

Analisis Titik Daerah Rawan Kecelakaan Tertinggi Jalan Tol Surabaya – Gempol Dengan Metode *Equivalent Accident Number* (EAN) Serta Upaya Penanganannya

Tasya Riskiani

Program Studi Magister Teknik Sipil, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang
e-mail: tasyarjazair@gmail.com

Received 25-08-2025; Reviewed 18-10-2025; Accepted 30-10-2025
Journal Homepage: <http://ktj.pktj.ac.id/index.php/ktj>
DOI: 10.46447/ktj.v12i2.720

Abstract

The Surabaya–Gempol Toll Road is a strategic transportation corridor in East Java that supports both the movement of people and the distribution of goods. As traffic volume continues to increase, the risk of traffic accidents along this route has also risen. This study aims to identify accident-prone areas (black spots) and evaluate road users perceptions regarding the causes and handling of incidents, particularly at KM 15–16 of Lane B. A quantitative approach was employed in this research. The Equivalent Accident Number (EAN) method was used to determine accident-prone locations, while user perceptions were assessed using a Likert scale through distributed questionnaires. Prior to analysis, the instrument was tested for validity and reliability using SPSS, involving a total of 30 respondents. The analysis results indicate that the accident-prone area is located at KM 15–16 of Lane B, with KM 15.600 identified as the most critical point. Perceptions suggest that poor lighting and driver fatigue are the primary contributing factors to accidents. Respondents viewed incident handling as fairly adequate, although aspects such as emergency services and reporting systems require improvement. This study recommends enhancements in safety infrastructure and traffic management in high-risk areas.

Keywords: Toll Road Safety, Accident Prone Area, User Perception

Abstrak

Jalan Tol Surabaya–Gempol merupakan jalur transportasi strategis di Jawa Timur yang mendukung pergerakan masyarakat serta distribusi barang. Seiring meningkatnya volume kendaraan, risiko kecelakaan lalu lintas pada jalan tol ini juga mengalami peningkatan. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan (black spot) dan mengevaluasi pandangan pengguna jalan terkait penyebab serta penanganan insiden, khususnya di KM 15–16 Jalur B. Pendekatan kuantitatif digunakan dalam penelitian ini. Metode Equivalent Accident Number (EAN) diterapkan untuk menentukan lokasi rawan kecelakaan, sedangkan persepsi pengguna dikaji melalui skala Likert berdasarkan kuesioner yang disebar. Sebelum dianalisis, instrumen diuji validitas dan reliabilitasnya menggunakan SPSS, dengan total responden sebanyak 30 orang. Hasil analisis menunjukkan bahwa daerah rawan kecelakaan berada di KM 15-16 Jalur B. KM 15.600 Jalur B merupakan titik paling kritis, dengan hasil persepsi faktor dominan penyebab kecelakaan meliputi penerangan yang kurang dan kondisi kelelahan pengemudi. Responden menilai penanganan kejadian sudah cukup memadai, meskipun aspek seperti layanan darurat dan sistem pelaporan perlu ditingkatkan. Kajian ini merekomendasikan perbaikan sarana keselamatan dan manajemen lalu lintas di area prioritas.

Kata kunci: Keselamatan Jalan Tol, Daerah Rawan Kecelakaan, Persepsi Pengguna

PENDAHULUAN

Jalan bebas hambatan adalah jalan umum untuk lalu lintas menerus dengan pengendalian jalan masuk secara penuh dan tanpa adanya persimpangan sebidang serta dilengkapi dengan pagar ruang milik jalan (Bina Marga Direktorat Jendral, 2023). Salah satu ruas penting di Jawa Timur adalah Jalan Tol Surabaya–Gempol, yang menghubungkan kawasan industri, pelabuhan, dan pusat kota. Namun, seiring meningkatnya volume lalu lintas, risiko kecelakaan pada ruas ini juga meningkat, terutama di segmen dengan kondisi geometrik kompleks dan arus kendaraan padat. Kecelakaan di jalan tol tidak hanya menimbulkan kerugian material dan korban jiwa, tetapi juga mengganggu kelancaran transportasi (Undang Undang No. 22 tahun, 2009).

Jenis serta factor indikator kecelakaan lalu lintas dapat dibagi ke dalam lima kategori, yakni berdasarkan korban, lokasi kejadian, waktu kejadian, posisi tabrakan, dan jumlah kendaraan yang terlibat (Nurruzulfa, 2020). Selain itu kecelakaan merupakan peristiwa yang ditimbulkan oleh berbagai faktor, yang pada dasarnya ditimbulkan oleh kurang efektifnya gabungan dari faktor-faktor utama yaitu pemakai jalan (manusia), lingkungan, jalan dan kendaraan (Harahap, 2019; Oktopianto & Pangesty, 2021). Dalam sistem lalu lintas, peran pemakai jalan sangatlah krusial karena manusia merupakan unsur utama yang mendorong terjadinya aktivitas lalu lintas (Pangestu et al., 2023). Menurut (Prasetyanto, 2020) mengemukakan bahwa unsur manusia sebagai pemakai jalan terdiri dari dua golongan, yaitu pengemudi dan pejalan kaki.

Selanjutnya factor lingkungan, faktor ini sering terkait dengan situasi sekitar jalan yang memungkinkan terjadinya kecelakaan. Beberapa faktor yang menjadikan lingkungan sebagai pemicu kecelakaan meliputi lokasi jalan, kondisi iklim atau musim, serta keadaan sekitar jalan (Aryatama, 2022; Oktopianto et al., 2025a). Menurut (Rosolino, V., 2015) element jalan adalah salah satu faktor utama yang memengaruhi keselamatan berkendara di jalan raya. Faktor-faktor jalan, baik sifat maupun kondisinya berperan penting dalam menyebabkan kecelakaan di jalan raya. Pemeliharaan dan perbaikan jalan berdampak pada karakteristik kecelakaan (Oktopianto et al., 2025b).

Factor terakhir adalah factor kendaraan. Kendaraan berperan sebagai fondasi dalam sistem lalu lintas yang aman, di mana keberhasilannya bergantung pada interaksi antara manusia, kendaraan, dan lingkungan jalan (European Commission, 2009). Keselamatan dalam transportasi jalan sangat terkait dengan cara keempat komponen tersebut saling memengaruhi. Penerapan prinsip jalan yang menjamin keselamatan menjadi kunci dalam upaya penanganan keselamatan lalu lintas dan pengembangan ruas jalan yang aman. Oleh karena itu perlunya keselamatan dalam berlalu lintas untuk mengurangi tingginya angka kecelakaan.

Keselamatan dalam berlalu lintas adalah komponen penting yang tidak bisa dipisahkan dari konsep transportasi berkelanjutan, yang mengutamakan prinsip-prinsip transportasi yang aman, nyaman, cepat, ramah lingkungan (mengurangi polusi udara), dan dapat diakses oleh seluruh lapisan masyarakat, termasuk penyandang disabilitas, anak-anak, ibu rumah tangga, serta lansia (Soejachmoen, 2014). Fungsi utama keselamatan lalu lintas adalah menjaga ketertiban agar semua aktivitas di jalan dapat dilakukan secara aman. Kecelakaan sering terjadi di tempat dan waktu yang berbeda, sehingga sulit untuk menentukan daerah rawan kecelakaan (Sitohang et al., 2020). Dengan memanfaatkan teknik data mining, Identifikasi daerah rawan

kecelakaan (*black spot*) menjadi langkah strategis dalam upaya mitigasi risiko kecelakaan serta perencanaan perbaikan infrastruktur.

Salah satu metode yang umum digunakan adalah *Equivalent Accident Number* (EAN), yang mempertimbangkan frekuensi dan tingkat keparahan kecelakaan (Bolla et al., 2013). Penelitian ini bertujuan untuk mencari titik daerah rawan kecelakaan tertinggi Jalan Tol Surabaya – Gempol Dengan Metode *Equivalent Accident Number* (EAN) dan upaya penanganannya yang akan berkontribusi dalam pengembangan kajian keselamatan jalan tol di Indonesia dengan menghadirkan pendekatan terpadu antara analisis kuantitatif (EAN) dan persepsi pengguna jalan. Integrasi ini menghasilkan gambaran komprehensif mengenai kondisi keselamatan serta dasar ilmiah untuk perencanaan perbaikan sarana dan manajemen lalu lintas berbasis data empiris terhadap lokasi titik rawan pada ruas Jalan Tol Surabaya–Gempol.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada ruas Jalan Tol Surabaya–Gempol dengan menggunakan pendekatan kuantitatif, yang dipilih karena mampu memberikan hasil analisis objektif dan terukur terhadap tingkat keselamatan jalan. Pendekatan ini memanfaatkan data primer berupa persepsi pengguna jalan yang diperoleh melalui kuesioner, serta data sekunder berupa catatan kecelakaan dari pengelola jalan tol. Data tersebut kemudian dianalisis melalui beberapa tahapan.

1. Studi Literatur

Tahap ini dilakukan untuk memperoleh dasar teori dan referensi mengenai identifikasi lokasi rawan kecelakaan. Metode ini dipilih agar penelitian memiliki landasan ilmiah yang kuat, sekaligus memastikan bahwa variabel dan metode analisis yang digunakan selaras dengan standar penelitian sebelumnya.

2. Pengumpulan Data

Data yang digunakan terdiri atas:

a. Data Primer

1. Survei inventarisasi jalan

dilakukan untuk memperoleh gambaran umum kondisi ruas tol, termasuk sarana, prasarana, dan fasilitas keselamatan. Metode ini dipilih karena penting untuk mengetahui keterkaitan antara kondisi fisik dan potensi kecelakaan.

2. Survei geometrik

Data ini membantu mengevaluasi kesesuaian terhadap standar teknis dan menentukan faktor geometrik yang berisiko terhadap kecelakaan.

3. Pra-kuesioner

Pra-kuesioner bertujuan mengidentifikasi pertanyaan yang ambigu, tumpang tindih, atau kurang relevan, serta menguji validitas dan reliabilitas instrumen penelitian. Pra-kuesioner ini dilakukan terhadap 30 responden.

4. Kuesioner

Berfungsi sebagai salah satu instrumen utama pengumpulan data penelitian. Metode pengambilan sampel penelitian ini dengan *probability sampling methods*. Setelah dilakukan perhitungan sampel didapatkan hasil 384,16 atau 385 responden. Selanjutnya kuesioner di analisis dengan skala likert.

b. Data Sekunder

1. Penentuan lokasi rawan kecelakaan menggunakan metode *Equivalent Accident Number* (EAN). Metode ini dipilih karena tidak hanya

memperhitungkan frekuensi kecelakaan, tetapi juga tingkat keparahannya, sehingga hasil identifikasi lebih akurat dan representatif.

- Analisis deskriptif kuantitatif yang mencakup uji reliabilitas dan validitas. Instrumen dengan tingkat reliabilitas yang tinggi adalah instrumen yang mampu menyajikan data yang konsisten dan dapat dipercaya (Sanaky, 2021). Berikut hasil uji reliabilitas dan validitasnya.

Tabel 1. Hasil Reliability

Penyebab Kecelakaan		Penanganan Kecelakaan	
<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>	<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
.928	10	.864	10

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Tabel 2. Hasil Validitas

Penyebab Kecelakaan				Penanganan Kecelakaan			
Item	r hitung	r table	Kesimpulan	Item	r hitung	r table	Kesimpulan
X1	.646**	0,5703	Valid	Y1	.685**	0,5703	Valid
X2	.751**	0,5703	Valid	Y2	.601**	0,5703	Valid
X3	.859**	0,5703	Valid	Y3	.674**	0,5703	Valid
X4	.863**	0,5703	Valid	Y4	.648**	0,5703	Valid
X5	.746**	0,5703	Valid	Y5	.618**	0,5703	Valid
X6	.784**	0,5703	Valid	Y6	.651**	0,5703	Valid
X7	.819**	0,5703	Valid	Y7	.797**	0,5703	Valid
X8	.766**	0,5703	Valid	Y8	.742**	0,5703	Valid
X9	.795**	0,5703	Valid	Y9	.671**	0,5703	Valid
X10	.787**	0,5703	Valid	Y10	.689**	0,5703	Valid

Sumber: Hasil Analisis, 2025

- Analisis skala Likert Metode ini dipilih karena mampu mengukur sikap dan tingkat persetujuan responden terhadap fenomena keselamatan jalan secara sistematis. *Skala Likert* merupakan alat ukur yang digunakan untuk menilai persepsi, sikap, atau pandangan individu maupun kelompok terhadap suatu peristiwa atau fenomena sosial. Dalam *skala Likert*, terdapat dua jenis pernyataan, yaitu pernyataan positif yang digunakan untuk mengukur respons positif, dan pernyataan negatif yang ditujukan untuk menilai respons negative (Pranatawijaya et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Daerah Rawan Kecelakaan Tol Surabaya – Gempol

Pengklasifikasian titik rawan kecelakaan di Jalan Tol Surabaya–Gempol dilakukan dengan metode EAN, yang menghitung jumlah insiden per kilometer dan mengalikannya dengan bobot sesuai tingkat keparahan: 12 untuk korban meninggal, 3 untuk luka berat/ringan, dan 1 untuk kerusakan kendaraan. Segmen dengan nilai EAN melebihi UCL dan BKA dikategorikan sebagai daerah rawan kecelakaan. Dari 2.217 kasus dalam periode Juli 2022–Juni 2025, dilakukan analisis per kilometer, kemudian setiap segmen dirangking berdasarkan tingkat kerawannya. Berikut adalah hasil perengkingan daerah rawan kecelakaan di Tol Surabaya – Gempol di seluruh kilometer:

Tabel 3. Hasil Perhitungan DRK Jalur A

Jalur A									
KM	Korban				EAN	C	UCL	BKA	Keterangan
	MD	LB	LR	K					
03 - 04	0	1	0	47	50	29,64444	42,68050	45,97846	Black Spot
06 - 07	0	1	3	40	52	29,64444	42,92672	45,97846	Black Spot
11 - 12	0	1	6	90	111	29,64444	48,88262	45,97846	Black Spot
12 - 13	0	1	6	38	59	29,64444	43,75766	45,97846	Black Spot
14 - 15	2	1	1	41	71	29,64444	45,08524	45,97846	Black Spot
745 - 746	0	0	5	40	55	29,64444	43,28851	45,97846	Black Spot
756 - 757	0	1	1	57	63	29,64444	44,21279	45,97846	Black Spot
759 - 760	0	1	5	32	50	29,64444	42,68050	45,97846	Black Spot
761 - 762	0	3	13	22	70	29,64444	44,97875	45,97846	Black Spot

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Tabel 4. Hasil Perhitungan DRK Jalur B

JALUR B									
KM	Korban				EAN	C	UCL	BKA	Keterangan
	MD	LB	LR	K					
12 - 13	0	1	4	57	72	41,06667	56,64708	60,29165	Black Spot
13 - 14	0	2	6	49	73	41,06667	56,75151	60,29165	Black Spot
15 - 16	0	1	8	190	217	41,06667	67,92300	60,29165	Black Spot
759 - 760	0	0	6	54	72	41,06667	56,64708	60,29165	Black Spot
762 - 763	3	8	22	22	148	41,06667	63,2686	60,29165	Black Spot
769 - 770	2	1	1	47	77	41,06667	57,16287	60,29165	Black Spot
770 - 771	1	2	5	37	70	41,06667	56,43624	60,29165	Black Spot

Sumber : Hasil Analisis, 2025

Mengacu pada hasil pembobotan kejadian kecelakaan melalui metode angka ekuivalen serta identifikasi titik rawan kecelakaan menggunakan pendekatan *upper control limit* (UCL) dan Batas Kontrol Atas. KM 15-16 pada Jalur B tercatat sebagai titik dengan tingkat kecelakaan tertinggi di jalan tol Surabaya - Gempol.

2. Karakteristik Kecelakaan KM 15 – 16 Jalur B

Berdasarkan hasil analisis distribusi lokasi kecelakaan lalu lintas per kilometer jalan selama periode tiga tahun terakhir, diketahui bahwa pada segmen KM 15–16 Jalur B, titik KM 15.600 merupakan lokasi dengan frekuensi kejadian tertinggi. Dari total 194 kecelakaan yang tercatat, sebanyak 116 kejadian (59,79%) kecelakaan terjadi di titik tersebut. Berdasarkan tingkat keparahan korban, KM 15.600 juga tercatat sebagai titik dengan jumlah kecelakaan tertinggi, meliputi 1 kasus luka berat, 5 kasus luka ringan, dan 114 kasus tanpa korban jiwa atau kecelakaan tanpa korban. Analisis pola hari kejadian (senin – minggu) menunjukkan bahwa kecelakaan pada segmen KM 15–16 Jalur B paling sering terjadi pada hari Sabtu (weekend), dengan jumlah 47 kejadian. Sementara itu, analisis waktu kejadian mengidentifikasi periode pukul 16.00–19.59 sebagai jam rawan kecelakaan, dengan

jumlah 71 kejadian, sehingga periode ini memerlukan perhatian khusus dalam upaya pencegahan.

Tinjauan terhadap jenis kecelakaan menunjukkan bahwa tabrak beruntun merupakan tipe yang paling dominan di segmen KM 15–16 Jalur B, dengan frekuensi sebanyak 98 kejadian. Faktor eksternal berupa kondisi cuaca juga memengaruhi terjadinya kecelakaan, di mana mayoritas insiden terjadi pada saat cuaca cerah. Selain itu, analisis posisi tumbukan mengungkap bahwa kecelakaan paling banyak terjadi di lajur kanan, dengan jumlah 139 kejadian. Pola ini mengindikasikan adanya kecenderungan pergerakan kendaraan dan potensi pelanggaran yang terjadi di lajur tersebut, sehingga memerlukan evaluasi terhadap aspek desain geometrik, rambu lalu lintas, dan pengaturan kecepatan.

3. Kondisi Geometri KM 15 – 16 Jalur B

Analisis ini menggunakan data yang dikumpulkan dari hasil survei lapangan, dokumentasi teknis, serta pengamatan visual langsung di lokasi kejadian. Berikut hasil tabel identitas dan geometri KM 15 – 16 Jalur B.

Tabel 5. Identitas KM 15 – 16 Jalur B

Lokasi	Panjang Jalan	Tipe Jalan
KM 15–16 B	1 KM	6/2 D
Tata Guna Lahan Komersial		Kecepatan Yang Diizinkan 80 KM / 60 KM
Klasifikasi Jalan		
Sistem jaringan Primer	Status Nasional	Fungsi Arteri Primer
		Jenis permukaan flexible pavement

Tabel 6. Geometri Jalan KM 15 – 16 Jalur B

Parameter	Ukuran
Lebar Drainase (m)	1,50 m
Panjang Drainase (m)	50,00 m
Kedalaman Drainase (m)	1,20 m
Lebar Bahu Jalan (m)	2,75 m
Lebar lajur 1,2,3 (m)	3,6 m
Jenis bahu jalan	Diperkeras
Kemiringan jalan (%)	2 – 3 %

Sumber: Hasil Analisis, 2025

4. Inventarisasi Perlengkapan Jalan KM 15 – 16 Jalur B

Inventarisasi perlengkapan jalan dilakukan melalui survei lapangan untuk mencatat jenis, jumlah, kondisi, dan lokasi rambu, marka, guardrail, serta fasilitas pelengkap lainnya. Berikut tabel inventarisasi perlengkapan jalan KM 15-16 Jalur B.

Tabel 7. Hasil Inventarisasi Perlengkapan Jalan KM 15 – 16 Jalur B

Kondisi	Rambu Reflektifitas	Kondisi	Marka Reflektifitas
11 baik, 1 tertutup ranting	557,8 Memenuhi Standar	Baik, namun ada 7 titik marka yang hilang dan 6 titik marka memudar	RI= 418 Qd=171 Memenuhi Standar
Guardrail Kondisi		Guardrail Reflektor Kondisi	
Dalam kondisi baik, namun bagian end terminalnya memiliki bentuk yang menonjol lurus ke arah badan jalan		Baik, tidak tertutup debu	
Permukaan Jalan Kondisi		Drainase Kondisi	
12 titik alur, 9 titik cekungan, 1 titik retak memanjang /melintang, 9 titik pengausan agregat, 2 titik retak kulit buaya, 5 titik lubang, 13 titik tambalan		Beberapa bagian saluran mengalami sedimentasi dan penyumbatan , sistem drainase yang terbuka menimbulkan potensi bahaya	

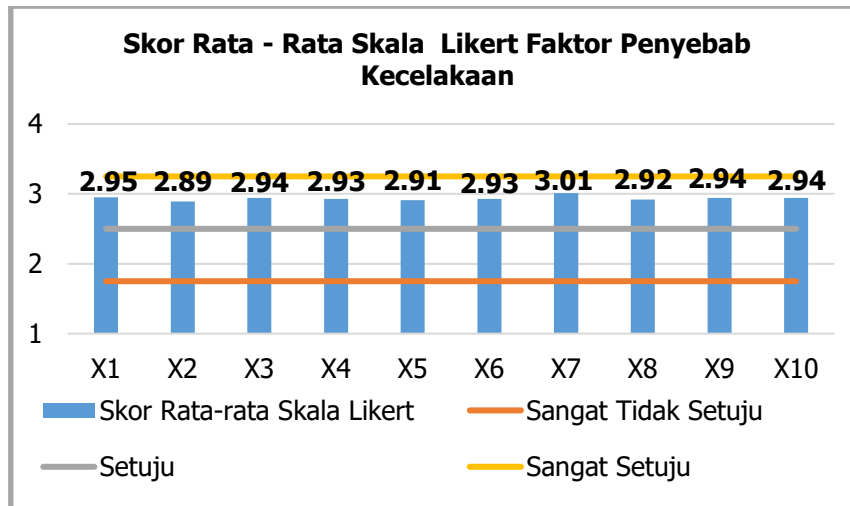
Sumber: Hasil Analisis, 2025

5. Karakteristik Responden Kuesioner

Berdasarkan hasil rekapitulasi data kuesioner, karakteristik responden menunjukkan bahwa mayoritas berjenis kelamin laki-laki dengan rentang usia terbanyak antara 25 hingga 30 tahun, yang pada umumnya berada pada usia produktif dan aktif dalam kegiatan ekonomi. Sebagian besar responden bekerja sebagai wiraswasta, sehingga tingkat mobilitas mereka cenderung tinggi dan membutuhkan akses transportasi yang cepat serta efisien. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa frekuensi penggunaan jalan tol oleh responden sangat intens, yakni setiap hari dengan rata-rata 5 hingga 7 kali dalam seminggu, baik untuk keperluan pekerjaan, distribusi barang, maupun aktivitas pribadi. Adapun jenis kendaraan yang paling banyak digunakan adalah kendaraan golongan 1, yang meliputi mobil penumpang, jip, atau kendaraan pribadi sejenis, yang umum digunakan untuk menunjang aktivitas sehari-hari. Kombinasi karakteristik ini mengindikasikan bahwa responden memiliki ketergantungan tinggi terhadap keberadaan jalan tol dan sangat bergantung pada kondisi infrastruktur serta layanan yang disediakan.

6. Hasil Analisis Skala Likert Faktor Penyebab Kecelakaan

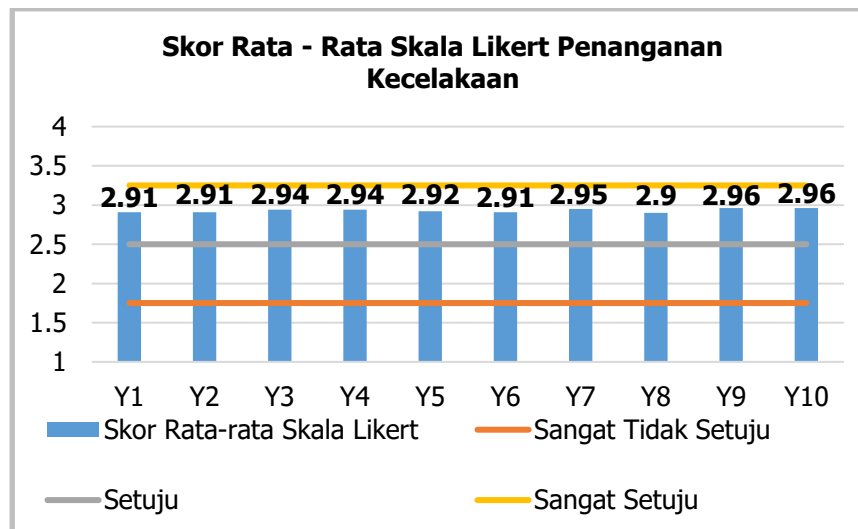
Analisis skala Likert menunjukkan dua faktor dominan penyebab kecelakaan di KM 15–16 Jalur B, yaitu penerangan jalan yang kurang memadai dan kondisi mengantuk/kelelahan pengemudi. Kedua faktor ini mencerminkan peran besar faktor infrastruktur dan faktor manusia, sehingga pencegahan perlu dilakukan melalui peningkatan kualitas penerangan jalan serta edukasi dan pengawasan terhadap pengemudi.



Gambar 1. Grafik Visualisasi Skor Rata-Rata Variabel X

7. Hasil Analisis Skala Likert Penanganan Kecelakaan

Hasil analisis Y1–Y10 menunjukkan mayoritas responden setuju perlunya perbaikan sistem keselamatan di KM 15–16 Jalur B, dengan fokus utama pada penambahan penerangan jalan dan perbaikan fisik permukaan jalan. Upaya peningkatan keselamatan perlu mencakup pencegahan melalui infrastruktur yang optimal dan penanganan pasca kecelakaan dengan layanan darurat yang cepat dan fasilitas pendukung memadai.



Gambar 2. Grafik Visualisasi Skor Rata-Rata Variabel Y

SIMPULAN

Analisis EAN menunjukkan bahwa titik rawan kecelakaan tertinggi berada di KM 15–16 Jalur B, dengan titik kritis di KM 15.600. Dua penyebab dominan kecelakaan adalah penerangan jalan yang kurang memadai serta pengemudi yang mengantuk atau kelelahan, menunjukkan bahwa faktor infrastruktur dan manusia memiliki pengaruh paling besar terhadap risiko kecelakaan. Sebagai tindak lanjut, disarankan kepada pengelola Jalan Tol Surabaya–Gempol untuk meningkatkan intensitas dan distribusi lampu penerangan di KM 15–16, terutama pada area dengan visibilitas rendah dan tikungan. Selain itu, perlu pemasangan rambu peringatan kelelahan

(fatigue warning), zona istirahat mikro (micro rest area) dengan fasilitas minimal, serta papan informasi dinamis (VMS) yang menampilkan peringatan bahaya mengantuk dan kondisi lalu lintas terkini.

Untuk meningkatkan penanganan pascakecelakaan, pengelola perlu mempercepat waktu tanggap darurat dengan penempatan unit patroli tambahan di segmen KM 11–16 dan integrasi sistem pengaduan cepat berbasis aplikasi atau hotline 24 jam. Sistem ini sebaiknya terhubung langsung dengan pusat kendali lalu lintas dan ambulans tol agar evakuasi dapat dilakukan lebih cepat. Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan pendekatan multi-metode, menggabungkan data kecelakaan rinci, rekaman CCTV, serta analisis perilaku pengemudi untuk memahami dinamika kecelakaan secara lebih komprehensif dan mendukung perancangan strategi keselamatan berbasis data nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryatama, F. Z. (2022). Analisis Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas Di Jalan Empunala Kota Mojokerto. *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, 5(1), 28–35. <https://doi.org/10.52447/jkts.v5i1.4111>
- Bina Marga Direktorat Jendral. (2023). Panduan Kapasitas Jalan Indonesia 2014. *Panduan Kapasitas Jalan Indonesia*, 68.
- Bolla, M. E., Messah, Y. A., & Koreh, M. M. B. (2013). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Studi Kasus Ruas Jalan Timur Raya Kota Kupang). *Jurnal Teknik Sipil*, II(2), 147–156.
- European Commission, D.-G. T. and E. (2009). *EU energy and transport in figures - Statistical Pocketbook 2009* (Number February). <https://doi.org/10.2768/39718>
- Harahap. (2019). Masalah Lalu lintas dan Pengembangan Jalan (DPU). *Jurnal Konstruksi*, 8(1), 1–13.
- Nurruzulfa. (2020). Perbandingan Adaboost C4.5 Dan Adaboost Naive Bayes Pada Klasifikasi Korban Kecelakaan Lalu Lintas Di Kabupaten Pati. *Universitas Muhammadiyah Semarang*, (2015), 1–27.
- Oktopianto, Y., Antonius, A., & Rochim, A. (2025a). An Artificial Neural Network Approach for Predicting Pavement Distress: A Case Study Toward Sustainable Road Maintenance. *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology (ASSET)*, 7(3). <https://doi.org/10.26877/asset.v7i3.2133>
- Oktopianto, Y., Antonius, A., & Rochim, A. (2025b). Evaluation of Urban Road Stability Through the Integration of the Surface Distress Index and International Roughness Index. *Fondasi: Jurnal Teknik Sipil*, 14(1), 1–12. <https://doi.org/10.62870/fondasi>
- Oktopianto, Y., & Pangesty, S. (2021). Analisis Daerah Lokasi Rawan Kecelakaan Jalan Tol Tangerang-Merak. *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 8(1), 26–37. <https://doi.org/10.46447/ktj.v8i1.301>
- Pangestu, I. D., Noor, H. T., & Gunawan, G. (2023). Faktor Utama Penyebab Pelanggaran Lalu Lintas oleh Pengendara Sepeda Motor. *JUSTITIA Jurnal Ilmu Hukum Dan Humaniora*, 6(2), 648. <https://doi.org/10.31604/justitia.v6i2.648-658>
- Pranatawijaya, V. H., Widiatry, W., Priskila, R., & Putra, P. B. A. A. (2019). Penerapan Skala Likert dan Skala Dikotomi Pada Kuesioner Online. *Jurnal Sains Dan Informatika*, 5(2), 128–137. <https://doi.org/10.34128/jsi.v5i2.185>
- Prasetyanto, D. (2020). *Keselamatan LLAJ*.

- Rosolino, V., et al. (2015). Road Safety Performance Assessment: A New Road Network Risk Index for Info Mobility. *Social and Behavioural Sciences*, 111, 624–633.
- Sanaky, M. M. (2021). Analisis Faktor-Faktor Keterlambatan Pada Proyek Pembangunan Gedung Asrama Man 1 Tulehu Maluku Tengah. *Jurnal Simetrik*, 11(1), 432–439. <https://doi.org/10.31959/js.v11i1.615>
- Sitohang, H., Rosmiati, & Merni, S. (2020). K-Means method for analysis of accident-prone areas in Palangka Raya. *Journal of Physics: Conference Series*, 1566(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1566/1/012008>
- Soejachmoen. (2014). Keselamatan Pejalan Kaki dan Transportasi. *Provinsi Banten*, 20(5), 40–43.
- Undang Undang No. 22 tahun. (2009). *UU no.22 tahun 2009.pdf*(p. 203).