

EVALUASI GEOMETRIK JALAN TERHADAP TINGKAT KECELAKAAN LALU LINTAS (JALAN RAYA GIRIPURNO KOTA BATU)

Feri Nurfaizin¹, Azizah Rokhmawati² dan Ita Suhermin Ingsih³

¹Mahasiswa Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: 21801051189@unisma.ac.id

²Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: azizah.rachmawati@unisma.ac.id

³ Dosen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Malang
e-mail: ita.suhermin@unisma.ac.id

ABSTRACT

Roads are vital infrastructure supporting economic growth, socio-culture, tourism, and national security. Road geometry describes physical features like cross-sections and alignments. Traffic accidents involve vehicles crashing, causing damage, injury, or death. This study evaluates Jalan Raya Giripurno, between Batu City and Malang Regency. A black spot was identified in Segment 2 near Curve 2, with the highest accident rate of 88 EAN from 2020–2024. All curves have a Spiral–Circle–Spiral (SCS) pattern. The evaluation found road geometry strongly affects accidents, with curve radius (R) having the most significant influence ($R^2 = 0.9741$), followed by deflection angle (D° , $R^2 = 0.7674$). Stopping and overtaking sight distances have low impact ($R^2 < 0.03$).

Keywords: Accident, Black Spot, Evaluation, Geometry, Road.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan salah satu prasarana penghubung darat yang mempunyai peranan penting bagi pertumbuhan perekonomian, sosial budaya, pengembangan wilayah pariwisata dan pertahanan keamanan untuk menunjang pembangunan nasional sebagaimana tercantum dalam UU No. 13 Th 1980 dan PP No. 26 Th 1985 [1]. Geometrik jalan didefinisikan sebagai suatu bangunan jalan raya yang menggambarkan tentang bentuk/ukuran jalan raya baik yang menyangkut penampang melintang, memanjang, maupun aspek lain yang terkait dengan bentuk fisik jalan [2]. Kecelakaan lalulintas yang terjadi di suatu area ataupun wilayah disebut *Black Spot*, lokasi terjadinya kecelakaan biasanya memiliki hubungan dengan geometri jalan, persimpangan, jembatan dan perbukitan[3].

Penelitian ini berlokasi di JL. Raya Giripurno perbatasan kota Batu – Kab. Malang,

yang merupakan salah satu akses alternative kearah Jalan Tol Karanglooh untuk menuju kota Surabaya. Pada kurun waktu 2020 – 2024 telah terjadi 71 total kecelakaan. Faktor penyebab kecelakaan yang terjadi salah satunya dikarenakan geometrik jalan raya, hal ini dipengaruhi karena ruas jalan Giripurno berada di daerah perbukitan.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dapat di identifikasikan masalah yang terjadi sebagai berikut:

1. Terdapat ketidak layakan geometrik jalan raya pada ruas Jalan Raya Giripurno,
2. Terdapat jumlah total 71 kecelakaan diturunkan Giripurno dalam kurun waktu 2020 – 2024,
3. Adanya masalah geometrik jalan yang tidak memenuhi standar.

1.3 Rumusan Masalah

Dari uraian latar belakang dan identifikasi

masalah dapat di rumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Dimana titik area rawan kecelakaan lalu lintas (*Black Spot*) pada ruas jalan Giripurno Kota Batu?
2. Bagaimanakah mengevaluasi alinyemen horizontal dan vertical yang sesuai dengan peraturan yang berlaku untuk ruas jalan Giripurno Kota Batu?
3. Bagaimana hubungan antara aspek geometrik jalan dengan tingkat kecelakaan yang kerap terjadi pada ruas Giripurno Kota Batu?

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jalan dan Geometri Jalan

Jalan berperan vital sebagai infrastruktur transportasi yang menunjang aktivitas masyarakat dalam berbagai sektor, seperti sosial, ekonomi, maupun distribusi barang dan jasa. Tidak hanya berfungsi sebagai jalur penghubung antarwilayah, jalan juga menjadi sarana mobilitas yang memengaruhi kelancaran lalu lintas [4].

Perencanaan jalan harus mempertimbangkan aspek geometri, yang meliputi ukuran, bentuk, serta tata letak elemen fisik jalan. Tujuannya adalah memastikan kendaraan dapat melaju secara aman, nyaman, dan efisien. Elemen geometri jalan meliputi lebar lajur, lebar bahu jalan, jarak pandang henti, kelandaian, radius tikungan, serta rancangan alinyemen vertikal dan horizontal [5]. Desain geometrik yang baik berkontribusi signifikan dalam mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas, sebab mampu mengakomodasi perilaku pengemudi dan karakteristik kecepatan kendaraan

2.2 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal menggambarkan bentuk jalan jika dilihat dari atas, terdiri atas segmen lurus (*tangent*) dan lengkungan horizontal. Lengkung horizontal dirancang untuk memberikan perubahan arah kendaraan secara halus sehingga kendaraan tetap stabil saat berbelok. Besar jari-jari lengkung horizontal (R) bergantung pada kecepatan rencana (V), superelevasi (e), dan gaya gesek lateral (f). Persamaan yang sering digunakan untuk menghitung radius lengkung horizontal adalah:

$$R = V^2 / [127 \times (e + f)]$$

dengan keterangan:

V = kecepatan rencana (km/jam)

e = nilai superelevasi (m/m)

f = koefisien gesekan lateral antara roda kendaraan dengan permukaan jalan

Apabila radius lengkung terlalu kecil, maka gaya samping yang timbul dapat menyebabkan kendaraan kehilangan kendali, terutama pada kondisi jalan licin atau kecepatan tinggi.

2.3 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal menunjukkan perubahan elevasi jalan sepanjang trase, yang divisualisasikan pada bidang vertikal. Elemen penting dalam alinyemen vertikal adalah lengkung vertikal cekung (*sag curve*) dan cembung (*crest curve*). Lengkung vertikal berfungsi menciptakan transisi elevasi yang halus untuk menjamin kenyamanan berkendara serta mempertahankan jarak pandang pengemudi.

Perhitungan panjang lengkung vertikal mempertimbangkan jarak pandang henti (*Stopping Sight Distance, SSD*) atau jarak pandang mendahului (*Overtaking Sight Distance, OSD*). Untuk lengkung vertikal cembung, panjang lengkung (L) dihitung menggunakan rumus:

$$L = [A \times SSD^2] / [200 \times (h_1 + h_2)]$$

dengan:

A = selisih kemiringan (%)

SSD = jarak pandang henti (m)

h_1 = tinggi mata pengemudi (m)

h_2 = tinggi objek yang harus terlihat (m)

Desain lengkung vertikal yang tidak tepat dapat membatasi jarak pandang pengemudi, mengurangi kenyamanan berkendara, bahkan meningkatkan risiko kecelakaan.

2.4 Alinyemen Vertikal

Kecelakaan lalu lintas didefinisikan sebagai kejadian tak terduga yang melibatkan kendaraan bermotor, yang dapat mengakibatkan korban jiwa, luka, ataupun kerusakan material (WHO, 2021). Faktor penyebab kecelakaan umumnya meliputi faktor manusia, kondisi kendaraan, desain jalan, serta kondisi cuaca. Desain geometrik jalan yang tidak memenuhi standar menjadi faktor risiko penting dalam terjadinya kecelakaan.

Salah satu metode analisis kecelakaan yang sering digunakan adalah *Equivalent Accident Number* (EAN). EAN merupakan metode kuantitatif untuk mengonversi berbagai tingkat keparahan kecelakaan menjadi angka ekuivalen sehingga dapat dibandingkan secara seragam. Rumus dasar EAN adalah:

$$EAN = (MD \times wMD) + (LB \times wLB) + (RB \times wRB)$$

dengan:

MD = jumlah kecelakaan dengan korban meninggal dunia

LB = jumlah kecelakaan luka berat

RB = jumlah kecelakaan luka ringan atau kerusakan kendaraan

w_MD, w_LB, w_RB = bobot masing-masing tingkat keparahan kecelakaan (contoh: MD=12, LB=3, RB=1)

EAN membantu dalam mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan (*black spot*) dan menjadi dasar pengambilan keputusan terkait perbaikan desain jalan atau pemasangan fasilitas keselamatan. Dengan penerapan metode EAN, penanganan masalah lalu lintas dapat lebih terarah dan efektif.

Dengan memahami hubungan antara elemen geometrik jalan, desain alinyemen, serta karakteristik kecelakaan lalu lintas, proses perencanaan, evaluasi, dan peningkatan keselamatan jalan dapat dilakukan lebih komprehensif demi keselamatan para pengguna jalan. Elevasi

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

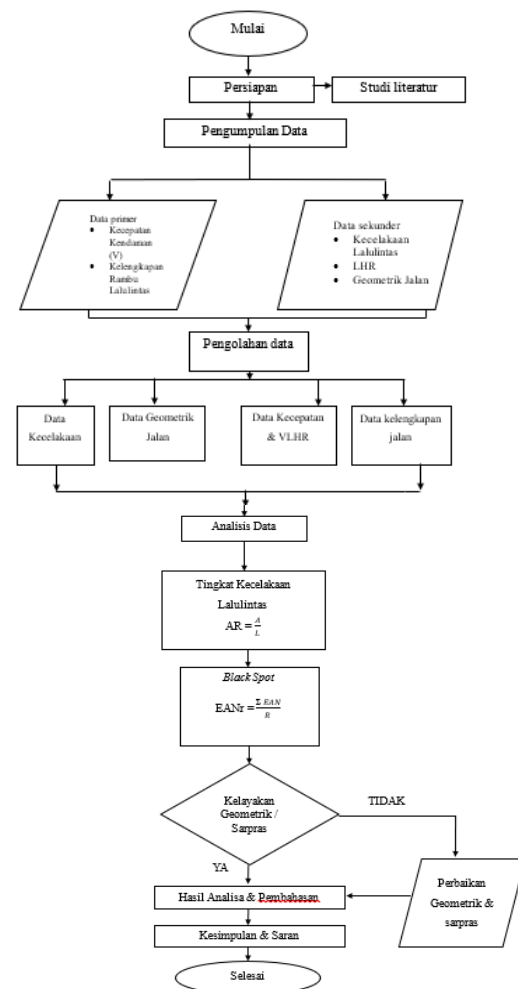
Lokasi penelitian dilaksanakan di ruas jalan Giripurno, perbatasan Kabupaten Malang dan Kota Batu sepanjang STA 0+000 s/d 5+000.



Gambar 1. Layout Lokasi Penelitian

Sumber : Desain Pribadi, 2025

3.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Gambar Pribadi, 2025

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Daerah Rawan Kecelakaan (*Black Spot*)

1. Data kecelakaan lalulintas

Rekapitulasi kejadian kecelakaan di ruas jalan Giripurno dari tahun 2020 – 2024 adalah :

- Korban meninggal : 8 orang
- Korban luka berat : 19 orang
- Korban luka ringan : 27 orang
- Total korban : 54 orang
- Total kasus 71 kasus

Dari data tersebut diketahui analisis titik rawan kecelakaan berdasarkan segmen jalan sebagai berikut :

- Segmen 1 (STA 0+000 s/d 0+500) permukiman dan akses tanjakan : jumlah ± 18 kejadian kecelakaan. merupakan titik rawan kecelakaan ringan, terutama pada jam – jam sibuk

warga berangkat sekolah atau kerja. Faktor lingkungan (tanjakan), dan human error menjadi pemicu utama.

- Segmen 2 (STA 0+500 s/d 1+750) tikungan dan turunan dengan jarak pendek : segmen ini merupakan bagian paling berisiko tinggi di jalan Giripurno. Ciri geografisnya adalah tikungan tajam, turunan curam, dan kondisi jalan yang rawan selip. Jumlah ± 32 kejadian kecelakaan. Dan merupakan titik kendali kritis (CCP).
- Segmen 3 (STA 1+750 s/d 5+000) jalan dengan elevasi naik yang landai dan lurus : Jumlah ± 21 kejadian kecelakaan, Segmen 3 memiliki risiko sedang ke tinggi, terutama untuk kecelakaan tunggal yang fatal. Penanganan memerlukan perbaikan rambu, penerangan jalan, dan pemasangan guardrail di titik berisiko tinggi.

2. Perhitungan daerah rawan kecelakaan (Black Spot)

Area Black Spot dalam penelitian ini dapat diketahui dengan menghitung nilai AEK (Angka Ekvivalen Kecelakaan) atau dapat disebut Equivalen Accident Number (EAN) dan Upper Control Limit (UCL). Suatu ruas jalan dapat dikatakan sebagai daerah rawan kecelakaan jika diperoleh nilai EAN > UCL atau dalam penggambaran grafik garis EAN berada diatas garis UCL. Adapun contoh perhitungan untuk mengetahui nilai EAN pada segmen 1 adalah sebagai berikut :

$$EAN = (1 \times LR) + (3 \times LB) + (5 \times MD)$$

LR = Jumlah korban luka ringan

LB = Jumlah korban luka berat

MD = Jumlah korban meninggal dunia

$$\begin{aligned} \text{Segmen 1} &= (1 \times 7) + (3 \times 3) + (5 \times 1) \\ &= 7 + 9 + 5 \\ &= 21 \end{aligned}$$

Setelah didapatkan nilai EAN, maka dapat dilakukan perhitungan UCL pada Segmen 1.

$$\text{Diketahui : } \lambda = \frac{21 + 88 + 16}{3} = 41,667$$

$$UCL = \lambda + \left[2,576 \sqrt{\frac{\lambda}{m}} \right] + \left[\frac{0,829}{m} \right] + \left[\frac{1}{2} m \right]$$

$$UCL = 41,667 + \left[2,576 \sqrt{\frac{41,667}{21}} \right] + \left[\frac{0,829}{21} \right] +$$

$$\left[\frac{1}{2} 21 \right]$$

$$= 41,667 + 3,629 + 0,039 + 10,500$$

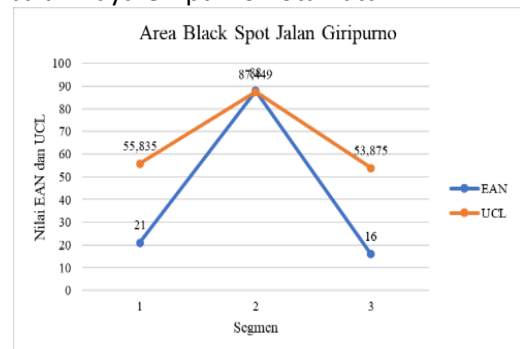
$$= 55,835$$

Tabel 1. Perhitungan Nilai UCL

SEGMENT	LR	LB	MD	EAN	UCL
1	7	3	1	21	55,835
2	16	14	6	88	87,449
3	5	2	1	16	53,875

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

Diketahui dari hasil perhitungan nilai EAN dan UCL didapat nilai EAN > UCL yakni 88 > 87,449 yang mana menunjukkan bahwa segmen 2 merupakan titik *Black Spot*, berikut tampilan grafik area *Black Spot* Jalan Raya Giripurno Kota Batu :



Gambar 3 Grafik Area Black Spot Jalan Giripurno

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

4.2 Hubungan Aspek Geometrik Jalan (Alinyemen Horizontal) dengan Tingkat Kecelakaan

Adapun data geometrik jalan pada ruas jalan Giripurno meliputi :

Tipe jalan : 2/2 UD

Fungsi jalan : Lokal

Panjang ruas jalan : 5000 m

Lebar jalur : 6,86 m

Lebar bahu : 1,50 m

Tipe Alinyemen : Bukit

Median : Tidak Ada

Perlengkapan jalan: Ada

- Kecepatan aktual kendaraan

Tabel 2 Kecepatan Aktual Kendaraan

Segmen	V Teknis (km/jam)	V Aktual (km/jam)	Keterangan V _{Akt} > V _{Tek}
1	30 – 50	43	Memenuhi
2		55	Tidak Memenuhi
3		60	Tidak Memenuhi

Sumber : Hasil Analisa, 2025

- Tipe tikungan
Berikut merupakan data untuk perhitungan tipe tikungan,
Diketahui:

V = 43 km/jam
 Δ° = 126,87° (dari Autocad)
 Lc = 500 m (dari Autocad)
 Emaks = 0,1
 En = 0,04

Tabel 3 Rekapitulasi Perhitungan Tipe Tikungan Ruas Jalan Giripurno

Hitung	Satuan	T1 (S1)	T2 (S2)	T3 (S3)
V	Km/jam	43	55	60
Δ°	°	126,87	110	105
Lc > 25	m	500	1000	250
Emaks		0,10	0,10	0,08
En		0,04	0,06	0,04
R	m	225,920	521,135	136,488
D	°	6,344	2,750	10,500
f _{maks}		0,164	0,156	0,153
D _{maks}	°	25,979	15,410	11,774
e _{tjd}	°	0,227	0,174	0,834
Ls	m	12,569	11,402	56,520
P	m	0,029	0,010	0,975
θ_s	°	1,595	0,627	11,869
Xs	m	12,568	11,402	56,278
Ys	m	0,117	0,042	3,901
p	m	0,029	0,010	0,983
k	m	6,281	5,698	28,205
Es	m	279,318	387,454	89,332
Ts	m	458,179	749,971	207,360
Ltot	m	525,138	1022,804	363,040
Tipe Tikungan		S – C – S	S – C – S	S – C – S

Sumber : Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Jari – jari tikungan
Diketahui :
- V = 43 km/jam
 Emaks = 0,1
 Fmaks = 0,164
 Contoh perhitungan Rmin pada segmen 1 tikungan 1 :

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{maks} + f_{maks})}$$

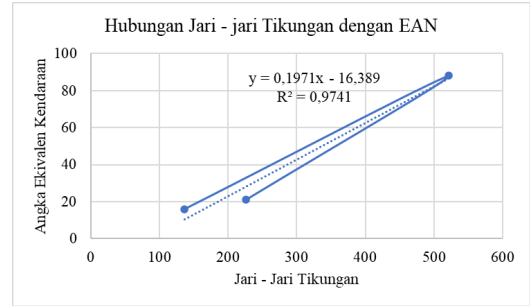
$$= \frac{43^2}{127(0,1 + 0,164)}$$

$$= 55,137 \text{ m}$$

Tabel 4 Rekapitulasi Perhitungan Jari – jari Tikungan

Seg	Bag	Δ°	Lc (m)	Rmin (m)	R (m)	Keterangan R>Rmin
1	Tik. 1	126,87	500	55,13	225,920	Memenuhi
2	Tik. 2	110	1000	92,95	521,135	Memenuhi
3	Tik. 3	105	250	121,6	136,488	Memenuhi

Sumber : Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



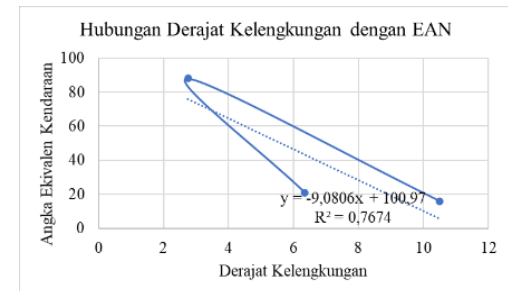
Gambar 4 Grafik Hubungan Jari-jari Tikungan dengan EAN

Sumber : Sumber : Hasil Perhitungan, 2025
 Derajat kelengkungan

Tabel 5 Rekapitulasi Perhitungan Derajat Kelengkungan

Seg.	Bagian	D °	Dmaks °	Keterangan D<Dmaks
1	Tik. 1	6,344	25,979	Memenuhi
2	Tik. 2	2,750	15,410	Memenuhi
3	Tik. 3	10,500	11,774	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 5 Grafik Hubungan Derajat Lengkungan dengan EAN

Sumber : Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Jarak pandang henti
Diketahui :
- V = 43 km/jam
 f = 0,35 – 0,55 (digunakan 0,45)
 Perhitungan :

$$J_h = 0,694 V + 0,0004 \frac{V^2}{f}$$

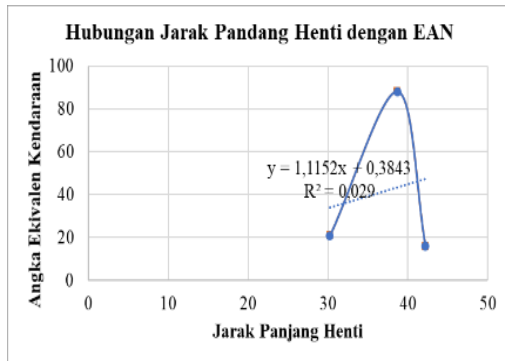
$$= 0,694 \times 43 + 0,0004 \times \frac{43^2}{0,45}$$

$$= 30,224 \text{ m}$$

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Jarak Pandang Henti

Seg.	V (km/jam)	Jh Teknis (m)	Jh (m)	Keterangan Jh > Jh _{tek}
1	43		30,224	Memenuhi
2	55	27	38,659	Memenuhi
3	60		42,173	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 6 Grafik Hubungan Jarak Pandang Henti dengan EAN

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Jarak pandang mendahului
Diketahui :
 $V = 43 \text{ km/jam}$
 $m = 10 - 15 \text{ km/jam}$ (digunakan 15 km/jam)
 perhitungan :
 $t_1 = 2,12 + 0,026 V$
 $= 2,12 + 0,026 \times 43$
 $= 3,238$
 $t_2 = 6,56 + 0,048 V$
 $= 6,56 + 0,048 \times 43$
 $= 8,624$
 $a = 2,052 + 0,0036 V$
 $= 2,052 + 0,0036 \times 43$
 $= 2,207$
 $d_1 = 0,278 + (V - m + \frac{a \times t_2}{2})$
 $= 0,278 + (43 - 15 + (\frac{2,207 \times 8,624}{2}))$
 $= 37,794$
 $d_2 = 0,278 + V \times t_2$
 $= 0,278 + 43 \times 8,624$
 $= 371,110$
 $d_3 = 30 \text{ m}$
 $d_4 = \frac{2}{3} \times d_2$
 $= \frac{2}{3} \times 371,110$
 $= 247,407$
 $J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$
 $= 37,794 + 371,110 + 30 + 247,407$
 $= 686,310$

Dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa nilai J_d pada Segmen1memenuhi standar teknis J_d minimum PEDOMAN DESAIN GEOMETRIK JALAN NO.13/P/BM/2021 yaitu 686,310m > 150 m. Hasil perhitungan untuk jarak pandang mendahului Segmen 1 hingga Segmen 3 dapat dilihat pada Tabel berikut:

Tabel 7 Rekapitulasi Perhitungan Jarak Pandang Mendahului

	Segmen 1	Segmen 2	Segmen 3
V (km/jam)	43	55	60
T1 (det)	3,238	3,550	3,680
T2 (det)	8,624	9,200	9,440
A (m/det ²)	2,207	2,250	2,268
D1 (m)	37,794	50,628	55,983
D2 (m)	371,110	506,278	566,678
D3 (m)	30,000	30,000	30,000
D4 (m)	247,407	337,519	377,785
Jd (m)	686,310	924,425	1030,446
Keterangan	Memenuhi	Memenuhi	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 7 Grafik Hubungan Jarak Pandang Mendahului dengan EAN

Sumber : Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

4.3 Evaluasi Alinyemen Vertikal dengan Tingkat Kecelakaan

- Analisis umum alinyemen vertikal (Tanjakan dan Turunan)

Tabel 4.8 Analisis Umum Alinyemen Vertikal

Seg	STA Awal	STA Akhir	P (m)	A (m)	B (m)	Δ (m)	(%)	Jenis
1	0+00	0+50	500	77	76	-5	-1	Turunan
2a	0+50	1+50	100	76	75	-15	-1,5	Turunan
2b	1+50	1+75	250	75	75	+5	+2	Tanjakan
3	1+75	5+00	350	75	78	+3	+0,85	Tanjakan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Analisis perubahan gradien & penentuan titik tikungan vertikal (PVI)

Tabel 4.9 Analisis Perubahan Gradien & Penentuan Titik Tikungan Vertikal (PVI)

PVI	STA	Gradien sebelum (%)	Gradien Sesudah (%)	Δi (%)	Jenis Perubahan
VI1	0+500	-1,000	-1,500	0,500	Cekung ringan
PVI2	1+500	-1,500	+2,000	3,500	Cekung tajam
PVI3	1+750	+2,000	+0,857	1,143	Cembung
VI1	0+500	-1,000	-1,500	0,500	Cekung ringan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Panjang lengkung vertikal (L) MKJI 1997
Tabel 4.10 Evaluasi Panjang Lengkung Vertikal (L)

Titik	Panjang Segmen Tersedia (m)	Panjang Minimum Yang Diperlukan (m)	Keterangan	
PVI2	250	340	Panjang memadai, direvisi dikombinasikan dengan peringatan rambu, atau perlambatan kecepatan	tidak Perlu atau
PVI3	3500	1240	Sangat Memadai – aman untuk dibangun sesuai kebutuhan lengkung	

Sumber :Hasil Perhitungan, 2025

- Perhitungan titik-titik utama lengkung vertikal dan evaluasi geometrik
Tabel 4.11 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Lengkung Vertikal

Titik PVI	STA	L (m)	PVC (STA)	PVT (STA)	Elev. PVI (m)	Elev. PVC (m)	Elecasi PVT (m)
PVI2	1 + 500	340	1 + 330	1 + 670	750	752,55	753,40
PVI3	1 + 750	1.240	1 + 130	2 + 370	755	742,60	760,31

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

- Perhitungan radius lengkung vertikal
Tabel 4.12 Perbandingan Hasil Perhitungan Radius

PVI	Kecepatan (km/jam)	R Hasil (m)	R Min MKJI (m)	Keterangan
PVI2	55	9.714	~ 1.100	Aman
PVI3	60	108.451	1.400	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

4.4 Hubungan Aspek Geometrik Jalan dengan Tingkat Kecelakaan di Ruas Jalan Giripurno

- Hubungan Alinyemen Horizontal Dengan Tingkat Kecelakaan Ruas Jalan Giripurno
Ruas jalan Giripurno memiliki 3 segmen utama, masing-masing dengan karakteristik geometrik berbeda. Seluruh tikungan yang dianalisis menunjukkan bentuk Spiral–Circle–Spiral (S–C–S). Tikungan 2 pada segmen 2 merupakan titik dengan jumlah kecelakaan tertinggi (88

EAN). Berdasarkan analisis regresi jari-jari tikungan terhadap nilai EAN, diperoleh nilai koefisien determinasi:

$$R^2 = 0,9741$$

Hal ini berarti 97,41% tingkat kecelakaan dipengaruhi oleh jari-jari tikungan. Jari-jari kecil ($R = 136,488$ m pada Tikungan 3) berkorelasi dengan angka kecelakaan yang tinggi.

- Hubungan Derajat Kelengkungan Tikungan Dengan Ean

Derajat kelengkungan dihitung menggunakan data jari-jari tikungan dan panjang lengkung. Hasil analisis regresi menunjukkan bahwa:

$$R^2 = 0,7674$$

Artinya, 76,74% kecelakaan dipengaruhi oleh derajat kelengkungan (D°). Tikungan dengan D besar berpotensi meningkatkan kejadian kecelakaan akibat gaya sentrifugal yang tinggi dan jarak pandang terbatas.

- Hubungan Jarak Pandang Henti (Jh) Terhadap Tingkat Kecelakaan

Walaupun seluruh segmen memenuhi syarat teknis Jh berdasarkan BINA MARGA 2021 (contoh: segmen 1 dengan $Jh = 30,224$ m $>$ Jh minimum 27 m), namun nilai regresinya rendah:

$$R^2 = 0,029$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa jarak pandang henti tidak signifikan memengaruhi jumlah kecelakaan.

- Hubungan Jarak Pandang Mendahului (Jd) Terhadap Ean

Dari hasil perhitungan Jd, seluruh segmen memenuhi standar teknis (misal: Jd segmen 3 = 1030,446 m $>$ 150 m). Namun, regresi Jd terhadap EAN sangat kecil:

$$R^2 = 0,0241$$

Artinya, Jd memiliki pengaruh kecil terhadap kecelakaan. Risiko kecelakaan lebih besar disebabkan oleh perilaku pengemudi dalam mengambil keputusan saat mendahului.

- Hubungan Alinyemen Vertikal Dengan Tingkat Kecelakaan Ruas Jalan Giripurno
Jalan Giripurno memiliki perubahan gradien yang tajam, khususnya pada:

a. PVI2 (STA 1+500) dengan $\Delta i = 3,5\%$

(turunan → tanjakan)

- b. PVI3 (STA 1+750) dengan $\Delta i = 1,143\%$
(tanjakan → tanjakan)

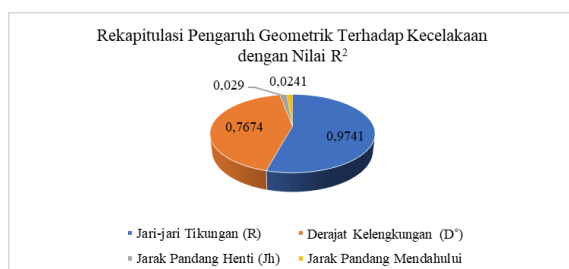
Hasil evaluasi menunjukkan bahwa panjang segmen pada PVI2 tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan panjang lengkung vertikal (250 m tersedia vs 340 m diperlukan), yang menyebabkan kendaraan kehilangan kestabilan. Inilah yang menjelaskan tingginya kecelakaan di Segmen 2, terutama saat malam hari atau kondisi hujan.

Rekapitulasi pengaruh aspek geometrik terhadap kecelakaan di ruas jalan Giripurno kota Batu terlampir di tabel berikut :

Tabel 4.13 Rekapitulasi Pengaruh Geometrik Terhadap Kecelakaan

Aspek Geometrik	R ²	Pengaruh terhadap Kecelakaan
Jari-jari Tikungan (R)	0,9741	Sangat Signifikan
Derajat Kelengkungan (D°)	0,7674	Signifikan
Jarak Pandang Henti (Jh)	0,0290	Tidak signifikan
Jarak Pandang Mendahului	0,0241	Tidak signifikan

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025



Gambar 4.6 Rekapitulasi Pengaruh Geometrik Terhadap Kecelakaan dengan Nilai R²

Sumber : Hasil Perhitungan, 2025

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data kecelakaan lalu lintas, evaluasi geometrik jalan, serta hubungan antara karakteristik geometrik terhadap angka kecelakaan di ruas Jalan Giripurno, Kecamatan Bumiaji, Kota Batu, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Titik rawan kecelakaan (black spot) pada ruas Jalan Giripurno teridentifikasi pada segmen 2, khususnya di sekitar Tikungan 2, yang memiliki jumlah kecelakaan tertinggi sebesar 88 EAN pada periode 2020–2024. Tingginya angka kecelakaan dipicu oleh

geometri tikungan yang tajam dan tidak dilengkapi dengan elemen pengaman jalan secara memadai seperti Guard rail, Warning light, dan Papan peringatan bahkan CCTV.

2. Hasil evaluasi alinyemen horizontal menunjukkan bahwa seluruh tikungan di jalan ini memiliki pola Spiral–Circle–Spiral (SCS). Namun demikian, pada Tikungan 2 dan Tikungan 3, nilai jari-jari eksisting masing-masing adalah 164,84 meter dan 136,49 meter, sedangkan menurut MKJI 1997, untuk kecepatan operasional 55–60 km/jam, jari-jari minimal yang direkomendasikan berkisar antara 240–300 meter. Selain itu, derajat kelengkungan (D°) Tikungan 3 mencapai 13,84°, yang terlalu besar untuk kecepatan tinggi dan berpotensi meningkatkan gaya sentrifugal serta risiko kendaraan keluar jalur. Untuk alinyemen vertikal, titik PVI2 (STA 1+500) memiliki perubahan gradien sebesar $\Delta i = 3,5\%$. Panjang lengkung vertikal eksisting pada segmen ini hanya 250 meter, sedangkan berdasarkan perhitungan MKJI 1997 untuk kecepatan 55 km/jam, panjang lengkung vertikal minimum yang diperlukan adalah 340 meter. Dengan demikian, terdapat kekurangan panjang lengkung sekitar 90 meter, yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan dan menurunkan kestabilan kendaraan terutama saat transisi dari turunan ke tanjakan.

3. Hasil analisis hubungan aspek geometrik terhadap tingkat kecelakaan menunjukkan bahwa jari-jari tikungan (R) memiliki pengaruh paling signifikan terhadap angka kecelakaan ($R^2 = 0,9741$), disusul oleh derajat kelengkungan tikungan (D°) dengan $R^2 = 0,7674$. Sementara itu, jarak pandang henti (Jh) dan jarak pandang mendahului (Jd) memiliki pengaruh yang rendah terhadap kecelakaan ($R^2 < 0,03$), meskipun secara teknis keduanya memenuhi standar minimal yang berlaku. Berdasarkan BINA MARGA 2021, standar minimum adalah:
 - a. Jh untuk kecepatan 40 km/jam = 27 meter
 - b. Jd untuk kecepatan 60 km/jam = 150 meter

Sedangkan nilai eksisting yang diperoleh pada penelitian ini adalah:

- c. $J_h = 30,224$ meter pada segmen 1, yang lebih besar dari standar sehingga dinilai aman.
- d. $J_d = 1030,446$ meter pada segmen 3, yang jauh melebihi standar minimum sehingga tidak menjadi kendala secara teknis.

Dengan demikian, meskipun nilai J_h dan J_d di lapangan telah memenuhi bahkan melampaui standar, pengaruhnya terhadap angka kecelakaan tetap rendah. Hal ini diduga lebih banyak dipengaruhi oleh perilaku pengemudi, kondisi lingkungan, cuaca, serta ketersediaan rambu dan marka jalan, yang menjadi faktor dominan dalam keputusan pengemudi saat berkendara.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil kesimpulan di atas, maka disarankan beberapa hal berikut:

1. Penanganan segera perlu dilakukan pada segmen 2, khususnya pada Tikungan 2, melalui pemasangan rambu peringatan tikungan tajam, penerangan tambahan, serta evaluasi kebutuhan pembangunan superelevasi atau pelebaran bahu jalan untuk mengurangi risiko kecelakaan.
2. Perbaikan alinyemen vertikal pada PVI2 direkomendasikan dengan cara mengurangi kecepatan operasional kendaraan melalui rambu pembatas kecepatan atau penerapan marka kejut. Alternatif lain adalah melakukan reprofiling elevasi atau pemotongan ketinggian guna memperoleh panjang lengkung vertikal minimum yang sesuai standar.
3. Diperlukan peninjauan ulang desain geometrik jalan berdasarkan data kecepatan aktual kendaraan, bukan hanya pada kecepatan rencana. Hal ini agar semua elemen geometrik (R , D° , J_h , J_d) benar-benar responsif terhadap kondisi lapangan dan tidak hanya memenuhi syarat minimum peraturan.
4. Untuk penelitian lanjutan, disarankan dilakukan pemodelan statistik lanjutan (misalnya regresi berganda) yang menggabungkan faktor perilaku pengemudi, kondisi cuaca, dan volume lalu lintas agar

hasil analisis lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfarky, Z., Rokhmawati, A., & Ingsih, I. suhermin. (2024). Evaluasi Kerusakan Perkerasan Jalan Dan Rencana Penanganannya Pada Ruas Jalan Binangun – Mojorejo Kabupaten Blitar. *Rekayasa Teknik Sipil*, 14(2).
- [2] Munir, M., Khadziq, A., Rokhmawati, A., & Ingsih, I. S. (2024). Studi Peningkatan Jalan Dengan Lapis Tambah Perkerasan Metode Bina Marga Mdpj 2017 Ruas Jalan Kreet Kecamatan Gondanglegi Kabupaten Malang. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 14(1).
- [3] Nurhijriyah, T., Putra, K. H., & Agusdini, T. M. C. (2024). Evaluation Of The Level Of Road Damage In Jelidro li-Kuwukan-Sambikerep Roads Using The Pavement Condition Index (Pci) And Bina Marga Method. *Journal Innovation of Civil Engineering (JICE)*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.33474/jice.v5i1.21023>
- [4] Lukmana, Dedy, Bambang Suprpto, dan Anang Bakhtiar. 2019. "Studi Perencanaan Peningkatan Jalan Babat – Batas Jombang (KM 12 + 800 – KM 20 + 000) Lamongan Jawa Timur." *Jurnal Rekayasa Sipil (e-Journal)* 6 (1): 1–8.
- [5] Subkhan, M. F. (2019). PROKONS: Jurnal Teknik Sipil Evaluasi Dan Perencanaan Ulang Desain Geometrik Jalan Berdasarkan Standart Bina Marga Pada Ruas Jalan Dadaprejo Kota Batu. 12(2), 79–84.