

Upaya Inovatif Meningkatkan Keselamatan Lalu Lintas melalui Teknologi Singing Road di Jalan Tol Waru–Juanda

Innovative Efforts to Improve Traffic Safety through Singing Road Technology on the Waru–Juanda Toll Road

Ardhika Budhi Laksono¹, Brasie Pradana Sela Bunga Riska Ayu²

Program Studi Rekayasa Sistem Transportasi Jalan, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia

¹ardhikabudhi8@gmail.com, ²brasie@pktj.ac.id

Abstrak

Kecelakaan lalu lintas di jalan tol merupakan permasalahan krusial yang menuntut solusi inovatif untuk meningkatkan keselamatan berkendara. Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan penerapan teknologi *Singing Road* atau marka bersuara sebagai upaya preventif di titik rawan kecelakaan pada Jalan Tol Waru–Juanda, khususnya di KM 03+850. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis data sekunder dari catatan kecelakaan selama 2021–2024 serta observasi lapangan untuk mengidentifikasi kondisi geometrik dan lalu lintas jalan. Hasil analisis menunjukkan bahwa KM 03+850 merupakan lokasi dengan tingkat kecelakaan tertinggi. Berdasarkan temuan tersebut, disusunlah rencana teknis pemasangan marka bersuara menggunakan material thermoplastic dan glass beads, disertai pola akustik yang disesuaikan dengan kecepatan rata-rata kendaraan. Rencana ini juga mempertimbangkan infrastruktur pendukung seperti rambu peringatan, CCTV, papan edukasi, dan sensor kecepatan. Meskipun efektivitasnya belum diuji secara langsung, teknologi ini diharapkan mampu meningkatkan kewaspadaan pengemudi dan menjadi alternatif solusi dalam mengurangi risiko kecelakaan di jalan tol.

Kata Kunci: Marka Bersuara, keselamatan lalu lintas, jalan tol, titik rawan kecelakaan

Abstract

Traffic accidents on toll roads are a critical issue that demands innovative solutions to improve driving safety. This study aims to design the implementation of Singing Road technology, or audible road markings, as a preventive effort at accident-prone locations on the Waru–Juanda Toll Road, particularly at KM 03+850. The research methods include the analysis of secondary data from accident records between 2021 and 2024, as well as field observations to assess road geometry and traffic conditions. The analysis results indicate that KM 03+850 has the highest accident rate along the route. Based on these findings, a technical plan for installing audible road markings was developed, utilizing thermoplastic materials and glass beads, along with acoustic patterns tailored to the average vehicle speed. The plan also incorporates supporting infrastructure such as warning signs, CCTV, educational boards, and speed sensors. Although its effectiveness has not yet been tested in the field, this technology is expected to raise driver awareness and serve as an alternative preventive measure to reduce the risk of accidents on toll roads.

Keywords: Singing Road, traffic safety, toll road, accident-prone area

1. Pendahuluan

Kecelakaan lalu lintas menjadi permasalahan utama dalam sistem transportasi, khususnya di jalan tol yang memiliki volume kendaraan tinggi dan kecepatan tempuh besar[1]. Banyak kejadian kecelakaan disebabkan oleh faktor manusia seperti mengantuk, kurang fokus, dan mengabaikan batas kecepatan[2]. Penanganan kecelakaan selama ini lebih banyak bersifat reaktif setelah kejadian terjadi[3]. Diperlukan upaya yang bersifat pencegahan untuk meminimalisir risiko kecelakaan sebelum terjadi[4]. Salah satu pendekatan yang mulai dikembangkan adalah teknologi berbasis marka jalan.

Singing Road merupakan jenis marka jalan yang dirancang menghasilkan suara ketika dilintasi kendaraan pada kecepatan tertentu[5]. Suara ini memberikan rangsangan auditori yang bertujuan meningkatkan kesadaran pengemudi saat melewati titik rawan[6]. Teknologi ini pernah diterapkan di beberapa negara dan menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam mendukung keselamatan berkendara[7]. Sistem kerja yang sederhana tanpa memerlukan peralatan elektronik tambahan membuat teknologi ini layak untuk direncanakan penggunaannya. Penggunaan material thermoplastic dan pola marka tertentu menjadi elemen utama dalam perancangannya.

Pada ruas Jalan Tol Waru–Juanda Surabaya, KM 03+850 tercatat sebagai lokasi dengan jumlah kecelakaan tertinggi selama tiga tahun terakhir. Jenis kecelakaan yang terjadi didominasi oleh kecelakaan tunggal yang terjadi

dalam cuaca cerah dengan kendaraan pribadi sebagai penyumbang terbanyak[8]. Lokasi ini termasuk dalam kategori *Blackspot* yang membutuhkan perhatian khusus dari sisi keselamatan jalan. Kurangnya peringatan atau stimulan visual dan auditori menjadi salah satu penyebab pengemudi gagal mengantisipasi potensi bahaya[9]. Penggunaan marka suara menjadi salah satu alternatif yang dapat direncanakan pada lokasi tersebut.

Penelitian ini bertujuan menyusun rancangan teknis pemasangan *Singing Road* di titik rawan tersebut. Data yang digunakan berasal dari catatan kecelakaan, observasi lapangan, dan pengukuran kondisi jalan serta kecepatan kendaraan. Analisis dilakukan untuk menyesuaikan bentuk, pola, dan material marka dengan kondisi aktual di lapangan. Komponen pendukung seperti rambu peringatan, CCTV, dan papan informasi juga dirancang untuk memperkuat pesan keselamatan bagi pengemudi[10]. Rencana ini diharapkan menjadi acuan awal dalam pengembangan marka suara pada ruas jalan tol lainnya.

Penelitian ini belum mencakup pengujian hasil secara langsung karena fokusnya pada tahap perencanaan. Penekanan utama diberikan pada penyesuaian teknis dan kondisi eksisting di lapangan agar rancangan dapat diaplikasikan secara realistik. Teknologi *Singing Road* menawarkan pendekatan alternatif dalam mendukung keselamatan berkendara melalui intervensi jalan. Perencanaan ini diharapkan mampu mendorong inovasi keselamatan jalan berbasis infrastruktur fisik. Hasilnya dapat menjadi dasar pengambilan keputusan bagi pengelola jalan dalam mengurangi risiko kecelakaan di lokasi prioritas.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk merancang perencanaan marka bersuara secara sistematis. Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik untuk mendapatkan informasi yang akurat dan relevan terhadap tujuan penelitian. Data yang dikumpulkan mencakup karakteristik jalan, volume lalu lintas, perilaku pengemudi, dan data kecelakaan lalu lintas pada titik lokasi yang direncanakan.

2.1 Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan dengan pendekatan triangulasi menggunakan kombinasi metode wawancara, observasi, dan studi dokumentasi. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur dengan narasumber dari PT Citra Margatama Surabaya, Dinas Perhubungan, serta pengguna jalan yang rutin melintasi ruas KM 03+850. Tujuan wawancara adalah untuk memperoleh informasi mendalam mengenai kondisi lalu lintas, perilaku pengemudi, serta respons terhadap rencana penerapan teknologi marka bersuara. Informasi yang diperoleh kemudian dianalisis secara kualitatif untuk mendukung proses perencanaan teknis.

Selain wawancara, observasi langsung di lapangan juga dilakukan untuk memahami karakteristik fisik jalan, termasuk kondisi geometrik, lebar lajur dan buah jalan, visibilitas, serta intensitas kendaraan pada berbagai waktu (pagi, siang, dan malam). Pengamatan difokuskan pada titik KM 03+850, yang diketahui memiliki frekuensi kecelakaan tertinggi. Tim peneliti juga mencatat perilaku berkendara seperti kecepatan rata-rata, pola pengereman, serta reaksi pengemudi terhadap kondisi jalan.

Sementara itu, data sekunder diperoleh dari PT Citra Margatama Surabaya dan instansi terkait, mencakup laporan kecelakaan lima tahun terakhir, data volume lalu lintas harian (LHR), dan rekapan klasifikasi kendaraan. Data ini digunakan untuk mendukung analisis kuantitatif lokasi rawan kecelakaan melalui metode *European Article Number* (EAN) dan *Upper Control Limit* (UCL). Selain itu, standar teknis dari Kementerian PUPR dan praktik penerapan marka bersuara dari negara lain juga dijadikan referensi dalam proses penyusunan perencanaan.

2.2 Analisis data

Metode EAN dihitung dengan menjumlahkan kejadian kecelakaan pada setiap kilometer panjang jalan, kemudian dikalikan dengan nilai bobot yang disesuaikan dengan tingkat keparahan kecelakaan[11]. Nilai bobot standar yang digunakan meliputi meninggal dunia (MD) = 12, luka berat (LB) = 6; Luka Ringan = 3; Kerusakan; Kendaraan (K) = 1 yang akan dihitung seperti rumus.

$$EAN = 12 \text{ MD} + 3 \text{ LB} + 3 \text{ LR} + 1 \text{ K}$$

Lokasi rawan kecelakaan ditentukan melalui pengendalian mutu dengan menggunakan metode UCL atau batas kendali atas. Jika nilai tingkat kecelakaan melebihi UCL, maka lokasi tersebut dikategorikan sebagai daerah rawan kecelakaan (*Blackspot*)[12]. Metode yang digunakan dalam kajian ini mengacu pada pendekatan statistik pengendalian mutu. UCL dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$UCL = \lambda + \psi x \sqrt{\left(\frac{\lambda}{m} + \frac{0.829}{m} + \left(\frac{1}{2} xm \right) \right)}$$

Keterangan: UCL = Garis kendali batas atas; λ = nilai rata-rata angka kecelakaan; Ψ = faktor probabilitas = 2,576;

Nilai faktor probabilitas (Ψ) yang sering digunakan yaitu 2,576 dengan probabilitas 0,005 (atau nilai signifikansi 99,5%) dan 1,645 dengan probabilitas 0,05 (atau nilai signifikansi 95%)[13]. Nilai batas kontrol atas dipengaruhi oleh nilai rata-rata dari angka ekivalen kecelakaan yang terdapat pada suatu wilayah pada kurun waktu satu tahun dan dirumus .

$$BKA = C + 3 \sqrt{C}$$

C adalah rata-rata angka ekivalen kecelakaan (AEK) yang diadaptasi dari pendekatan statistik pengendalian mutu.

2.3 Perencanaan Marka Bersuara.

Perencanaan marka bersuara pada KM 03+850 Jalan Tol Waru–Juanda dilakukan berdasarkan hasil identifikasi titik rawan kecelakaan yang menunjukkan frekuensi kejadian tertinggi selama periode 2021–2024. Lokasi ini memiliki karakteristik jalan tipe 2/2 UD dengan dua lajur pada setiap arah dan bahu jalan selebar 1,8 meter. Kecepatan rata-rata kendaraan golongan I tercatat 58,45 km/jam, yang menjadi dasar dalam penentuan pola marka suara. Marka dirancang menggunakan material *thermoplastic* yang dipanaskan dan dikombinasikan dengan *glass beads* untuk meningkatkan visibilitas. Pemasangan marka tidak memerlukan peralatan elektronik tambahan, sehingga memudahkan proses perawatan dan efisiensi biaya.

Pola marka dibuat dalam bentuk garis melintang dengan jarak antar elemen yang disesuaikan agar menghasilkan suara dengan nada yang dapat didengar jelas oleh pengemudi. Dimensi marka mempertimbangkan aspek keamanan, kenyamanan berkendara, serta kemampuan akustik yang optimal saat dilintasi kendaraan dengan kecepatan tertentu. Pewarnaan menggunakan warna putih dengan daya pantul tinggi agar tetap terlihat dalam kondisi malam hari atau hujan. Marka ini direncanakan dipasang beberapa meter sebelum titik rawan kecelakaan untuk memberikan waktu tanggap bagi pengemudi. Perencanaan marka bersuara yang direncanakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Marka Bersuara yang Direncanakan

Elemen	Ukuran
Panjang marka	150 meter
Lebar jalur marka	20 cm/alur
Jarak antar alur	12 cm
Ketebalan <i>thermoplastic</i>	4 mm

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil

Identifikasi daerah rawan kecelakaan dapat diperoleh dari perhitungan metode Angka Ekivalen Kecelakaan dengan *Upper Control Limit*. Menurut data kecelakaan dari PT Citra Margatama Surabaya dari tahun 2021- 2024 tercatat 35 jumlah kecelakaan dengan kasus tertinggi terjadi pada KM 03+850 sebanyak 6 kasus terdiri dari Luka Ringan (LR): 5 kasus, Luka Berat (LB): 1 kasus, Meninggal Dunia (MD): 0 kasus. Berikut hasil analisis data kecelakaan di tol Waru-Juanda pada tahun 2021-2024 seperti pada Tabel 2.

Tabel. 2 Identifikasi Daerah Rawan Kecelakaan Tahun 2021-2024

No	KM	LR	LB	MD	12 MD	3 LB	3 LR	EAN	BKA	UCL	Keterangan
1	00+400	0	0	0	0	0	0	0	4,9496	0	Bukan <i>Blackspot</i>
2	00+600	0	0	0	0	0	0	0		0	Bukan <i>Blackspot</i>
3	00+800	0	0	0	0	0	0	0		0	Bukan <i>Blackspot</i>
4	02+800	2	0	0	0	0	0	0		4,5634	Bukan <i>Blackspot</i>
5	03+200	0	0	0	0	0	0	0		0	Bukan <i>Blackspot</i>
6	03+400	0	0	0	0	0	0	0		0	Bukan <i>Blackspot</i>
7	03+650	0	0	0	0	0	0	0		0	Bukan <i>Blackspot</i>

8	03+850	5	1	0	0	3	15	18	7,7477	Blackspot
9	04+000	0	0	0	0	0	0	0	0	Bukan Blackspot

Hasil dari analisis pada tabel identifikasi daerah rawan kecelakaan tahun 2021-2024 menunjukkan bahwa KM 03+850 merupakan lokasi dengan tingkat kecelakaan tertinggi di jalan tol Waru-Juanda, dengan EAN sebesar 18 dan UCL = 7,747, menjadikannya *Blackspot* utama. Selain itu, KM 11+200, KM 00+400, KM 04+900, dan KM 02+800 juga teridentifikasi sebagai daerah rawan kecelakaan dengan nilai EAN dan UCL yang signifikan [10]. Berdasarkan hasil dari perhitungan analisis lokasi rawan kecelakaan di ruas tol Waru-Juanda Surabaya data dari 3 tahun, yaitu pada tahun 2021 sampai tahun 2024 yang akan digolongkan menggunakan metode perhitungan Frekuensi, EAN (UCL & BKA), Z-Score, dan Cusum [11]. Lokasi rawan kecelakaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel. 3 Daerah Rawan Kecelakaan Seksi A

No	KM (STA)	Jalur	Frekuensi Kecelakaan				Jumlah	Keterangan	Rangking
			2021	2022	2023	2024			
1	00+400	A	0	4	0	0	4	Blackspot	3
2	00+750	A	0	2	0	0	2	Blackspot	5
3	02+800	A	2	0	1	1	4	Blackspot	6
4	03+850	A	6	0	0	0	6	Blackspot	1
5	04+900	A	2	0	0	0	2	Blackspot	4
6	06+800	A	0	2	0	0	2	Blackspot	7
7	08+400	A	1	1	0	0	2	Blackspot	8
8	11+200	A	0	1	6	6	13	Blackspot	2

Lokasi rawan kecelakaan di ruas tol Waru-Juanda Surabaya ada pada seksi A pada KM 03+850 nomor 1 tingkat kecelakaan dengan hasil EAN 18 > UCL 7,747 kondisi paling kritis, KM 02+800 nomor 2 dengan tingkat kecelakaan dengan hasil EAN 6 > UCL 4,563 termasuk rawan kecelakaan.

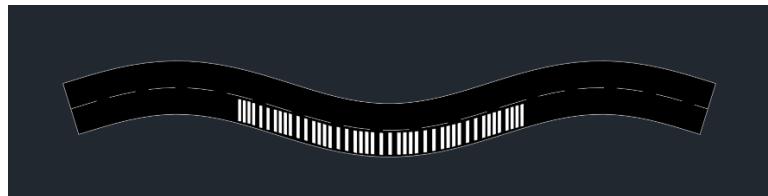
Sebagai upaya peningkatan keselamatan, hasil perencanaan marka bersuara pada KM 03+600 Jalan Tol Waru-Juanda dituangkan dalam bentuk tabel spesifikasi teknis dan dua gambar pendukung. Tabel 4 Spesifikasi Teknis Implementasi Marka Bersuara menjelaskan secara rinci dimensi, pola, bahan, serta infrastruktur pendukung yang direncanakan untuk diterapkan di lokasi tersebut. Marka bersuara akan dipasang sepanjang 150 meter dengan lebar 30–50 cm dan tinggi groove antara 5–10 mm. Pola groove dibuat secara melintang dan disusun dengan pengaturan jarak berulang, yaitu tiga kotak pertama diberi jarak 20 cm, lalu tiga kotak berikutnya 35 cm, yang diulang hingga mencapai panjang total. Target kecepatan kendaraan yang disasar adalah 60 km/jam ke atas, sesuai dengan karakteristik lalu lintas di jalan tol.

Bahan utama yang digunakan adalah thermoplastic marking, yang dikombinasikan dengan glass beads untuk meningkatkan visibilitas terutama pada malam hari, serta epoxy adhesive sebagai perekat kuat terhadap permukaan jalan. Pemasangan direncanakan dapat diselesaikan dalam waktu satu hari dengan memperhatikan kondisi cuaca dan lalu lintas. Untuk menunjang keberhasilan implementasi, disiapkan infrastruktur seperti rambu peringatan, papan edukasi, dan penerangan jalan di sekitar lokasi marka. Rancangan visual dari konfigurasi marka suara ditampilkan dalam Gambar 1 Rancangan Singing Road, sedangkan Gambar 2 Penempatan Lokasi Singing Road di KM 03+600 menunjukkan titik pemasangan pada ruas tol yang telah teridentifikasi sebagai area rawan kecelakaan. Ketiga elemen tersebut menjadi acuan utama dalam perencanaan teknis dan perhitungan kebutuhan di lapangan.

Tabel 4 Spesifikasi Teknis Implementasi Marka Bersuara

Komponen	Spesifikasi Teknis
Lokasi pemasangan	Jalan Tol Waru-Juanda, KM 03+600
Panjang marka	150 meter
Lebar marka	30–50 cm
Jarak antar groove	3 marka dengan jarak antar kotak 20 cm 3 kotak berikutnya dengan jarak 35 cm

Komponen	Spesifikasi Teknis
	Ulangi pola ini sampai total panjang ± 150 meter
Tinggi groove	5–10 mm
Pola groove	Melintang, pola akustik
Kecepatan target	≥ 60 km/jam
Bahan utama	Thermoplastic marking
Tambahan visibilitas	Glass beads
Perekat	Epoxy adhesive
Waktu pemasangan	± 1 hari (tergantung cuaca & lalu lintas)
Peralatan pendukung	Mesin marka otomatis, alat pengukur, alat semprot cat untuk penandaan
Infrastruktur pendukung	Rambu peringatan, papan edukasi, penerangan jalan

Gambar 1 Rancangan *Singing Road*Gambar 2 Penempatan Lokasi *Singing Road* di KM 3+600

3.2 Pembahasan

Hasil analisis menunjukkan bahwa KM 03+850 pada ruas Tol Waru–Bandara Juanda termasuk ke dalam kategori daerah rawan kecelakaan (*Blackspot*). Data kecelakaan selama tiga tahun terakhir mencatat bahwa titik ini memiliki jumlah kejadian tertinggi, dengan dominasi kecelakaan tunggal pada kondisi cerah dan pengemudi kendaraan pribadi sebagai pelaku utama. Perilaku pengemudi yang mengantuk serta kecepatan tinggi menjadi penyebab utama kecelakaan yang terjadi di lokasi tersebut.

Rencana penerapan marka bersuara pada KM 03+850 disusun berdasarkan kebutuhan untuk mengurangi kecepatan kendaraan tanpa intervensi langsung dari petugas lalu lintas. Teknologi Singing Road dianggap sebagai solusi yang relevan karena menghasilkan peringatan dalam bentuk suara saat kendaraan melintasi marka, sehingga dapat memicu respons pengemudi untuk menurunkan kecepatan. Prinsip kerja marka bersuara mengandalkan pola garis timbul yang mampu menghasilkan getaran akustik saat dilintasi roda kendaraan.

Pengembangan rencana ini merujuk pada keberhasilan penerapan teknologi serupa di beberapa negara. Jepang telah menerapkan Singing Road dengan desain nada lokal yang terbukti mampu menurunkan kecepatan kendaraan hingga 10–12 km/jam berdasarkan studi dari National Institute for Land and Infrastructure Management. Korea Selatan juga melaporkan penurunan kecelakaan sebesar 14% pada area yang dipasangi marka bersuara di wilayah Gyeonggi. Data keberhasilan tersebut menjadi dasar perencanaan dalam menentukan pola marka, tinggi garis timbul, serta lokasi pemasangan pada jalan tol yang memiliki karakteristik lalu lintas serupa.

Perencanaan penerapan marka bersuara pada lokasi ini turut mempertimbangkan kecepatan rata-rata kendaraan hasil survei, kontur jalan, lebar lajur, serta kebutuhan lajur untuk kendaraan berat. Tingkat kecepatan pada ruas

tersebut masih berada di bawah batas maksimum yang ditentukan, tetapi tetap memiliki risiko kecelakaan tinggi jika tidak disertai sistem peringatan dini. Penyusunan pola marka disesuaikan dengan karakteristik kendaraan yang dominan dan intensitas lalu lintas harian.

Efektivitas teknologi Singing Road pada titik perencanaan di KM 03+850 diharapkan sejalan dengan hasil penerapan sebelumnya di negara lain. Data kecepatan kendaraan sebelum dan sesudah pemasangan marka akan dianalisis menggunakan uji statistik t-berpasangan. Bila terjadi perbedaan signifikan dan terjadi penurunan kecelakaan, maka dapat disimpulkan bahwa marka bersuara terbukti berfungsi sebagai intervensi pasif yang efektif dalam konteks jalan tol di Indonesia.

4. Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa KM 03+850 Jalan Tol Waru–Juanda merupakan titik rawan kecelakaan dengan jumlah insiden tertinggi selama tiga tahun terakhir. Karakteristik kecelakaan yang terjadi umumnya berupa kecelakaan tunggal dalam kondisi cuaca cerah, melibatkan kendaraan pribadi, dan sebagian besar korbananya berjenis kelamin laki-laki. Hasil analisis menggunakan metode EAN dan UCL mengonfirmasi bahwa lokasi tersebut tergolong sebagai *Blackspot*. Berdasarkan temuan tersebut, perencanaan teknologi marka bersuara dilakukan sebagai salah satu alternatif upaya peringatan dini bagi pengemudi. Rancangan ini dibuat dengan mempertimbangkan data lalu lintas, kecepatan rata-rata kendaraan, serta kondisi geometrik jalan di lokasi yang dituju.

Perencanaan meliputi pemilihan material *thermoplastic*, pengaturan pola marka berdasarkan kajian akustik, serta desain tambahan seperti rambu peringatan, papan edukasi, dan sensor kecepatan. Spesifikasi teknis pemasangan disusun untuk menghasilkan suara dan getaran yang mampu meningkatkan kesadaran pengemudi saat melintasi area tersebut. Pemasangan direncanakan pada KM 03+600 dengan panjang sekitar 150 meter menggunakan pola jarak yang disesuaikan dengan kecepatan kendaraan. Hasil rancangan ini dapat digunakan sebagai acuan bagi pihak pengelola jalan tol dalam mempertimbangkan penerapan sistem peringatan berbasis marka suara. Perencanaan ini juga berfungsi sebagai tahap awal menuju implementasi nyata di lapangan yang membutuhkan evaluasi lebih lanjut setelah pemasangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT Citra Margatama Surabaya, Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan yang telah memfasilitasi penelitian.

Kontribusi

Konseptor: Ardhika Budhi Laksono; Kajian Pustaka: Brasie Pradana S.B.R.A, Ardhika Budhi Laksono; Metodologi: Brasie Pradana S.B.R.A, Ardhika Budhi Laksono; Pengumpulan Data: Ardhika Budhi Laksono; Pengolahan dan Implementasi Data: Ardhika Budhi Laksono; Pelaporan: Brasie Pradana S.B.R.A, Ardhika Budhi Laksono; Pembahasan dan Simpulan: Seluruh Author.

Referensi

- [1] B. Hermanto, L. Suryo Putranto, D. Dadang, and M. Ma'soem, "Peranan Pengemudi Dalam Kecelakaan Lalu Lintas Jalan: Literature Review," *JMTS J. Mitra Tek. Sipil*, vol. 5, no. 3, pp. 597–606, 2022, [Online]. Available: <https://journal.untar.ac.id/index.php/jmts/article/view/20251>
- [2] A. Afif Mauludi, Z. Djunaidi, and L. Saiful Arif, "Perilaku Berisiko Sebagai Faktor Penyebab Kecelakaan Pada Pengemudi Sepeda Motor Komersial: Systematic Review," *J. Keselam. Transp. Jalan (Indonesian J. Road Safety)*, vol. 8, no. 1, pp. 12–25, 2021, doi: 10.46447/ktj.v8i1.307.
- [3] A. Apriyani, "Pengaruh Pemasangan Cervical Collar Terhadap Pertolongan Pertama Pada Pasien Kecelakaan Dengan Fraktur Servikal : Literature Review," *Masker Med.*, vol. 10, no. 1, pp. 587–594, 2022, doi: 10.52523/maskermedika.v10i1.474.
- [4] C. Q. Alfiyah, A. Y. P. Asih, W. Afridah, and A. H. Z. Fasya, "Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis Pada Pekerja Proyek Kontruksi: Literature Review," *J. Ilmu Psikol. dan Kesehat.*, vol. 1, no. 4, pp. 283–290, 2023.
- [5] M. Practices, "AN ANALYTICAL REVIEW ON THE ROLE OF THE SILK ROAD IN WORLD HISTORY," vol. 8, no. 2, pp. 87–93, 2023.
- [6] L. A. K. Hartoyo, H. M. Deny, and D. L. Lestyanto, "Literature Review: Aggressive Driving," *J. Ris. Kesehat. Poltekkes Depkes Bandung*, vol. 13, no. 2, 2021, doi: 10.34011/juriskesbdg.v13i2.1855.
- [7] S. K. I. Aini, S. alka B. Putri, and I. Darmawan, "Implementasi Area Traffic Control System (ATCS) di Berbagai Wilayah di Indonesia Sebagai Penerapan Smart Mobility," *J. Multidisiplin Ilmu Akad.*, vol. 1, no. 6, pp. 428–439, 2024.
- [8] E. Gaotami and D. N. Reviyanna, "Literature Review: Effectiveness of Strategic Management and Human Resource Management

on Workplace Safety,” *OIKONOMIA J. Econ. Manag. Sci.*, vol. 1, no. 2, pp. 56–62, 2023, doi: 10.59165/oikonomia.v1i2.24.

[9] R. Fhaza, D. Yudha, D. G. Astapati, F. K. Pamungkas, E. Sari, and L. Toruan, “Impact of Intelligent Transportation Systems (ITS) on Traffic Improvement for Middle City Scale : A Systematic Literature Review (SLR),” vol. 4, no. 2, pp. 5691–5703, 2025.

[10] N. Q. Iskandar and A. Ghofilin, “Narrative Review: Penerapan Kecerdasan Buatan untuk Sistem Deteksi Kendaraan di Smart City: Studi Mengenai YOLOv8 dan Optical Character Recognition,” *Fuse-teknik Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 95–104, 2024, doi: 10.52434/jft.v4i2.41890.

[11] DEPARTEMEN PERMUKIMAN DAN PRASARANA WILAYAH, “PEDOMAN Konstruksi dan Bangunan Pd T-09-2004-B Penanganan lokasi rawan kecelakaan lalu lintas,” *Dep. Permukim. Dan Prasarana Wil.*, p. 54, 2004, [Online]. Available: <http://www.pu.go.id/uploads/services/infopublik20120704151813.pdf>.

[12] S. A. Kurnia, I. Elvina, and Robby, “Analisis Kecelakaan dan Alternatif Penanggulangannya Pada Jalan Rta Milono Dengan Metode AEK dan UCL,” *J. Tek. J. Teor. dan Terap. Bid. Keteknikan*, vol. 6, no. 1, pp. 49–55, 2022.

[13] R. Adawiyah, A. Surya, and H. Helnawati, “Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Pada Jalan Ahmad Yani KM. 18–KM. 28 Kalimantan Selatan,” *Pros. Snitt Poltekba*, vol. 5, pp. 223–226, 2021.