

Evaluasi Geometrik dan Perilaku Pengendara di Jembatan Ketiwon Jalan Werkudoro

**Suprpto Hadi^{1*}, Amelia Ratna Yuanita², Nabilla Rahma Inayati³,
Rachmad Miftah Huda⁴, Restu Ramadhani⁵, Edi Purwanto⁶**
Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, Tegal, Indonesia^{1,2,3,4,5,6}

ABSTRAK

Kata Kunci:
Evaluasi Geometrik; Kecepatan
Operasional; Alinyemen
Horizontal; Alinyemen Vertikal

***Correspondence email:**
hadi@pktj.ac.id

Submitted: 16-07-2025
Revised: 26-07-2025
Accepted: 28-07-2025
Published: 04-08-2025

Jalan Werkudoro di Kota Tegal merupakan jalan kelas III yang berfungsi sebagai jalan kolektor sekunder dengan kecepatan rencana 40 km/jam. Salah satu titik rawan kecelakaan pada ruas ini berada di Jembatan Ketiwon. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian elemen geometrik jalan pada alinyemen horizontal dan vertikal terhadap standar teknis yang berlaku, serta menganalisis hubungannya dengan kecepatan kendaraan dan perilaku pengemudi. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, dengan pengumpulan data mencakup pengukuran geometrik menggunakan GNSS, survei kecepatan kendaraan, serta pengamatan perilaku pelanggaran lalu lintas. Hasil analisis menunjukkan kecepatan operasional rata-rata kendaraan mencapai 44 km/jam, melebihi batas kecepatan rencana. Tikungan pada segmen tersebut memiliki jari-jari sebesar 94 meter, yang tidak memenuhi standar minimum 159 meter. Meskipun gradien vertikal sebesar 5,28% dan panjang lengkung 68,90 meter masih berada dalam batas kelandaian kritis, jarak pandang henti yang tersedia hanya 82,50 meter, jauh lebih pendek dari kebutuhan minimum sebesar 182 meter. Berdasarkan temuan tersebut, dapat disimpulkan bahwa beberapa elemen geometrik jalan belum sesuai standar dan berpotensi menurunkan keselamatan pengguna jalan. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan seperti pemasangan rambu peringatan, pengendalian kecepatan, serta peningkatan kesadaran pengendara melalui edukasi lalu lintas.

ABSTRACT

Keywords:
Geometric Evaluation; Operating
Speed; Horizontal Alignment;
Vertical Alignment

Werkudoro Road in Tegal City is classified as a Class III road functioning as a secondary collector with a design speed of 40 km/h. One of the accident-prone locations along this route is at the Ketiwon Bridge. This study aims to assess the conformity of geometric road elements, specifically the horizontal and vertical alignments, with applicable technical standards, and to analyze their relationship with vehicle speed and driver behavior. A quantitative approach was applied, involving data collection through GNSS-based geometric measurements, vehicle speed surveys, and observations of traffic violations. The analysis revealed that the average operational speed reached 44 km/h, exceeding the designated design speed. The curve radius on the observed segment is 94 meters, which falls below the minimum required standard of 159 meters. Although the vertical gradient of 5.28% and the vertical curve length of 68.90 meters remain within the critical slope limit, the available stopping sight distance is only 82.50 meters—significantly lower than the required 182 meters. Based on these findings, several geometric elements of the road do not comply with existing standards and may compromise traffic safety. Therefore, improvements such as the installation of warning signs, enforcement of speed limits, and enhanced driver education are recommended to mitigate potential risks.

PENDAHULUAN

Di Indonesia, jumlah kendaraan bermotor terus meningkat seiring/sejalan dengan pertumbuhan populasi penduduknya, yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan masyarakat. Namun, apabila tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas dan kualitas infrastruktur jalan, kondisi ini turut memicu lonjakan angka kecelakaan lalu lintas. Kecelakaan lalu lintas merupakan kejadian yang tidak diduga dan disengaja di jalan yang mencakup kendaraan dan atau tanpa pengguna jalan lainnya, serta menyebabkan korban jiwa dan atau kerugian material (Ratu, Pamuttu and Bension, 2021). Kecelakaan lalu lintas masih menjadi penyumbang paling besar kematian dan cedera di Indonesia, serta memberi dampak kerugian secara ekonomi dan sosial. Indonesia menempati peringkat keempat di Asia Tenggara dalam hal jumlah kematian pengguna jalan akibat kecelakaan (Savitri, 2023). Tingginya angka kecelakaan ini mencerminkan bahwa intensitas lalu lintas di kawasan perkotaan cenderung tinggi (Hasanah, Safri and Erianti, 2020).

Salah satu elemen krusial yang memengaruhi keselamatan lalu lintas yakni kondisi geometrik jalan. Dalam bidang teknik transportasi, perancangan geometrik jalan memiliki peran penting dalam menjamin keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan, yang merupakan prioritas utama sekaligus aspek mendasar dalam perencanaan jalan raya (Kurniawan and Adhar, 2023). Penelitian oleh (Oktopianto *et al.*, 2023) yang berjudul *Pemodelan Kondisi Geometrik Terhadap Potensi Kecelakaan Lalu Lintas*, terdapat hubungan atau korelasi antara variabel geometrik dengan jumlah kecelakaan yang terjadi. Hasil mengemukakan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara risiko kecelakaan dengan geometrik jalan seperti jarak pandang, sudut dan radius tikungan, superelevasi, akses jalan utama, kelandaian, dan lengkung peralihan (Suraji, 2022). Sementara itu, kejadian kecelakaan banyak disebabkan oleh keadaan geometri yang berada di bawah standar (Mardiana, 2021) (Siahaan, 2020). Dari beberapa penelitian dijelaskan bahwasanya geometrik jalan memengaruhi tingkat keselamatan jalan.

Selain dari segi teknis, perilaku pengendara juga berkontribusi besar terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas. Hal ini didukung penelitian oleh (Ahmad, A and Astutik, 2024), bahwasanya perilaku pengendara/pengemudi berkontribusi sebesar 73,5% terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan. Seperti berkendara melebihi batas kecepatan, manuver yang tidak aman, tidak mematuhi rambu lalu lintas, dan pelanggaran berisiko lainnya. Oleh sebab itu, diperlukan upaya untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas yang tidak hanya fokus pada aspek fisik jalan saja, namun secara bersamaan dengan peningkatan kesadaran dan disiplin pengendara.

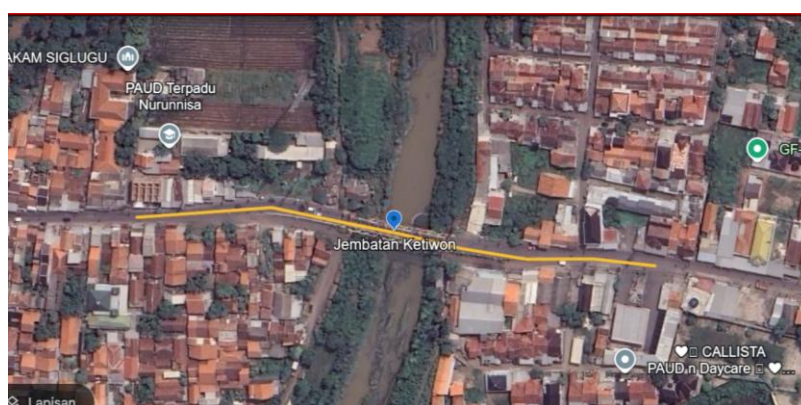
Kota Tegal merupakan salah satu kota yang mengalami pertumbuhan lalu lintas cukup tinggi, salah satunya di ruas Jalan Werkudoro yang memiliki peranan penting sebagai konektivitas antara kawasan pemukiman dengan pusat aktivitas masyarakat. Akibat tingginya intensitas lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, Jalan Werkudoro menjadi salah satu jalur yang rawan mengalami konflik lalu lintas maupun kecelakaan, terutama pada titik – titik yang tidak memiliki infrastruktur memadai atau perbedaan karakteristik geometriknnya. Salah satu titik yang menjadi perhatian khusus yakni di area sekitar Jembatan Ketiwon yang merupakan perbatasan antara Kota Tegal dan Kabupaten Tegal.

Jembatan Ketiwon memiliki elemen geometrik yang cukup kompleks, yang berpotensi memengaruhi kelancaran dan keselamatan lalu lintas, serta menyebabkan keterbatasan visibilitas. Oleh karena itu, Jembatan Ketiwon perlu mendapat perhatian lebih terkait evaluasi teknis dan keselamatan lalu lintas di lokasi tersebut, dengan tujuan untuk mengetahui apakah kondisi geometrik di Jembatan Ketiwon telah sesuai standar, memahami perilaku pengendara saat melintasi area tersebut, serta mengidentifikasi sejauh mana kecelakaan yang terjadi berkaitan dengan kondisi jalan dan perilaku pengendara. Untuk mendukung hal tersebut, tahapan awal yang dilakukan adalah menganalisis karakteristik kecelakaan dan mengidentifikasi lokasi rawan kecelakaan, sehingga penanganan dapat dilakukan secara tepat sasaran dan mampu mengurangi risiko kecelakaan di masa mendatang (Hadi *et al.*, 2025).

METODE

Jenis Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi terhadap elemen geometrik jalan di sekitar Jembatan Ketiwon yang memiliki karakteristik berupa tikungan dan tanjakan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sumber : *Google Earth Pro* (2024)

Pada penelitian ini menggunakan jenis penelitian evaluasi (Sugiyono, 2015). Penelitian evaluasi dilakukan untuk mengukur hasil proyek terkait keefektivasannya apakah sudah selaras dengan tujuan yang dirancang atau belum. Secara khusus metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah metode kuantitatif. Metode yang dilakukan dengan mengelompokkan data berdasarkan variabel, menyajikan data untuk masing-masing variabel, kemudian dilakukan perhitungan untuk menanggapi rumusan masalah. Dalam penelitian ini, data dikumpulkan dengan melakukan pengukuran dilokasi berupa perilaku pengendara, alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal.

Perilaku Pengendara

Pengumpulan data terkait perilaku pengendara dilakukan melalui survei lalu lintas selama satu jam pengamatan di lokasi sekitar Jembatan Ketiwon. Volume Kendaraan diperoleh dengan survei traffic counting pada jam puncak pagi (07.00 – 08.00 WIB), siang (11.30 – 12.30 WIB), dan sore (17.30 – 18.30 WIB) (Sriharyani and Hadijah, 2023). Survei Volume lalu lintas dihitung untuk mengetahui jumlah kendaraan yang melintas sebagai dasar perhitungan persentase pelanggaran.

1. Kecepatan

Menurut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2023), kecepatan didefinisikan sebagai laju kendaraan dalam menempuh jarak per satuan waktu. Klasifikasi jalan berdasarkan fungsinya, memiliki kecepatan rencana masing-masing. Jalan arteri primer (≤ 60 km/jam), kolektor primer (≤ 50 km/jam), lokal primer (≤ 30 km/jam), sedangkan untuk jalan arteri sekunder (≤ 40 km/jam), kolektor sekunder (≤ 40 km/jam), lokal sekunder (≤ 25 km/jam). Data kecepatan kendaraan dikumpulkan dengan cara mengukur jarak tempuh kendaraan antar dua titik di lapangan, kemudian mencatat waktu tempuh menggunakan stopwatch (Wesli, Akbar and Lubis, 2022). Kecepatan dihitung berdasarkan pembagian antara jarak tempuh dan waktu yang diperlukan. Selanjutnya, kecepatan eksisting dianalisis menggunakan metode persentil ke-85 untuk merepresentasikan kecepatan umum kendaraan di ruas jalan tersebut (Kurniati, Gunawan and Suryadinata, 2022)

2. Menyalip

Kendaraan diperbolehkan menyalip ketika terdapat marka jalan garis putus-putus, dan dilarang menyalip saat menemui marka garis utuh (AUTO 2000, 2025). Dalam hal ini, tikungan perlu dilengkapi oleh marka jalan garis utuh / tidak putus – putus. Selain itu, dicatat pula perilaku pengendara yang melakukan pelanggaran berupa menyalip dengan menggunakan lajur berlawanan arah, yang dianggap sebagai perilaku berisiko terhadap keselamatan lalu lintas

Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan melalui bidang datar yang umumnya mencakup elemen jalan yang lurus dan melengkung (Ardi Setiawan, Rizal and Java Turis Repmi Tamsih, 2025). Evaluasi terhadap alinyemen horizontal dilakukan dengan metode pengukuran titik koordinat menggunakan alat Global Navigation Satellite System (GNSS). Titik-titik koordinat yang diperoleh kemudian diolah dalam perangkat lunak AutoCAD 2012, di mana setiap titik saling dihubungkan untuk membentuk garis trase jalan yang menggambarkan kondisi eksisting. Dari hasil penggambaran tersebut, dilakukan analisis terhadap radius tikungan dan besar sudut deviasi yang terbentuk. Nilai-nilai tersebut kemudian dibandingkan dengan ketentuan radius minimum dan standar perencanaan geometrik jalan yang berlaku, untuk menilai apakah alinyemen horizontal pada segmen tersebut telah memenuhi standar teknis dan mendukung keselamatan lalu lintas.

Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal menggambarkan perubahan elevasi sumbu jalan dalam profil memanjang (Simanjourang, Mentari and Sudibyo, 2023). Dalam alinyemen vertikal terdapat jarak pandang yang memiliki arti panjang jalan yang masih dapat dilihat dari posisi pengemudi di depan kendaraannya (Fatimah, 2024). Menurut (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2021) jarak pandang dibagi menjadi jarak pandang mendahului dan henti. Pengukuran alinyemen vertikal juga dilakukan dengan menggunakan alat GNSS untuk memperoleh data titik koordinat yang mencakup informasi ketinggian (elevasi). Titik-titik ini kemudian dihubungkan dalam perangkat lunak AutoCAD 2012 untuk membentuk profil vertikal jalan. Dari hasil penggambaran tersebut, diperoleh panjang kelandaian serta beda elevasi antar titik. Nilai kelandaian eksisting dianalisis dan dibandingkan dengan ketentuan kelandaian maksimum sesuai standar geometrik jalan.

Tabel 1. Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

V_R (km/jam)	Kelandaian Maksimal (%)
110	3
100	4
80	5
60	8
50	9
40	10
<40	10

Sumber: Dirjen Bina Marga (1997)

Tabel 2. Panjang Kritis (m)

Kecepatan pada awal tanjakan km/jam	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

Sumber: Dirjen Bina Marga (1997)

Tabel 3. Penentuan Faktor Penampilan Kenyamanan, Y

Kecepatan Rencana (km/jam)	Faktor Penampilan Kenyamanan, Y
<40	1,5
40 – 60	3
>60	8

Sumber: Dirjen Bina Marga (1997)

Tabel 4. Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kelandaian Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
<40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
>60	0,4	80 - 150

Sumber: Dirjen Bina Marga (1997)

HASIL

Jalan Werkudoro di Kota Tegal tergolong dalam jalan kelas III yang berfungsi sebagai jalan kota dengan klasifikasi kolektor sekunder, menghubungkan kawasan permukiman dengan jalan utama di sekitarnya. Jalan ini memiliki elemen geometrik berupa alinyemen horizontal dan vertikal yang perlu disesuaikan dengan standar perencanaan untuk jalan kolektor sekunder di wilayah perkotaan. Berdasarkan ketentuan, kecepatan rencana maksimal yang dianjurkan untuk kelas ini adalah 40 km/jam guna menjaga keselamatan dan kelancaran lalu lintas. Selain itu, jalan ini memiliki lebar jalur sebesar 8,5 meter yang memungkinkan pergerakan kendaraan dari dua arah.

Perilaku Pengendara

1. Kecepatan

Penelitian ini memusatkan perhatian pada perilaku pengemudi saat melintasi tikungan, khususnya saat memasuki dan keluar dari tikungan. Perilaku dikenali melalui kecepatan kendaraan yang digunakan. Data kecepatan di tikungan diperoleh melalui survei langsung terhadap kecepatan kendaraan di lokasi tikungan. Perhitungan kecepatan dengan metode 85 bermaksud untuk menentukan batas kecepatan yang cocok dengan kecepatan kendaraan yang lewat pada suatu jalan (Syahriansyah, Perdana and Surya, 2021)

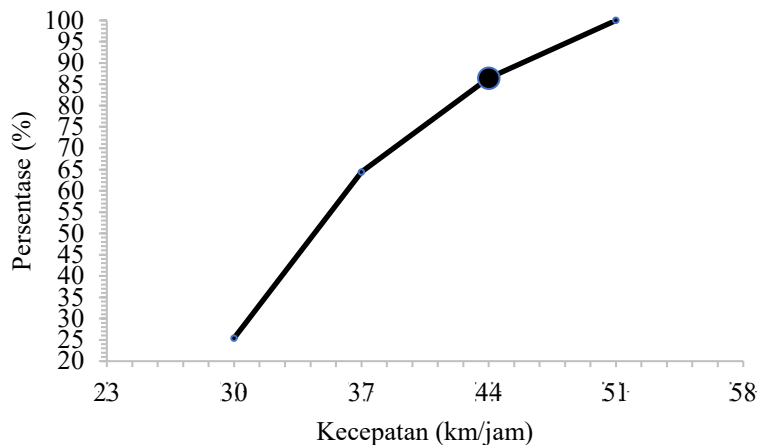
Untuk dapat menentukan kecepatan persentil 85, terlebih dahulu dilakukan pengolahan dari data kecepatan yang diperoleh di lapangan. Sebanyak 60 data kecepatan kemudian diklasifikasikan ke dalam interval tertentu dengan memperhitungkan beda dan panjang kelas data. Kemudian dihitung nilai tengah, frekuensi atau jumlah kendaraan pada setiap interval, dan frekuensi kumulatifnya.

Langkah selanjutnya yaitu menghitung persentase tiap interval data dan kumulatif persentase yang bertujuan untuk mengetahui distribusi kecepatan secara keseluruhan.

Tabel 5. Data Kecepatan Persentil 85

No	Interval	Nilai Tengah (km/jam)	Frekuensi	Frekuensi Kumulatif	Persentase (%)	Kumulatif Persentase (%)	(fi.xi) (3)x(2)	(fi x xi 2)
1	27 - 33	30	15	15	25,4237288	25,4237288	450	13500
2	34 - 40	37	23	38	38,9830508	64,40677966	851	31487
3	41 - 47	44	13	51	22,0338983	86,44067797	572	25168
4	48 - 54	51	8	59	13,559322	100	408	20808

Sumber : Hasil Pengolahan Data (2025)



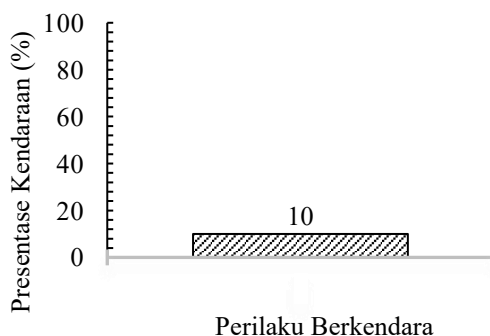
Gambar 2. Kecepatan Persentil 85

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2025)

Gambar 2 menunjukkan grafik kecepatan persentil 85 yang berfungsi untuk memvisualisasikan data kumulatif kecepatan kendaraan yang telah dihitung pada Tabel 5. Sumbu horizontal (X) pada grafik berupa nilai tengah dari masing – masing interval, dan sumbu vertikal (Y) berupa kumulatif persentase pada tiap interval.

2. Menyalip Menggunakan Jalur Berlawanan

Dari hasil pengamatan di lapangan, terlihat bahwa terdapat pengendara yang menyalip kendaraan lain dengan cara berpindah ke jalur berlawanan, terutama di tikungan. Hal ini biasanya terjadi saat jalan terlihat sepi atau saat pengemudi merasa terganggu dengan kendaraan di depannya yang berjalan lebih lambat.



Gambar 3. Pengendara Menyalip Menggunakan Jalur Berlawanan

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2025)

Hasil survei menunjukkan bahwa dari total 1.773 kendaraan yang melintasi lokasi dalam satu jam pengamatan, sebanyak 174 kendaraan atau sekitar 10% melakukan manuver menyalip dengan berpindah ke jalur berlawanan di area tikungan.

Alinyemen Horizontal

Hasil penggambaran geometrik jalan pada lokasi penelitian dilakukan menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2012. Penggambaran ini didasarkan pada data hasil pengukuran lapangan menggunakan alat GNSS, yang dilakukan pada segmen jalan yaitu 200 meter sebelum dan 200 meter sesudah jembatan. Titik pengukuran diambil setiap interval 20 meter, sehingga diperoleh data elevasi dan koordinat yang kemudian diolah menjadi gambar profil jalan. Hasil penggambaran tersebut disajikan sebagai berikut.



Gambar 4. Trase Tikungan Jembatan Ketiwon

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2025)

Hasil penggambaran menunjukkan bahwa tikungan pada segmen jalan di Jembatan Ketiwon memiliki sudut tikungan sebesar 20,85 derajat dengan jari-jari tikungan eksisting sebesar 94 meter. Setelah pengumpulan data di lapangan selesai dilakukan, tahap selanjutnya adalah perhitungan dengan mengacu pada metode perhitungan yang ditetapkan oleh Bina Marga sebagai standar acuan.

$$R_{\text{minimal}} = \frac{v^2}{127(e_{\text{maksimal}} + f_{\text{maksimal}})}$$

$$R_{\text{minimal}} = \frac{40^2}{127(0,1 + 0,166)} = 50 \text{ m} \quad (1)$$

$$R_c = 50 + 100 = 150 \text{ m} \quad (2)$$

Berdasarkan hasil perhitungan jari-jari minimum tikungan dengan kecepatan rencana 40 km/jam, diperoleh nilai jari-jari minimum sebesar 50 meter. Namun, guna memenuhi standar keselamatan dan memberikan tingkat kenyamanan yang lebih tinggi bagi pengendara, jari-jari minimum tersebut ditambah sebesar 100 meter. Dengan demikian, jari-jari tikungan yang akan direncanakan adalah 150 meter.

$$\theta_s = 90 \times \frac{L_s}{3,14} \times R_c$$

$$\theta_s = 90 \times \frac{45}{3,14} \times 150 = 8,11^\circ \quad (3)$$

$$\theta_c = \beta - 2 \times \theta_s$$

$$= 20,85 - 2 \times 8,11^\circ = 4,63^\circ \quad (4)$$

Untuk menentukan jenis tikungan pada segmen jalan dilakukan perhitungan awal terhadap panjang busur lingkaran (L_c) serta nilai P sebagai parameter lengkung horizontal. Perhitungan ini diawali dengan menentukan besarnya sudut lengkung spiral (θ_s) dan sudut lengkung lingkaran (θ_c), yang merupakan komponen penting dalam perancangan alinyemen horizontal. Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai sudut spiral (θ_s) sebesar $8,11^\circ$ dan sudut lingkaran (θ_c) sebesar $4,63^\circ$, yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan L_c dan P untuk mengidentifikasi karakteristik tikungan secara lebih detail.

$$L_c = \frac{\theta_c}{360} \times 2 \times 3,14 \times R_c$$

$$= \frac{4,635}{360} \times 2 \times 3,14 \times 150 = 12,83 \quad (5)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 \times R_c} - R_c \times 1 - \cos$$

$$= \frac{L_s^2}{6 \times 150} - 150 \times 1 - \cos 8,11^\circ = 0,53 \quad (6)$$

Berdasarkan hasil perhitungan, diperoleh nilai panjang busur lengkung L_c sebesar 12,83 meter. Nilai ini berada di bawah ambang 20 meter, sehingga secara geometrik menunjukkan bahwa tikungan termasuk dalam kategori tikungan spiral-spiral. Untuk memperkuat klasifikasi tersebut, dilakukan pula perhitungan nilai parameter P. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai P adalah 0,53, yang berarti lebih besar dari 0,10. Dengan demikian, hasil ini semakin menguatkan bahwa tikungan pada lokasi tersebut merupakan tikungan spiral-spiral.

$$L_c = 0 \quad (7)$$

$$\theta_s = \beta/2$$

$$= 20,85^\circ / 2 = 10,43 \quad (8)$$

$$L_s = \theta_s \times 3,14 \times \frac{R_c}{90}$$

$$= \theta_s \times 3,14 \times \frac{150}{90} = 57,83 \quad (9)$$

$$L_s \text{ min} = 115 \times (e + e_{\text{max}}) \times 4,25$$

$$= 45,94$$

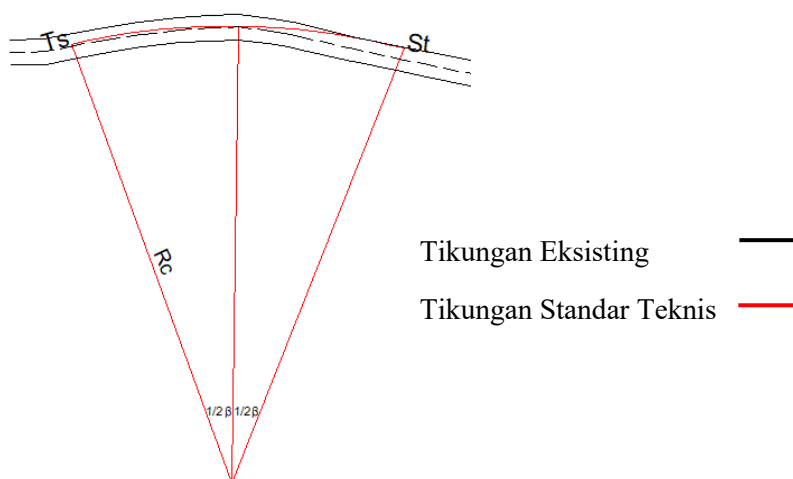
$$T_s = R_c + p \times \tan(\beta/2) + k$$

$$= 58,28 \quad (10)$$

$$E_s = R_c + p \times \sec(\beta/2) - R_c$$

$$= 3,56 \quad (11)$$

Berdasarkan hasil perhitungan parameter geometrik tikungan, diperoleh bahwa panjang busur lengkung lingkaran L_c adalah 0, yang menunjukkan bahwa tikungan tersebut tidak memiliki segmen lengkung melingkar dan dikategorikan sebagai tikungan spiral-spiral. Nilai sudut spiral θ_s sebesar 10,43 derajat menghasilkan panjang spiral L_s sebesar 57,83 meter. Panjang ini telah memenuhi syarat panjang spiral minimum $L_s \text{ min}$ yaitu 45,94 meter. Dengan demikian, karena $L_s > L_s \text{ min}$, maka jari-jari tikungan yang digunakan, yaitu sebesar 150 meter, dapat diterapkan sesuai ketentuan. Parameter lainnya seperti panjang transisi T_s sebesar 58,28 meter dan eksentrisitas E_s sebesar 3,56 meter. Hasil perhitungan tersebut merupakan parameter dalam perencanaan tikungan yang memenuhi standar sebagai tikungan spiral-spiral.



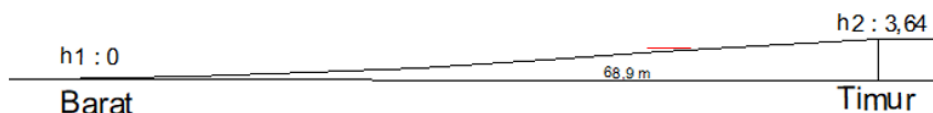
Gambar 5. Perbandingan Tikungan Standar dan Eksisting

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2025)

Gambar 5 merupakan gambar tikungan hasil perencanaan yang disesuaikan dengan standar keselamatan jalan, serta dibandingkan dengan kondisi tikungan eksisting di lapangan. Titik TS (*tangent to spiral*) menunjukkan awal lengkung spiral, sedangkan titik ST (*spiral to tangent*) merupakan titik akhir lengkung spiral. Tikungan ini digambarkan menggunakan jari-jari tikungan hasil perhitungan R_c dan sudut belok β yang diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan.

Alinyemen Vertikal

Pengukuran beda tinggi di sekitar Jembatan Ketiwon dilakukan pada segmen jalan sepanjang 200 meter sebelum, sesudah dan pada jembatan. Titik-titik pengukuran ditentukan setiap interval 10 meter. Data hasil pengukuran kemudian diolah dan divisualisasikan menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2012, sehingga diperoleh representasi kontur dan elevasi jalan secara rinci sesuai kondisi eksisting di lapangan.



Gambar 6. Trase Alinyemen Vertikal Jembatan Ketiwon

Sumber: Hasil Pengolahan Data (2025)

Hasil interpretasi data lapangan yang divisualisasikan melalui penggambaran menunjukkan bahwa elevasi terendah berada di sisi barat dengan ketinggian 0 meter, sedangkan elevasi tertinggi terdapat di sisi timur dengan ketinggian 3,64 meter. Berdasarkan perbedaan elevasi tersebut, diperoleh panjang kelandaian pada segmen Jembatan Ketiwon adalah 68,90 meter dengan memiliki jarak pandang henti eksisting sebesar 82,50 m

$$\text{Gradien (g)} = \frac{\text{Beda Tinggi } (\Delta h)}{\text{Panjang Kelandaian Eksisting (Lv eksisting)}} \times 100\%$$

$$\text{Gradien (g)} = \frac{3,64}{68,9} \times 100\% = 5,28\% \tag{12}$$

Berdasarkan data tersebut, gradien (g) dapat dihitung dengan membagi beda tinggi (Δh) terhadap panjang kelandaian, lalu dikalikan dengan 100 persen. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa Jembatan Ketiwon Jalan Werkudoro memiliki gradien sebesar 5,28 %.

$$\begin{aligned} \text{Jarak Pandang Henti (Jh)} &= 0,278 + VR + T + \frac{VR^2}{254 (fp \pm g)} \\ \text{Jarak Pandang Henti (Jh)} &= 0,278 + 44 + 2,5 + \frac{44^2}{254 (0,35 \pm 0,01)} = 182 \text{ m} \end{aligned} \tag{13}$$

Untuk mengetahui panjang landai kritis, terlebih dahulu menentukan jarak pandang hentinya. Jembatan Ketiwon Jalan Werkudoro dari perhitungan yang disesuaikan dengan standar keselamatan jalan memiliki jarak pandang henti sebesar 182 m, hal ini dibuktikan setelah dilakukan perhitungan terhadap beberapa komponen seperti kecepatan rencana, waktu reaksi pengemudi, dan koefisien gesek.

Dikarenakan jarak pandang henti pada perhitungan sebesar 182 m dan lebih besar dari nilai L (145 m), maka untuk menentukan panjang landai kritis perencanaan (L_v) digunakan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Panjang Landai Kritis } (L_v) &= 2J_h - \frac{405}{A} \\ \text{Panjang Landai Kritis } (L_v) &= 2(182) - \frac{405}{5,28} = 288 \text{ m} \end{aligned} \quad (14)$$

Berdasarkan hasil perhitungan menggunakan standar keselamatan jalan, diketahui bahwa panjang maksimum kelandaian yang diperbolehkan pada ruas jalan di sekitar Jembatan Ketiwon adalah 288 meter.

Pembahasan

Faktor Penyebab Kecelakaan

Faktor utama penyebab kecelakaan didominasi oleh perilaku manusia dan kondisi jalan. Faktor manusia menyumbang sekitar 58% hingga 80% kasus, terutama karena mengemudi dengan kecepatan tinggi. Sementara itu, faktor jalan berkontribusi sekitar 18% hingga 33%, yang umumnya disebabkan oleh tikungan dengan radius yang terlalu kecil (Zaini aryatama, 2022).

Perilaku Pengendara

1. Kecepatan

Kecepatan kendaraan yang diamati di lapangan umumnya berada sekitar 85% dari kecepatan rencana yang telah ditetapkan. Hasil survei kecepatan di lapangan, diketahui bahwa kecepatan eksisting rata-rata kendaraan 44 km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa kecepatan operasional pengguna jalan melebihi kecepatan rencana yang telah ditetapkan. Perbedaan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kondisi geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan melaju lebih cepat, kepadatan lalu lintas yang rendah, serta perilaku pengendara yang cenderung melaju melebihi batas kecepatan.

Kecepatan eksisting yang melebihi batas rencana mengindikasikan potensi risiko keselamatan lalu lintas, terutama apabila terdapat gangguan mendadak, kendaraan pelambat (seperti sepeda motor atau kendaraan berat), atau lokasi-lokasi dengan jarak pandang terbatas. Oleh karena itu, meskipun desain jalan telah memenuhi ketentuan untuk kecepatan 40 km/jam, pengawasan dan upaya pengendalian kecepatan tetap perlu dilakukan untuk memastikan keselamatan pengguna jalan tetap terjaga.

2. Menyalip Menggunakan Jalur Berlawanan

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan selama satu jam pengamatan, tercatat sebanyak 1.773 kendaraan melintasi Jembatan Ketiwon, Jalan Werkudoro. Dari jumlah tersebut, sebanyak 174 kendaraan atau sekitar 10% melakukan manuver menyalip dengan berpindah ke jalur berlawanan di area tikungan. Perilaku ini terjadi pada ruas jalan yang tidak memiliki pembatas fisik dan digunakan untuk arus lalu lintas dua arah. Kondisi ini menunjukkan adanya potensi konflik antar kendaraan dari arah berlawanan, terutama karena manuver menyalip di tikungan dapat mengurangi jarak pandang dan waktu reaksi pengemudi. Tingginya persentase kendaraan yang melakukan pelanggaran ini mengindikasikan bahwa perilaku pengemudi di lokasi tersebut cenderung berisiko dan dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas, terutama tabrakan depan-depan.

Alinyemen Horizontal

Pada Jembatan Ketiwon Kota Tegal yang dievaluasi, ditemukan bahwa kondisi eksisting tikungan memiliki jari-jari lengkung horizontal (R_c) sebesar 94 meter. Berdasarkan standar perencanaan geometrik jalan yang mengacu pada klasifikasi jalan dan kecepatan rencana, jari-jari minimum yang disyaratkan untuk tikungan pada segmen ini adalah 159 meter. Salah satu penyebab terjadinya kecelakaan di tikungan Jembatan Ketiwon pada Ruas Jalan Werkudoro adalah ketidaksesuaian antara desain geometrik di lapangan dengan standar yang berlaku. Hal ini terlihat dari nilai jari-jari tikungan R_c di lapangan yang hanya sebesar 94 meter, sedangkan berdasarkan standar perencanaan geometrik jalan, nilai R_c seharusnya sebesar 159 meter. Dengan demikian, jari-jari tikungan yang ada di lapangan lebih kecil dibandingkan dengan yang disyaratkan dalam standar perencanaan. Hal ini menunjukkan bahwa tikungan eksisting saat ini tidak memenuhi standar geometrik minimum yang ditetapkan, dan berpotensi menimbulkan risiko keselamatan lalu lintas, terutama pada kondisi kecepatan tinggi atau cuaca buruk.

Tikungan sesuai standar tampak memiliki kelengkungan yang lebih landai dengan radius yang lebih besar, yang memberikan kenyamanan dan keamanan lebih baik bagi pengendara. Sementara itu, tikungan eksisting tampak lebih tajam, mengindikasikan radius lengkung yang lebih kecil, yang berpotensi meningkatkan gaya sentrifugal pada kendaraan dan mengurangi stabilitas kendaraan saat berbelok.

Perbedaan radius antara kondisi eksisting dan perhitungan standar sebesar 65 meter cukup signifikan, dan dapat berdampak pada kebutuhan perlengkapan jalan seperti pemasangan rambu tikungan tajam, pengurangan kecepatan operasional. Evaluasi ini penting sebagai bagian dari audit keselamatan jalan, khususnya pada lokasi-lokasi yang memiliki riwayat kecelakaan atau kondisi geometrik yang menyimpang dari standar teknis.

Alinyemen Vertikal

Berdasarkan hasil evaluasi geometrik vertikal di segmen Jembatan Ketiwon Jalan Werkudoro, diketahui bahwa kondisi eksisting memiliki perbedaan elevasi gradien sebesar 5,28% dari arah barat ke timur, dengan panjang segmen lengkung vertikal (Lv) sebesar 68,90 meter. Kondisi eksisting di lapangan, panjang lengkung vertikal hanya 68,90 meter, atau jauh lebih pendek dari batas maksimum 288 meter dalam konteks evaluasi kelandaian kritis. Nilai 68,90 meter < 288 meter, artinya kelandaian vertikal tersebut masih berada dalam batas aman atau memenuhi persyaratan kelandaian kritis (AASHTO, 2018).

Jarak pandang henti yang diukur di lapangan lebih pendek dibandingkan dengan nilai jarak pandang henti berdasarkan perhitungan kecepatan rencana. Dari hasil perhitungan perencanaan kecepatan rencana diperoleh bahwa jarak pandang henti (Jh) minimum yang dibutuhkan adalah 182 meter. Namun demikian, karena jarak pandang eksisting 82,50 m masih jauh di bawah kebutuhan minimal untuk kecepatan rencana 40 km/jam yaitu 182 m, tetap diperlukan pertimbangan tambahan berupa pembatasan kecepatan, rambu peringatan untuk meningkatkan aspek keselamatan pada segmen ini.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi yang dilakukan di sekitar Jembatan Ketiwon, Jalan Werkudoro, Kota Tegal, dapat disimpulkan bahwa kondisi geometrik jalan belum sepenuhnya memenuhi standar perencanaan teknis untuk jalan kolektor sekunder dengan kecepatan rencana 40 km/jam. Kecepatan eksisting rata-rata sebesar 44 km/jam menunjukkan bahwa pengguna jalan cenderung melaju melebihi batas kecepatan, yang dapat meningkatkan risiko kecelakaan, terutama pada segmen dengan tikungan tajam. Hasil pengukuran alinyemen horizontal menunjukkan bahwa jari-jari tikungan eksisting sebesar 94 meter lebih kecil dibandingkan radius minimum standar 159 meter, sehingga tikungan tersebut dinilai kurang aman secara teknis. Pada alinyemen vertikal, meskipun kelandaian sebesar 3,64% dengan panjang lengkung 68,90 meter masih memenuhi kelandaian kritis, namun jarak pandang henti eksisting yang hanya 82,50 meter belum memenuhi kebutuhan minimum 182 meter. Oleh karena itu, diperlukan beberapa rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan keselamatan lalu lintas, antara lain: pemasangan rambu peringatan tikungan dan penurunan kecepatan, penambahan marka jalan yang jelas, serta penerapan pembatasan kecepatan melalui pengawasan atau penegakan hukum. Selain itu, edukasi kepada pengendara mengenai pentingnya mematuhi batas kecepatan di area rawan kecelakaan juga menjadi langkah penting guna mencegah potensi bahaya.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO (2018) *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*. Washington D.C: American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Ahmad, F.S., A. V.D.Anis. and Astutik, H.P. (2024) 'Analisa Perilaku Pengendara Terhadap Potensi Kecelakaan Lalu Lintas Menggunakan Software Smart PLS', *5TH CEEDRIMS 2024*, 5(2), pp. 244–250. Available at: <https://journal.itny.ac.id/index.php/CEEDRIMS/article/view/4996> (Accessed: 19 June 2025).
- Ardi Setiawan, A., Rizal, M.S. and Java Turis Repmi Tamsih, I. (2025) 'Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil', *Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil*, 22. Available at: <http://ejournal2.pnp.ac.id/index.php/jirs/>.
- AUTO 2000 (2025) *Pahami 10 Jenis Marka Jalan dan Artinya | Auto2000*. Available at: <https://auto2000.co.id/berita-dan-tips/marka-jalan> (Accessed: 14 July 2025).
- Direktorat Jenderal Bina Marga (2021) 'Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota', *Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. Jakarta*. [Preprint].
- Direktorat Jenderal Bina Marga, S. et al. (2023) *Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia*. Jakarta.
- Fatimah, G.T.N. (2024) 'Perencanaan Jarak Pandang Terhadap Faktor Risiko Kecelakaan di Jalan (Studi Kasus: Jl. Baribis, Majalengka)', *Civil Engineering and Architecture Journal*, 2(5), pp. 3026–622. Available at: <https://doi.org/10.37253/leader.v2i5.10350>.
- Hadi, S. et al. (2025) 'Analisis Lokasi Rawan Kecelakaan Pada Jalan Dengan Medan Datar Dan Bukit', *Jurnal Keselamatan Transportasi Jalan (Indonesian Journal of Road Safety)*, 12(1), pp. 36–46. Available at: <https://doi.org/10.46447/ktj.v12i1.686>.
- Hasanah, N.I., Safri, S. and Erianti, S. (2020) 'FAKTOR FAKTOR YANG BERHUBUNGAN DENGAN SIKAP POLISI LALU LINTAS DALAM PEMBERIAN BANTUAN HIDUP DASAR (BHD) PADA PERTOLONGAN PERTAMA KECELAKAAN LALU LINTAS DI POLRESTA PEKANBARU', *Al-Asalmiya Nursing: Jurnal Ilmu Keperawatan (Journal of Nursing Sciences)*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.35328/keperawatan.v8i2.174>.
- Kurniati, T., Gunawan, H. and Suryadinata, S. (2022) 'Efektivitas Pemasangan Pita Penggaduh Melintang pada Persimpangan Jalan Terbagi Terhadap Kecepatan Kendaraan di Kota Padang', *CIVED*, 9(3). Available at: <https://doi.org/10.24036/cived.v9i3.118297>.

- Kurniawan, W. and Adhar (2023) *Analisis Pengaruh Geometrik Jalan Raya Terhadap Tingkat Kecelakaan (Blackspot Area)*.
- Mardiana, T.S. (2021) 'Analisis Kebutuhan Rambu dan Marka Jalan untuk Meningkatkan Keselamatan di Provinsi Bangka Belitung (Studi Kasus Ruas Jalan Provinsi di Kabupaten Bangka)', *Jurnal Penelitian Transportasi Darat*, 22(2). Available at: <https://doi.org/10.25104/jpdt.v22i2.1592>.
- Oktopianto, Y. et al. (2023) 'Pemodelan Kondisi Geometrik Jalan Terhadap Potensi Kecelakaan Lalu Lintas', *Borneo Engineering : Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), pp. 352–362. Available at: <http://jurnal.borneo.ac.id/index.php/borneoengineering/article/view/4671> (Accessed: 8 July 2025).
- Ratu, R.N.D.C., Pamuttu, A. and Bension, J.B. (2021) 'KARAKTERISTIK DAN POLA LUKA KORBAN KECELAKAAN LALU LINTAS DI RUMAH SAKIT BHAYANGKARA AMBON PERIODE 2014-2017', *Molucca Medica* [Preprint]. Available at: <https://doi.org/10.30598/molmed.2021.v14.i1.63>.
- Savitri, D. (2023) *Indonesia Jadi Negara dengan Tingkat Kematian Tinggi Akibat Kecelakaan se-ASEAN*. Available at: <https://www.detik.com/edu/edutainment/d-6907895/indonesia-jadi-negara-dengan-tingkat-kematian-tinggi-akibat-kecelakaan-se-asean> (Accessed: 14 July 2025).
- Siahaan, J. (2020) *Analisis Pengaruh Geometrik Jalan Dengan Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Akibat Perilaku Pengendara (Studi Kasus Ruas Jalan Lintas Minas KM 33)*. Universitas Islam Riau. Available at: <https://repository.uir.ac.id/8351/1/143110538.pdf> (Accessed: 20 June 2025).
- Simanjourang, B., Mentari, S. and Sudiby, dan T. (2023) 'Evaluasi Geometri Jalan Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) pada Jalan Lingkar Dramaga Bogor', *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 08(02), pp. 183–192. Available at: <https://doi.org/10.29244/jsil.8.3.183-192>.
- Sriharyani, L. and Hadijah, I. (2023) 'KEPADATAN LALU LINTAS AKIBAT HAMBATAN SAMPING RUAS JALAN KI HAJAR DEWANTARA KOTA METRO', *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi) : Jurnal Program Studi Teknik Sipil*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.24127/tp.v12i2.2596>.
- Sugiyono (2015) 'Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D'.
- Suraji, B. & M.T. (2022) 'Pengaruh Geometri Jalan terhadap Risiko Kecelakaan. Jurnal Transportasi Indonesia'.
- Syahriansyah, Perdana, G. and Surya, A. (2021) *ANALISIS KECEPATAN MENGGUNAKAN SPEED GUN DENGAN METODE 85 PERSENTIL PADA RUAS JALAN S. PARMAN BANJARMASIN*. Available at: [https://eprints.uniska-bjm.ac.id/9699/1/SYAHRIANSYAH%20\(%20ANALISIS%20KECEPATAN%20MENGGUNAKAN%20SPEED%20GUN.pdf](https://eprints.uniska-bjm.ac.id/9699/1/SYAHRIANSYAH%20(%20ANALISIS%20KECEPATAN%20MENGGUNAKAN%20SPEED%20GUN.pdf) (Accessed: 8 July 2025).
- Wesli, W., Akbar, S.J. and Lubis, A. (2022) 'Evaluasi Jari–Jari Tikungan Jalan (Studi Kasus Simpang Dama Kecamatan Tanah Pasir Kabupaten Aceh Utara)', *Teras Jurnal : Jurnal Teknik Sipil*, 12(2). Available at: <https://doi.org/10.29103/tj.v12i2.805>.
- Zaini aryatama, F. (2022) 'ANALISIS PENYEBAB KECELAKAAN LALU LINTAS DI JALAN EMPUNALA KOTA MOJOKERTO', *Jurnal Teknik Sipil : Rancang Bangun*, 8(2). Available at: <https://doi.org/10.33506/rb.v8i2.1805>.