

ANALISIS PENINGKATAN KESELAMATAN PENGGUNA JALAN MENGUNAKAN METODE HIRARC (Studi Kasus : Jalan Tol Ruas Pejagan Pemalang)

Moch Haekal Bahri^{1*}, Rachmat Mudiyo², Juny Andry Sulisty³,

¹Mahasiswa Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang^{*} ;

^{2,3}Dosen Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
e-mail:

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Traffic growth on the Pejagan–Pemalang Toll Road increases the potential for accidents even though capacity and service levels are relatively good. This study aims to identify accident-prone locations (LRK) and assess the level of infrastructure risk in order to formulate safety improvement strategies. The methods used include analysis of Equivalent Accident Number (EAN) and Cumulative Summary (CUSUM) analysis to determine accident-prone points, followed by risk evaluation using the Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC) method. The results of the analysis show that the priority segments in lane A are KM 297 and 305, while in lane B they are KM 263, 251, and 305. The highest risk levels are at KM 297 A (10.33 – Medium), followed by KM 305 B (9.8 – Medium), KM 305 A (7.38 – Medium), and KM 263 B (6 – Medium). Infrastructure conditions such as damaged guardrails, missing guideposts, open drainage, and unprotected segments are dominant risk factors. Recommendations include the installation of rumble strips, speed reducers, rumble dots, ETLE, pavement repairs, and road improvements to sustainably reduce accident rates.

Pertumbuhan lalu lintas pada Jalan Tol Pejagan–Pemalang meningkatkan potensi kecelakaan meskipun kapasitas dan tingkat pelayanan tergolong baik. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan (LRK) dan menilai tingkat risiko infrastruktur guna merumuskan strategi peningkatan keselamatan. Metode yang digunakan meliputi analisis Equivalent Accident Number (EAN) dan Cumulative Summary (CUSUM) untuk menentukan titik rawan, dilanjutkan evaluasi risiko dengan metode Hazard Identification, Risk Assessment, and Risk Control (HIRARC). Hasil analisis menunjukkan segmen prioritas di lajur A adalah KM 297 dan 305, sedangkan di lajur B adalah KM 263, 251, 305. Tingkat risiko tertinggi berada pada KM 297 A (10,33 – Medium) diikuti KM 305 B (9,8 – Medium), KM 305 A (7,38 – Medium), dan KM 263 B (6 – Medium). Kondisi infrastruktur seperti kerusakan guardrail, guide post hilang, drainase terbuka, dan segmen tanpa pelindung menjadi faktor dominan risiko. Rekomendasi meliputi pemasangan rumble strip, speed reducer, rumble dot, ETLE, perbaikan perkerasan, dan peningkatan kelengkapan jalan untuk menurunkan angka kecelakaan secara berkelanjutan.

Keyword :

*EAN, CUSUM, HIRARC,
toll road safety.*

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan jumlah penduduk mendorong meningkatnya kebutuhan transportasi, sarana, dan prasarana jalan. Kondisi ini memicu berbagai kendala seperti peningkatan kepadatan lalu lintas yang berdampak pada penurunan kenyamanan, kemacetan, dan risiko kecelakaan, sehingga menurunkan kinerja pelayanan lalu lintas serta menimbulkan kerugian material maupun korban jiwa (Qurni, 2016). Prasarana jalan yang baik mendukung kelancaran mobilitas orang dan barang, sebaliknya kondisi jalan yang buruk dapat menyebabkan kerugian berupa hilangnya waktu, pemborosan BBM, dan penurunan keselamatan lalu lintas (Yunus & Mirajhusnita, 2020).

Sebagai upaya mengatasi peningkatan volume lalu lintas, pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum merencanakan pembangunan jalan tol sepanjang ± 6.000 km hingga tahun 2025 (Budiharjo et al., 2021). Jalan tol, sebagai jalan bebas hambatan, diharapkan mampu meningkatkan kualitas pelayanan transportasi. Namun, status bebas hambatan tidak menghilangkan potensi kecelakaan, sehingga diperlukan langkah pengendalian risiko untuk meningkatkan keselamatan (Oktopianto & Pangesty, 2021). Data Korlantas Polri menunjukkan pada tahun 2024 terjadi 1.150.000 kecelakaan lalu lintas dengan 27.000 korban jiwa, meningkat 8% dibandingkan tahun 2023 (Rengganis, 2024). Di Ruas Jalan Tol Pejagan–Pemalang, tercatat 238 kecelakaan pada 2024 dengan 11 korban meninggal, dan pada Januari–Mei 2025 tercatat 51 kecelakaan dengan 3 korban meninggal. Kondisi ini menjadi perhatian PT. Pejagan Pemalang Tol Road dalam upaya peningkatan keselamatan jalan (Dina & Amin, 2023).

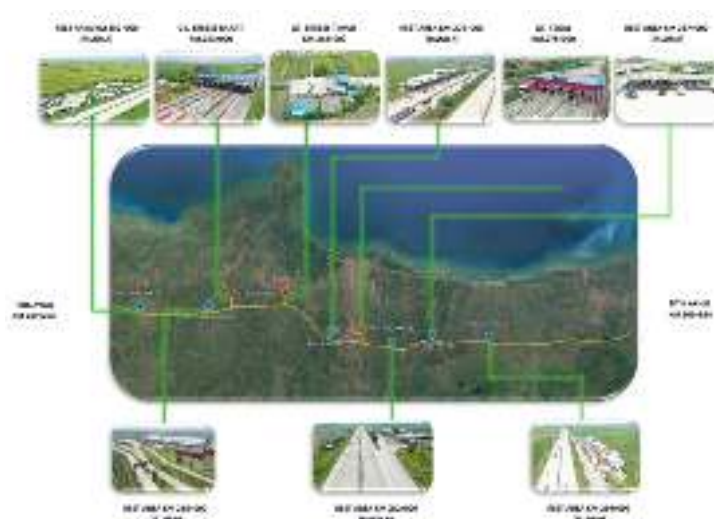
Keselamatan lalu lintas merupakan aspek penting dalam sistem transportasi nasional guna mendukung kelancaran perekonomian dan pembangunan (Ruktiningsih, 2017). Dalam konteks tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis daerah rawan kecelakaan di Jalan Tol Ruas Pejagan–Pemalang dengan pendekatan yang diawali perhitungan Equivalent Accident Number (EAN) dan *Cumulative Summary* (CUSUM) untuk menentukan Lokasi rawan kecelakaan (Pembuain et al., 2024a). Hasil dari tahapan ini digunakan dalam identifikasi dan analisis Daerah Rawan Kecelakaan (DRK), yang kemudian dilanjutkan dengan penilaian kinerja lalu lintas dan kondisi jalan pada lokasi tersebut dengan menerapkan metode HIRARC (Hazard Identification, Risk

Assessment, Risk Control) untuk mengevaluasi risiko infrastruktur dan merumuskan strategi peningkatan keselamatan.

2. METODOLOGI

Metodologi penelitian ini disusun untuk mengkaji keselamatan lalu lintas di Jalan Tol Ruas Pejagan–Pemalang dengan tujuan mengidentifikasi daerah rawan kecelakaan, menilai kinerja lalu lintas, serta mengevaluasi risiko infrastruktur jalan. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dan kualitatif, diawali dengan pengumpulan data kecelakaan dan kondisi jalan dari sumber primer dan sekunder. Adapun Langkah dalam penelitian.

2.1 Lokasi Penelitian



Gambar 2. 1 Lokasi Penelitian Jalan Tol Pejagan-Pemalang

Ruas Jalan Tol Pejagan–Pemalang sepanjang 57,50 km melintasi Kabupaten Brebes, Kabupaten Tegal, dan Kabupaten Pemalang di Provinsi Jawa Tengah, mencakup jalur A (arah Semarang) dan jalur B (arah Jakarta) dari KM 249+242 hingga KM 306+664. Jalan tol ini dikelola oleh PT Pejagan Pemalang Toll Road (PPTR) dengan kantor utama di Gerbang Exit Tol Adiwerna, Desa Kalimati, Kecamatan Adiwerna, Kabupaten Tegal.

2.2 Teknik Pengumpulan Data

Data primer didapatkan dengan survei di lapangan secara langsung dan data sekunder didapatkan dari Badan Usaha Jalan Tol Pejagan-Pemalang . Data – data dalam penelitian ini

antara lain :

- a. Penelitian mengambil data primer berupa data geometrik jalan meliputi panjang, lebar, tipe, perkerasan, bahu, drainase, rambu dan marka jalan. Data ini diharapkan dapat mempresentasikan dan mengetahui kondisi nyata di ruas jalan tersebut.
- b. Pengumpulan data sekunder yang didapatkan dari BUJT mengenai data kecelakaan lalu lintas 5 tahun terakhir (2019 – 2023) yang terjadi di ruas Tol Pejagan-Pemalang

2.3 Equivalent Accident Number (EAN)

Metode EAN digunakan untuk mengidentifikasi daerah rawan kecelakaan dengan mengubah berbagai jenis kecelakaan menjadi satuan setara berdasarkan tingkat keparahannya (Bina Marga, 2004). Kecelakaan dengan dampak lebih berat diberi bobot lebih tinggi, yaitu meninggal dunia (MD) = 12, luka berat (LB) = 6, luka ringan (LR) = 3, dan kerusakan kendaraan (K) = 1 (Oktopianto et al., 2021)

$$EAN = (12 \times MD) + (6 \times LB) + (3 \times LR) + (1 \times K) \quad (1)$$

Keterangan :

EAN = Equivalent Accident Number ; MD = Meninggal Dunia ; LB = Luka Berat ; LR = Luka Ringan ; K = Kerusakan kendaraan

2.4 Cumulative Summary (CUSUM)

Metode Cussum (*Cumulative Summary*) digunakan untuk mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan melalui analisis statistik yang mendeteksi perubahan pola kecelakaan dari nilai rata-rata. Cussum membantu mengenali lonjakan signifikan pada frekuensi kecelakaan. Penelitian oleh (Tresna Aji et al., 2024) menunjukkan efektivitas metode ini dalam mengungkap ruas jalan dengan peningkatan kecelakaan yang mencolok. Rumus perhitungannya adalah.

Nilai rata-rata diperoleh dari data sekunder dengan rumus:

$$W = \frac{\sum X_i}{L \times T} \quad (2)$$

Keterangan:

W = nilai rata-rata kecelakaan ; $\sum X_i$ = total jumlah kecelakaan ; L = jumlah segmen jalan (STA) ; T = periode waktu pengamatan.

Nilai *Cussum* pada tahun pertama dihitung dengan mengurangi jumlah kecelakaan tahun

tersebut dengan nilai rata-rata:

$$S_0 = (X_1 - W) \quad (3)$$

Keterangan:

S_0 = nilai *Cussum* tahun pertama ; X_1 = jumlah kecelakaan pada tahun pertama ; W = nilai rata-rata kecelakaan

Untuk tahun-tahun berikutnya, nilai *Cussum* diperoleh dengan menjumlahkan nilai *Cussum* sebelumnya dengan selisih antara jumlah kecelakaan pada tahun tersebut dan nilai rata-rata:

$$S_i = S_{i-1} + (X_i - W) \quad (4)$$

Keterangan:

S_i = nilai *Cussum* tahun ke-I ; S_{i-1} = nilai *Cussum* tahun sebelumnya ; X_i = jumlah kecelakaan pada tahun ke-I ; W = nilai rata-rata kecelakaan.

2.5 Hazard Identification Risk Assesment Control (HIRARC)

Metode HIRARC digunakan untuk mengidentifikasi bahaya, menilai tingkat risiko, dan menentukan langkah pengendalian atau pencegahan, serta banyak diterapkan dalam keselamatan kerja dan keselamatan jalan, termasuk di jalan tol (Syarifuddin et al., 2024). Prosesnya meliputi tiga tahap, yaitu identifikasi bahaya untuk mengenali potensi yang membahayakan pengguna jalan, penilaian risiko menggunakan matriks risiko dengan rumus *Risiko = Tingkat Keparahan × Tingkat Kemungkinan*, serta pengendalian risiko melalui tindakan pencegahan dan penanganan sesuai tingkat prioritas. Pada tahap penilaian risiko, nilai risiko dihitung berdasarkan *likelihood* (tingkat kemungkinan) dan *severity* (tingkat keparahan) sebagai dasar penentuan strategi pengendalian (Pembuain et al., 2024a). Berikut klasifikasi penilaian HIRARC.

Tabel 2. 1 Tingkat Kemungkinan Terjadinya Risiko

Kemungkinan (Seberapa Sering?)	Nilai	Keterangan
Hampir tidak pernah	1	Hampir tidak pernah terjadi
Kadang-kadang	2	Jarang terjadi
Sering	3	Dapat terjadi sewaktu-waktu
Sangat sering	4	Sering terjadi
Selalu terjadi	5	Dapat terjadi setiap saat

Tabel 2. 2 Tingkat Keparahan Terjadinya Risiko

Tingkat	Kriteria	Keterangan
1.	Tidak berbahaya	Tidak ada cedera, kerugian finansial kecil
2.	Luka ringan	Ada luka dan membutuhkan pertolongan, kerugian finansial kecil
3.	Luka sedang	Cedera dan membutuhkan perawatan medis, kerugian finansial medium
4.	Luka berat	Cedera parah dan membutuhkan penanganan rumah sakit secara langsung, kerugian finansial besar
5.	Meninggal dunia	Kematian, kerugian finansial sangat besar

Tabel 2. 3 Matriks Risiko

<i>Likelihood</i>	<i>Severity</i>				
	1	2	3	4	5
5	5	10	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5
Low		Medium		High	

Selanjutnya, dilakukan analisis data dengan menggunakan nilai risiko yang didapat dari hasil perbandingan tingkat kemungkinan dan tingkat keparahan terjadinya risiko. Berikut tabel hasil perbandingan berikut.

Rumus *Hirarc* yang digunakan:

$$R = L \times S \quad (5)$$

Keterangan :

$R = risk$ (risiko) ; $L = likelihood$ (kemungkinan kejadian) ; $S = severity$ (tingkat keparahan)

Hasil penilaian risiko menjadi dasar pengendalian, di mana bahaya berkategori sedang hingga ekstrem dipantau dan ditangani untuk mengurangi atau menghilangkan risiko. Rekomendasi pengendalian mencakup perbaikan infrastruktur, penambahan rambu, atau rekayasa lalu lintas di area rawan kecelakaan.

2.6 Kapasitas Jalan Bebas Hambatan

Kapasitas JBH merupakan volume lalu lintas tertinggi suatu segmen Jalan Bebas dihitung terpisah untuk setiap jalur lalu lintas (PKJI, 2023). Kapasitas jalur lalu lintas dihitung menggunakan Persamaan dibawah ini.

$$C = n * C_0 * FCLE \quad (6)$$

Keterangan:

C : kapasitas jalur lalu lintas, dalam SMP/jam ; n : jumlah lajur dalam jalur lalu lintas yang ditinjau ;
C₀ : kapasitas dasar per lajur lalu lintas suatu segmen jalan, dalam SMP/jam. ; FCLE : faktor koreksi kapasitas akibat perbedaan lebar lajur efektif segmen jalan yang dianalisis terhadap kondisi idealnya.

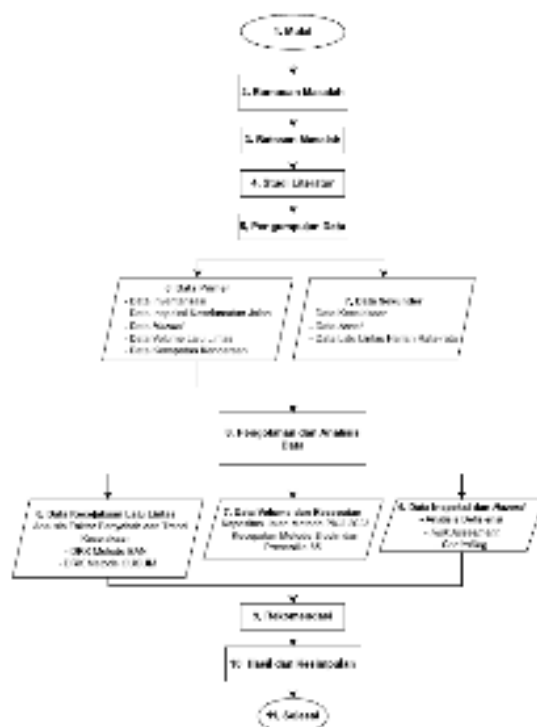
$$DS = V/C \quad (7)$$

Keterangan:

DS = Derajat kejenuhan

V = Volume lalu lintas (smp/jam)

C = Kapasitas ruas jalan (smp/jam)



Gambar 2. 2 Bagan Alir

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Lokasi Rawan Kecelakaan

Dalam menentukan titik lokasi rawan kecelakaan yang akurat diperlukan pengelompokan data yang akurat yang terbagi pada tiap fatalitas kecelakaan pada tiap Sta (km), Data historis 3 tahun yang selanjutnya dianalisis mendapatkan perangkingan 10 titik rawan kecelakaan tiap Sta sebagai berikut

Tabel 3. 1 Lokasi Rawan Kecelakaan (LRK) dengan Metode EAN

NO	SEGMENT KM	LAJUR	MD	LB	LR	EAN	KETERANGAN	RANK
1	297	A	2	3	13	81	LRK	1
2	285	A	3	5	2	72	LRK	2
3	252	A	1	6	6	66	LRK	3
4	263	B	2	3	12	78	LRK	1
5	251	B	0	4	11	57	LRK	2

Hasil analisis EAN Januari – Juni 2025 memeringkatkan 5 Lokasi Rawan Kecelakaan di Jalur A dan B Jalan Tol PPTR. Di Jalur A, nilai EAN tertinggi tercatat pada KM 297 sebesar 81, dengan korban 2 meninggal (MD), 3 luka berat (LB), dan 13 luka ringan (LR), menjadikannya titik paling rawan. Peringkat berikutnya adalah KM 285 (EAN 72) dan KM 252 (EAN 66), diikuti oleh jalur B pada KM 263 menjadi yang paling rawan dengan EAN 78 (2 MD, 3 LB, 12 LR), diikuti KM 251 (EAN 57). Rata-rata EAN seluruh Lokasi Rawan adalah 20,82, namun sebagian besar titik, khususnya di Jalur A, berada jauh di atas nilai ini. Perbandingan kedua jalur menunjukkan bahwa Jalur A memiliki EAN tertinggi secara mutlak, sehingga prioritas peningkatan keselamatan perlu difokuskan pada titik dengan EAN tinggi, terutama KM 297 di Jalur A dan KM 263 di Jalur B, guna menekan fatalitas dan cedera.

Tabel 3. 2 Lokasi Rawan Kecelakaan Lajur A dan B dengan EAN

KM	TAHUN			W	So (Xi – W)	KET
	2023	2024	2025			
	A	A	A	A	A	
305	10	5	0	15	10.18966	RAWAN KECELAKAAN
304	7	3	0	10	5.189655	RAWAN KECELAKAAN
296	5	5	0	10	5.189655	RAWAN KECELAKAAN

KM	TAHUN			W	So (Xi - $\bar{X}$)	KET
	2023	2024	2025			
	B	B	B			
305	8	6	2	16	11.58621	RAWAN KECELAKAAN
261	5	6	1	12	7.586207	RAWAN KECELAKAAN
251	3	7	0	10	5.586207	RAWAN KECELAKAAN

Analisis CUSUM untuk 2023 – Juni 2025 menunjukkan perbedaan hasil dibanding EAN karena metode ini hanya mempertimbangkan jumlah kejadian kecelakaan tanpa bobot fatalitas. Di Lajur A, KM 305 A menempati peringkat pertama dengan nilai CUSUM tertinggi 10,189, diikuti KM 304 dan KM 296 (masing-masing 5,189655). Di Lajur B, KM 305 B menjadi titik paling rawan dengan nilai 11,58621, diikuti KM 261 (7,586207), KM 304 dan KM 251 (masing-masing 5,586207).

3.2 Kapasitas Jalan Pada Lokasi Rawan Kecelakaan

Tabel 3. 3 Kapasitas Jalan Lokasi Rawan Kecelakaan

Volume Lalu Lintas per jam, q										
Tipe kendaraan	MP		KS		BB		TB		PPTR	
EMP arah	1		1.2		1.2		1.6			
KM	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam	kend/jam	SMP/jam
297 A	561	561	78	93.6	43	51.6	22	35.2	704	741.4
305 A	559	559	76	91.2	40	48	21	33.6	696	731.8
305 B	543	543	31	37.2	11	13.2	32	51.2	617	644.6
263 B	480	480	38	45.6	26	31.2	6	9.6	550	566.4
Arah (jalur)		Jumlah Lajur dalam Jalur yang ditinjau		Kapasitas Dasar C0 (SMP/jam)		Faktor Koreksi Lebar Lajur Efektif FCLE		Kapasitas C (2)x(3)x(4) (SMP/jam)		
(1)		(2)		(3)		(4)		(5)		
Jalur A		2		2500		1.03		5150		
Jalur B		2		2500		1.03		5150		
KM	Volume Lalu Lintas per Jam per (SMP/jam)	Derajat Kejenuhan DJ		Kecepatan Tempuh MP vMP (km/jam)		Panjang Segmen Jalan P (km)		Waktu Tempuh wT (jam)		
		(11)/(9)								
10	11	12		13		14		15		
297 A	741.4	0.143961165		120		1		0.00833333		
305 A	731.8	0.142097087		113		1		0.00884956		
305 B	644.6	0.125165049		119		1		0.00840336		
263 B	566.4	0.109980583		120		1		0.00833333		

Berdasarkan Tabel volume lalu lintas per jam, kinerja lalu lintas di ruas-ruas yang dianalisis (KM 297 A, 305 A, 305 B, dan 263 B) masih berada jauh di bawah kapasitas jalan tol

yang tersedia. Kapasitas dasar tiap lajur adalah 2.500 SMP/jam, sehingga dengan dua lajur dan faktor koreksi lebar lajur efektif 1,03, kapasitas total mencapai 5.150 SMP/jam. Volume tertinggi tercatat di KM 297 A sebesar 741,4 SMP/jam, diikuti KM 305 A (731,8 SMP/jam), KM 305 B (644,6 SMP/jam), dan KM 263 B (566,4 SMP/jam). Nilai derajat kejenuhan (DJ) seluruh segmen berada di bawah 0,15, yang menunjukkan kondisi lalu lintas masih sangat lancar sesuai standar PKJI ($DJ < 0,75$). Kecepatan tempuh kendaraan ringan (MP) berkisar antara 113–120 km/jam, mendekati atau sesuai batas kecepatan maksimum yang diizinkan di jalan tol. Secara keseluruhan, data ini menunjukkan bahwa pada titik-titik rawan kecelakaan yang dianalisis, permasalahan keselamatan lalu lintas tidak disebabkan oleh kemacetan.

3.3 Analisis HIRARC

Keselamatan jalan tidak hanya bergantung pada infrastruktur, tetapi juga pada identifikasi potensi bahaya di sepanjang ruas jalan, mencakup aspek geometrik, kondisi permukaan, dan lingkungan. Setelah bahaya teridentifikasi, tingkat risiko dinilai berdasarkan probabilitas dan dampaknya untuk menentukan prioritas penanganan. Analisis ini memungkinkan fokus perbaikan keselamatan pada area dengan tingkat kerawanan kecelakaan tertinggi. Hasil Identifikasi risiko bahaya sebagai contoh terdapat pada tabel

Tabel 3. 4 Identifikasi Hazard

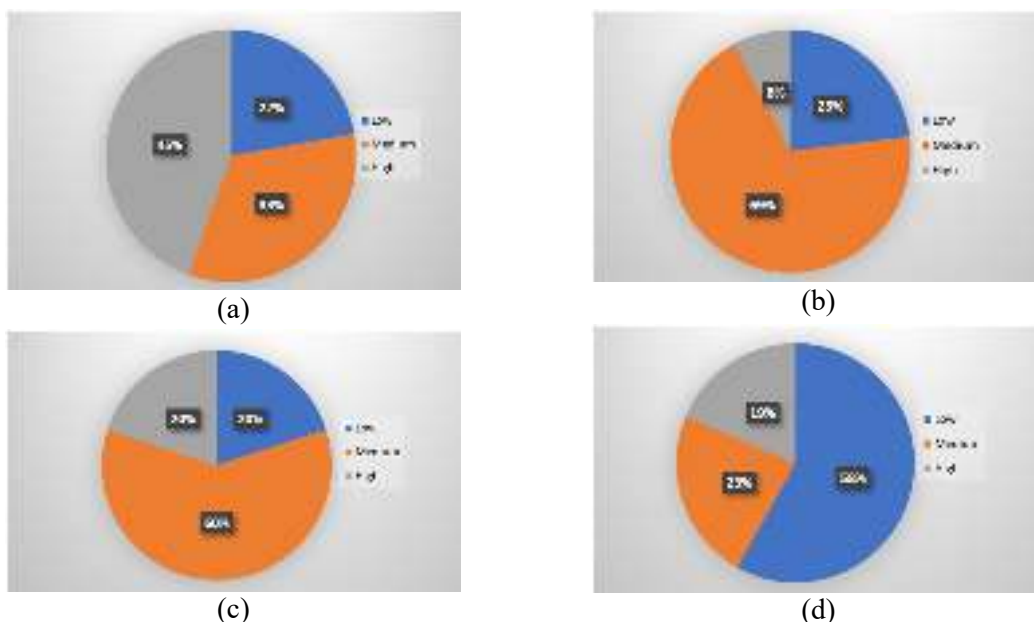
No	Gambar	Hazard
1		Terdapat rambu perintah yang tidak tercover oleh pengaman, meningkatkan risiko apabila terdapat kendaraan yang kehilangan kendali dapat menabrak langsung perambuan di tepi jalan terutama pada kecepatan tinggi dapat meningkatkan fatalitas
2		Terdapat segmen jalan yang tidak tercover guardrail atau wire rope speed, meningkatkan risiko sisi tepi langsung berhadapan dengan parit. Kondisi ini meningkatkan risiko kendaraan keluar jalur dan terguling/terjun ke parit pada kejadian kehilangan kendali, kondisi darurat, atau saat penghindaran.

No	Gambar	Hazard
3		Lepasnya guide pos pada guardrail mengurangi visibilitas di jalan tol saat malam hari, Pengemudi tidak bisa memperkirakan alur jalan, padahal komponen ini berfungsi penting sebagai panduan arah bagi pengemudi, terutama di ruas tol yang tidak dilengkapi penerangan jalan umum (PJU).
4		Guardrail (beam) terlepas dari penyangga, meningkatkan risiko guardrail terlepas dan dapat membahayakan pengguna jalan menyebabkan meningkatnya fatalitas jika terdapat kendaraan yang menabrak tidak dapat menahan tabrakan dan terhempas kedalam parit.
5		Maib hole separator yang tersumbat, meningkatkan risiko timbulnya genangan air di Tengah jalan, yang dapat merusak perkerasan jala dan menimbulkan genangan berakibat kecelakaan aquaplaning.

Tabel 3. 5 Penilaian Risk Hazard

No	Hazard	L	S	Risk	Kategori Risiko	Control
KM 297 A						
1	Guardrail bengkok, fungsi pembatas berkurang, risiko keluar jalur.	3	5	12	Medium	Ganti segmen sesuai standar, pasang lurus dan tepat tinggi.
2	Guardrail bengkok & ambles, risiko keluar jalur & masuk parit.	3	5	15	High	Ganti segmen & pasang sesuai spesifikasi.
3	Guardrail miring/jauh, risiko keluar lajur.	3	5	15	High	Reposisi & sesuaikan jarak.
4	Pengunci sambungan rusak/hilang, potensi menusuk kendaraan.	3	5	15	High	Ganti/pasang ulang sesuai standar.
5	Drainase terbuka, risiko roda tersangkut.	2	3	6	Medium	Pasang penutup sesuai standar.
6	Retak memanjang, risiko berkembang jadi lubang.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
7	Tanpa guardrail/wire rope, tepi ke parit.	3	5	15	High	Pasang guardrail/wire rope.
8	Rambu miring, keterbacaan berkurang.	2	1	2	Low	Luruskan & perkuat tiang.
9	Beam guardrail lepas, risiko fatalitas.	3	4	12	Medium	Pasang kembali sesuai standar.
KM 305 A						
1	Mur sambungan hilang, ujung	3	5	15	High	Pasang mur & tutup ujung.

No	Hazard	L	S	Risk	Kategori Risiko	Control
	terbuka.					
2	Guide post lepas, visibilitas berkurang.	3	4	12	Medium	Ganti guide post.
3	Tanpa drainase, risiko genangan/aquaplaning.	3	2	6	Medium	Bangun drainase.
4	Drainase terbuka tanpa pelindung.	2	3	6	Medium	Pasang penutup drainase.
5	Side grounding tinggi, hambat aliran air.	3	2	6	Medium	Turunkan elevasi sesuai standar.
6	Guide post lepas.	3	4	12	Medium	Ganti guide post.
7	Guide post rusak.	3	4	12	Medium	Ganti guide post.
8	Lubang pada perkerasan (potholes).	3	2	6	Medium	Tambal lubang.
9	Retak memanjang.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
10	Bekas tambalan rusak.	3	2	6	Medium	Perbaiki ulang tambalan.
11	Objek bahaya tepi jalan.	3	4	12	Medium	Hilangkan objek/pasang pelindung.
12	Retak block.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
13	Retak memanjang.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
KM 305 B						
1	Rambu perintah tanpa pengaman.	2	2	4	Low	Pasang pelindung.
2	Tanpa guardrail/wire rope, tepi ke parit.	3	5	15	High	Pasang guardrail/wire rope.
3	Guide post lepas.	3	4	12	Medium	Ganti guide post.
4	Beam guardrail lepas.	3	4	12	Medium	Pasang kembali beam.
5	Main hole separator tersumbat.	3	2	6	Medium	Bersihkan saluran.
KM 263 B						
1	Retak block.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
2	Retak memanjang.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.
3	Guide post rusak.	3	4	12	Medium	Ganti guide post.
4	Rambu peringatan tanpa pengaman.	2	2	4	Low	Pasang pelindung.
5	Tanpa guardrail/wire rope.	3	5	15	High	Pasang guardrail/wire rope.
6	Ujung guardrail rusak/reflektor hilang.	3	4	12	Medium	Ganti pelindung & reflektor.
7	Marka bahu jalan tertutup bekas roda.	2	1	2	Low	Bersihkan & cat ulang.
8	Retak memanjang.	1	1	1	Low	Perbaiki retakan.



Gambar (a) menunjukkan presentase risiko KM 297 A, distribusi tingkat bahaya yang mengkhawatirkan. Sebanyak 45% ruas jalan ini tergolong berisiko tinggi, mengindikasikan adanya kondisi berbahaya yang memerlukan penanganan segera. Risiko sedang menyumbang 33%, sementara risiko rendah hanya 22%. Dominannya kategori risiko tinggi menandakan KM 297 A sebagai titik rawan kecelakaan yang membutuhkan intervensi prioritas, seperti perbaikan infrastruktur keselamatan dan peningkatan pengawasan. Gambar (b) Analisis risiko KM 305 A menunjukkan distribusi tingkat bahaya yang mengkhawatirkan. Sebanyak 69% ruas jalan ini memiliki risiko bahaya sedang (medium), mengindikasikan adanya kondisi berbahaya yang memerlukan penanganan komprehensif. Risiko bahaya tinggi (high) menyumbang 8%, sementara risiko rendah hanya 23%. Dominannya kategori risiko sedang (medium) menandakan KM 305 A sebagai titik rawan kecelakaan yang membutuhkan intervensi prioritas, seperti perbaikan infrastruktur jalan dan keselamatan serta peningkatan pengawasan. Gambar (c) merupakan distribusi risiko di KM 305 B menunjukkan pola dengan 20% ruas jalan tergolong risiko tinggi (high), mengindikasikan kondisi kritis yang memerlukan penanganan segera. Kategori risiko sedang dan rendah masing-masing menyumbang 60% dan 20%, menegaskan bahwa mayoritas segmen jalan ini memiliki bahaya signifikan seperti segmen tidak aman karena tidak terdapat guardrail atau rambu yang tidak terproteksi. Membutuhkan pendekatan komprehensif untuk peningkatan keselamatan menyeluruh. Distribusi risiko di KM 263 B

menunjukkan pola dengan 19% ruas jalan tergolong risiko tinggi (high), walaupun presentasi rendah mengindikasikan kondisi kritis yang memerlukan penanganan segera. Kategori risiko sedang dan rendah masing-masing menyumbang 23% dan 58%, menegaskan bahwa mayoritas segmen jalan ini memiliki bahaya signifikan seperti segmen tidak aman. gambar (d) Rata-rata pada segmen 263 B risiko yang mungkin terjadi adalah rendah (low) hal ini tetap perlu pengawasan mengingat ini merupakan daerah rawan kecelakaan yang membutuhkan pendekatan komprehensif untuk peningkatan keselamatan menyeluruh.

4 KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mencapai tujuan untuk mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan, menilai tingkat risiko infrastruktur, dan merumuskan strategi peningkatan keselamatan di Jalan Tol Pejagan–Pemalang. Hasil analisis EAN dan CUSUM menunjukkan bahwa segmen prioritas terdapat di KM 297, 285, 252, 262, dan 273 pada lajur A, serta KM 263, 251, 298, 304, dan 259 pada lajur B. Penilaian risiko menggunakan metode HIRARC mengungkap bahwa segmen KM 297 A, KM 305 A–B, dan KM 263 B memiliki tingkat risiko medium hingga tinggi akibat defisiensi infrastruktur seperti kerusakan guardrail, guide post yang hilang, drainase terbuka, serta rambu yang tidak terproteksi. Temuan ini memperkuat hipotesis awal bahwa kecelakaan tidak semata dipengaruhi volume lalu lintas—yang masih berada pada kategori pelayanan A dengan derajat kejenuhan rendah—tetapi lebih dominan disebabkan oleh kondisi fisik jalan dan perilaku berkendara pada kecepatan tinggi. Dengan demikian, strategi pengendalian berupa pemasangan rumble strip, speed reducer, ETLE, perbaikan perkerasan, dan peningkatan fasilitas keselamatan jalan dapat menjadi solusi yang relevan untuk menurunkan angka kecelakaan dan mewujudkan sistem transportasi tol yang lebih aman.

4.2 Saran

Upaya peningkatan keselamatan perlu difokuskan pada titik-titik prioritas dengan risiko tinggi, khususnya KM 297 A, KM 305 (A dan B), dan KM 263 B. Tindakan yang direkomendasikan meliputi pemasangan *rumble strip* dan *speed reducer* untuk menekan kecepatan, pemasangan *rumble dot* di bahu dalam untuk mengurangi risiko kecelakaan akibat mengantuk, penerapan ETLE dan *speed camera* untuk pengawasan kecepatan, perbaikan kerusakan perkerasan (penutupan lubang, retak, dan pengaspalan ulang), serta peningkatan kelengkapan jalan seperti penggantian dan perbaikan guardrail, pemasangan reflektor, perbaikan rambu, dan penempatan *crash cushion* pada titik hazard. Pendekatan ini diharapkan dapat menurunkan angka kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pada ruas tol PPTR secara berkelanjutan.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Budiharjo, A., Haryoko, D. W., Jepriadi, K., & Maulyda, M. A. (2021). Analisis Tingkat Kerusakan Jalan Tol. *Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, 11, 157–170.
- Dina, D. M., & Amin, M. (2023). Analisis Tingkat Kepuasan Pengguna terhadap Pemenuhan Standar Pelayanan Minimal Jalan Tol. *Rekayasa Sipil*, 12(2), 96–101. <https://doi.org/10.22441/jrs.2023.v12.i2.03>
- 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>
- Oktopianto, Y., Shofiah, S., Rokhman, F. A., Wijayanthi, K. P., & Krisdayanti, E. (2021). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan (Black Site) dan Titik Rawan Kecelakaan (Black Spot) Provinsi Lampung. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 40–51. <https://doi.org/10.35334/be.v5i1.1777>
- Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas, Departemen Perhubungan Dan Prasarana Wilayah 54 (2004). <https://binamarga.pu.go.id/index.php/peraturan/dokumen/pedoman-penanganan-lokasi-rawan-kecelakaan-lalu-lintas>
- Pembuain, A., Matitaputty, V. M., Waas, R. H., & Pellaupessy, Y. (2024). Penerapan Audit Keselamatan Jalan dan Metode HIRARC untuk Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan. *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 7(1), 187–198. <https://doi.org/10.24912/jmts.v7i1.27325>
- Qurni, I. A. (2016). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan Lalu Lintas (Studi Kasus Jalan Nasional Arteri Primer dan Arteri Sekunder Kabupaten Kendal). *Jurnal Geografi*, 13(1), 52–60.
- Rengganis, M. T. (2024). Korlantas Rilis Data Kecelakaan Lalu Lintas 2024: Naik Nyaris 8 Kali Lipat, Korban Jiwa 27 Ribu. *Tempo*. <https://www.tempo.co/hukum/korlantas-rilis-data-kecelakaan-lalu-lintas-2024-naik-nyaris-8-kali-lipat-korban-jiwa-27-ribu-1181721>
- Ruktiningsih, R. (2017). *Analisis Tingkat Keselamatan Lalu Lintas Kota Semarang*.
- Syarifuddin, A. M., Hadi, S., & Marwanto, R. P. (2024). INSPEKSI KESELAMATAN JALAN DI RUAS JALAN GATOT SUBROTO, KOTA TEGAL, JAWA TENGAH. *Jurnal Riset Teknik Sipil Dan Sains*, 2(2), 86–92. <https://doi.org/10.57203/jriteks.v2i2.2024.86-92>
- Tresna Aji, E. A., Firdaus, R., Sanggalangi, C., & Irfani, M. R. (2024). Analisis Daerah Rawan Kecelakaan pada Ruas Jalan Tol Becakayu Menggunakan Metode Equivalent Accident

Number (EAN). *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 11(1). <https://doi.org/10.46447/ktj.v11i1.575>

Yunus, M., & Mirajhusnita, I. (2020). *Analisis Kinerja Ruas Jalan Dilihat dari Tingkat Pelayanan Jalan*. 11(1), 34–42.