sistem ini lebih berkaitan dengan volume lalu lintas.

Penerapan sistem manajemen keselamatan yang komprehensif dan berkelanjutan, seperti yang dibahas dalam penelitian Mulyo, Y. S., S. Puro, dan A. F. Fahrurroji. (2020), menunjukkan bahwa kedisiplinan dan kekompakan organisasi dalam menerapkan protokol keselamatan dapat mencapai hasil yang optimal, termasuk mencapai zero accident. Dengan demikian, penerapan teknologi pemantauan real-time dan analitik prediktif terbukti memiliki pengaruh positif dalam meningkatkan efektivitas manajemen risiko dan tanggap darurat K3 di jalan tol.

Kesimpulan

Penelitian ini melakukan pemetaan terhadap metode dan tren terbaru dalam tanggap darurat Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di jalan tol melalui kajian literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan teknologi pemantauan real-time, seperti Internet of Things (IoT), dan analitik prediktif secara signifikan meningkatkan efektivitas tanggap darurat K3. Teknologi ini memungkinkan deteksi dini dan respons cepat terhadap insiden serta membantu mengidentifikasi potensi bahaya dan menilai risiko secara lebih akurat, sehingga langkah-langkah preventif dapat dilakukan dengan lebih tepat sasaran. Selain itu, metode manajemen risiko yang komprehensif, seperti IBPRP (Identification, Behavioral-based, Process, Risk, and Performance), terbukti lebih efektif dalam mitigasi risiko dibandingkan metode konvensional seperti HIRADC (Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control). Secara keseluruhan untuk mendukung efektivitas pemetaan metode dan tren terbaru dalam tanggap darurat k3 di jalan tol memerlukan kedisiplinan dan kekompakan organisasi dalam penerapan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) yang komprehensif, peningkatan pelatihan dan kesadaran pekerja, serta kesiapsiagaan infrastruktur, merupakan aspek penting yang perlu diperhatikan untuk mencapai tanggap darurat keselamatan dan kesehatan kerja yang lebih baik di jalan tol.

Daftar pustaka

Alamsyah, C. W., Walujodjati, E., & Rahadian, S. P. (2021). Analisis manajemen risiko K3 pekerjaan jalan tol Cisumdawu phase III. *Jurnal Konstruksi*, 19(1), 60-69.

- Badan Pengatur Jalan Tol, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (16 Desember 2020). *Mengenal Emergency Safety Area Atau Jalur Penyelamat Di Jalan Tol*. Diakses pada 28 April 2024. <https://bpjt.pu.go.id/berita/mengenal-emergency-safety-area-atau-jalur-penyelamat-di-jalan-tol>
- Derawi, M., Dalveren, Y., & Cheikh, F.A. (2020). Internet-of-things-based smart transportation systems for safer roads. In *Proceedings of the 2020 IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, New Orleans, LA, USA, 2–16 June 2020; pp. 1–4.
- Dinas Perhubungan Aceh. (12 Agustus 2023). *Jalur Alternatif: Siap Siaga Tanggap Darurat Bencana*. Di akses pada 28 April 2024. <https://dishub.acehprov.go.id/jalur-alternatif-siap-siaga-tanggap-darurat-bencana/>
- Du, W., Dash, A., Li, J., Wei, H., & Wang, G. (2023). Safety in Traffic Management Systems: A Comprehensive Survey. *Designs*, 7(4), Article 100. <https://doi.org/10.3390/designs7040100>
- Fitriyah, S. S., R. A. Ratriwardhani., M. Sunaryo, dan F. Ayu. (2023). Perbandingan Metode Manajemen Risiko Pekerjaan Erektion Steel Box Grider Di Pt. Waskita Karya Jalan Tol Japek II. *Jurnal Ilmiah Universitas Semarang*. 18(2): 104-113.
- Ilham, M. A. (2021). *Analisis Smk3 Terhadap Risiko Kecelakaan Kerja Pembangunan Jalan Tol Menggunakan Metode Hirarc* (Doctoral dissertation, Universitas Medan Area).
- Hairi, M. J. M., Handayani, E., & Dwiretnani, A. (2022). Evaluasi Risiko Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi Berdasarkan Permen PUPR NO. 10 Tahun 2021 pada Pekerjaan Konstruksi Jalan. *Jurnal Talenta Sipil*, 5(2), 361-366.
- Jan, B., Farman, H., Khan, M., Talha, M., & Din, I.U. (2019). Designing a smart transportation system: An internet of things and big data approach. *IEEE Wirel. Commun.* 26, 73–79.
- Kompas.com., Aisyah Sekar Ayu Maharani, Hilda B Alexander Tim Redaksi. (19 April 2023). *Tak Boleh Dibangun Sembarangan, Ini Spesifikasi Jalur Darurat di Tol*. Diakses pada 26 Mei 2024. <https://www.kompas.com/properti/read/2023/04/19/053000821/tak-boleh-dibangun-sembarangan-ini-spesifikasi-jalur-darurat-di-tol>
- Marthinus, A. P., F. J. Manoppo, dan S. S. Lumoen. (2019). Model penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada proyek infrastruktur jalan tol manado-bitung. *Jurnal Sipil Statik*. 7(4): 433-448.
- Mulyo, Y. S., S. Puro, dan A. F. Fahrurroji. (2020). Evaluasi sistem manajemen risiko keselamatan kerja pada pekerjaan struktur atas di proyek pembangunan lrt cawang-dukuh atas. *Jurnal Teknik Sipil*. 18(1): 43-55.
- Musa, M. F., Hassan, S. A., & Mashros, N. (2020). The impact of roadway conditions towards accident severity on federal roads in Malaysia. *PLoS One*. doi: 10.1371/journal.pone.0235564. PMID: 32628689; PMCID: PMC7337329.
- Niture, D.V., Dhakane, V., Jawalkar, P., & Bamnote, A. (2021). Smart transportation system using IOT. *Int. J. Eng. Adv. Technol.* 10, 434–438.
- Novitha Yuliati, N. Y., Soedarmanto, S. E., & MM, S. (2023). *Efektivitas Pengadaan Barang Dan Jasa Dengan Metode Penunjukan Langsung Di Pt Pelindo Terminal Petikemas* (Doctoral dissertation, STIA Manajemen dan Kepelabuhan Barunawati Surabaya).
- Oladimeji, D., Gupta, K., Kose, N.A., Gundogan, K., Ge, L., & Liang, F. (2023). Smart Transportation: An Overview of Technologies and Applications. <https://doi.org/10.3390/s23083880>
- Safarah, N., J. Setiono, dan M. Khamim. (2023). Evaluasi penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja proyek pembangunan jalan tol serang-penimbang seksi 2. *Jurnal Online Skripsi*. 4(3): 62-69.
- Setiawan, D dan M. Asima. (2019). Pemetaan risiko kecelakaan lalu lintas di ruas jalan tol cipularang. *Jurnal Teknik Sipil*. 15(2): 87-148.
- Sitohang, H dan K. Magdalena. (2020). Penerapan sistem keselamatan kesehatan kerja dan lingkungan (k3l) pada proyek konstruksi (studi kasus pembangunan jalan tol cibitung-cilincing). *Jurnal Teknik Sipil*. 9(2): 58-67.

- Song, H., Liang, H., Li, H., Dai, Z., & Yun, X. (2019). Vision-based vehicle detection and counting system using deep learning in highway scenes. *European Transport Research Review*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.1186/s12544-019-0390-4>
- Srisantyorini, T dan R. Safitriana. 2020. Penerapan sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja pada pembangunan jalan tol jakarta-cikampek 2 elevated. *Jurnal Kedokteran dan Kesehatan*. 16(2): 151-163.
- Sumit, R. S. C. (2022). A Review of Intelligent Transportation Systems in Existing Framework using IoT. *Seventh Sense Research Group*. <https://doi.org/10.14445/22315381/IJETT-V70I6P217>
- Sun, Do., Y. Ai., Y. Sun, & L. Zhao. (2020). A highway crash risk assessment method based on traffic safety state division. *PLoS ONE*. 15(1): 1-14.
- Niture, D. V., Dhakane, V., Jawalkar, P., & Bamnote, A. (2021). Smart transportation system using IOT. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, 10(5), 434-438.