

Tinjauan Geometrik Jalan pada Ruas Jalan Tanawangko-Kumu-Popontolen terhadap PDGJ Tahun 2021

Geometric Design Review of the Tanawangko-Kumu-Popontolen Road Section Against the 2021 Guidelines for Geometric Design of Roads

Kristania Taghulih^{1*}, Tampanatu P. F. Sompie², Aris Sampe³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Jalan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado

*e-mail: kristaniataghulih19@gmail.com¹, tampanatu.sompie@polimdo.ac.id², sampearis.sa@gmail.com³

Received: 13.07.2026	Revised: 05.08.2026	Accepted: 12.08.2026	Available online: 04.09.2026
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Abstract: The Tanawangko Highway is part of the Trans-Sulawesi road network that connects the City of Manado with Minahasa Regency and South Minahasa Regency. This study evaluates the horizontal alignment of three curves along the surveyed segment against the 2021 Road Geometric Design Guidelines (Pedoman Desain Geometrik Jalan, PDGJ 2021) issued by the Directorate General of Highways. Topographic data were collected in the field using a Hi-Target V200 geodetic Global Positioning System (GPS) receiver operated in Real-Time Kinematic (RTK) mode and processed in AutoCAD Civil 3D 2027. A single design speed (V_r) of 50 km/h was adopted for the whole segment, consistent with an arterial road on hilly to mountainous terrain, which yields a minimum radius (R_{min}) of 82.19 m at a maximum superelevation of 8%. The existing radii of all three curves fall below this minimum, namely 13.16 m (Curve 1), 37.67 m (Curve 2) and 22.67 m (Curve 3), so none of them complies with PDGJ 2021. The curves were therefore recalculated using a design radius (R_d) of 85 m, which satisfies the requirement that R_d be no less than R_{min} , a design superelevation of 8.00% and a Spiral-Circle-Spiral (SCS) curve with a 55 m transition length. The resulting dimensions are $T_s = 131.64$ m, $E_s = 50.46$ m and $L_c = 94.26$ m for Curve 1; $T_s = 86.69$ m, $E_s = 19.89$ m and $L_c = 47.13$ m for Curve 2; and $T_s = 105.29$ m, $E_s = 31.42$ m and $L_c = 69.60$ m for Curve 3. These dimensions are far larger than the existing ones, which indicates that bringing the three curves up to standard requires considerably more space than the present corridor provides and must be preceded by a further technical study. This study does not analyse any causal relationship between geometric condition and traffic accidents, because accident data were not used as a research variable.

Keywords: road geometry, horizontal alignment, Spiral-Circle-Spiral, design radius, Tanawangko, PDGJ 2021

Abstrak: Jalan Raya Tanawangko merupakan salah satu ruas Jalan Trans-Sulawesi yang menghubungkan Kota Manado dengan Kabupaten Minahasa dan Kabupaten Minahasa Selatan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi alinyemen horizontal pada tiga tikungan di segmen yang ditinjau terhadap Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021. Data topografi dikumpulkan melalui pengukuran langsung di lapangan menggunakan Global Positioning System (GPS) Geodetik Hi-Target V200 dengan metode Real-Time Kinematic (RTK) dan diolah menggunakan AutoCAD Civil 3D 2027. Kecepatan rencana (V_r) ditetapkan seragam sebesar 50 km/jam untuk seluruh segmen sesuai fungsi jalan arteri pada medan perbukitan hingga pegunungan, sehingga diperoleh radius minimum (R_{min}) sebesar 82,19 m pada superelevasi maksimum 8%. Hasil evaluasi menunjukkan radius eksisting ketiga tikungan lebih kecil daripada R_{min} , yaitu 13,16 m (Tikungan 1), 37,67 m (Tikungan 2), dan 22,67 m (Tikungan 3), sehingga ketiganya belum memenuhi PDGJ 2021. Perhitungan ulang dilakukan menggunakan radius rencana (R_d) sebesar 85 m yang telah memenuhi syarat R_d tidak kurang dari R_{min} , superelevasi rencana 8,00%, serta tipe lengkung Spiral-Circle-Spiral (SCS) dengan panjang lengkung peralihan 55 m. Dimensi lengkung hasil evaluasi berturut-turut adalah $T_s = 131,64$ m, $E_s = 50,46$ m, dan $L_c = 94,26$ m untuk Tikungan 1; $T_s = 86,69$ m, $E_s = 19,89$ m, dan $L_c = 47,13$ m untuk Tikungan 2; serta $T_s = 105,29$ m, $E_s = 31,42$ m, dan $L_c = 69,60$ m untuk Tikungan 3. Dimensi tersebut jauh lebih besar daripada dimensi lengkung eksisting sehingga perbaikan geometrik pada ketiga tikungan menuntut ruang yang jauh melampaui koridor eksisting dan perlu didahului kajian teknis lanjutan. Penelitian ini tidak menganalisis hubungan sebab-akibat antara kondisi geometrik dan kecelakaan lalu lintas karena data kecelakaan tidak digunakan sebagai variabel penelitian.

Kata kunci: geometrik jalan, alinyemen horizontal, Spiral-Circle-Spiral, radius rencana, Tanawangko, PDGJ 2021

1. PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang memiliki peranan penting dalam mendukung mobilitas masyarakat, distribusi barang, serta keterhubungan antarwilayah (Mustika et

al., 2025). Kondisi geometrik jalan yang sesuai dengan standar perencanaan merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan kelancaran pergerakan kendaraan. Oleh karena itu, evaluasi geometrik diperlukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian kondisi jalan terhadap ketentuan teknis yang berlaku (Ahmad, n.d.).

Ruas Jalan Tanawangko merupakan bagian dari jaringan Jalan Trans-Sulawesi yang menghubungkan Kota Manado dengan wilayah Kabupaten Minahasa dan Kabupaten Minahasa Selatan. Ruas ini berfungsi sebagai salah satu jalur transportasi antarwilayah yang digunakan oleh berbagai jenis kendaraan, baik kendaraan ringan maupun kendaraan berat. Kondisi tersebut menyebabkan karakteristik geometrik jalan perlu diperhatikan, khususnya pada segmen yang memiliki beberapa tikungan dengan perubahan arah yang cukup besar. Kajian mengenai geometrik pada ruas jalan di Sulawesi juga menunjukkan bahwa evaluasi terhadap kondisi geometrik eksisting diperlukan untuk mengetahui tingkat kesesuaiannya terhadap persyaratan desain yang berlaku (Fitriyanti Kaharu et al., 2020; Tuegeh et al., 2025).

Data geometrik yang akurat merupakan salah satu aspek penting dalam proses evaluasi kondisi jalan. Pengukuran menggunakan Global Positioning System (GPS) dengan metode Real-Time Kinematic (RTK) dapat digunakan untuk memperoleh data koordinat dan elevasi yang menjadi dasar dalam pemodelan kondisi geometrik jalan. Penggunaan metode RTK dalam pengukuran topografi telah diterapkan untuk memperoleh data posisi dan ketinggian dengan tingkat ketelitian yang mendukung kegiatan pemetaan dan pengukuran topografi (Irianto & Rassarandi, 2021; Prayogo & Muhsoni, 2025). Dalam penelitian ini, data topografi diperoleh melalui pengukuran GPS Geodetik dengan metode RTK untuk menggambarkan kondisi geometrik eksisting pada segmen yang ditinjau.

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan pada segmen Jalan Raya Tanawangko yang menjadi lokasi penelitian, ditemukan tiga tikungan horizontal yang memiliki radius relatif kecil. Kondisi tersebut perlu dievaluasi untuk mengetahui kesesuaiannya terhadap persyaratan geometrik yang ditetapkan dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021. Permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah ketidaksesuaian radius tikungan eksisting terhadap radius minimum yang dipersyaratkan berdasarkan kecepatan rencana. Evaluasi geometrik pada tikungan menjadi penting karena karakteristik alinyemen horizontal merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan dalam perencanaan geometrik jalan dan keselamatan pengguna jalan (Sukri, 2021; Sumarsono et al., 2010).

Penelitian ini dibatasi pada evaluasi alinyemen horizontal pada tiga tikungan yang teridentifikasi di segmen jalan yang ditinjau. Parameter yang dianalisis meliputi kecepatan rencana (V_r), sudut tikungan (Δ), radius tikungan eksisting (R), radius minimum (R_{min}), radius rencana (R_d), superelevasi rencana (e), panjang lengkung peralihan (L_s), serta dimensi lengkung horizontal berupa panjang tangen (T_s), jarak eksternal (E_s), dan panjang busur lingkaran (L_c). Alinyemen vertikal, kelandaian memanjang, jarak pandang, serta koordinasi antara alinyemen horizontal dan vertikal berada di luar ruang lingkup penelitian ini. Evaluasi dilakukan dengan mengacu pada Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021. Penelitian ini tidak melakukan analisis hubungan sebab-akibat antara kondisi geometrik jalan dan kecelakaan lalu lintas karena tidak menggunakan data historis kecelakaan sebagai variabel penelitian. Oleh karena itu, hasil penelitian difokuskan pada evaluasi kesesuaian geometrik terhadap standar, bukan pada pembuktian hubungan kausal antara kondisi tikungan dan kejadian kecelakaan. Kajian mengenai hubungan geometrik dan keselamatan lalu lintas memerlukan data tambahan, seperti data kecelakaan, kecepatan operasional, serta karakteristik lalu lintas pada lokasi penelitian (Sukri, 2021; Sumarsono et al., 2010).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian alinyemen horizontal pada tiga tikungan di Ruas Jalan Tanawangko terhadap ketentuan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021, khususnya berdasarkan perbandingan radius eksisting dengan radius minimum yang dipersyaratkan, mengikuti pendekatan evaluasi geometrik yang lazim digunakan pada studi-studi sejenis (Masloman, 2017; PATANDUK, 2023). Hasil evaluasi selanjutnya digunakan sebagai dasar untuk memberikan rekomendasi teknis terhadap kebutuhan penyesuaian geometrik pada tikungan yang belum memenuhi persyaratan.

2. METODE

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian terletak di Jalan Raya Tanawangko, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Ruas jalan yang menjadi objek penelitian merupakan bagian dari jaringan Jalan Trans-Sulawesi dengan karakteristik jalan dua lajur dua arah tak terbagi (2/2-TT) serta diklasifikasikan sebagai jalan arteri kelas I. Pengumpulan data geometrik jalan dilaksanakan pada tanggal 26 Maret 2026 melalui pengukuran langsung di lapangan yang didukung dengan penggunaan alat ukur Global Positioning System (GPS) Geodetik. Seluruh data yang diperoleh selanjutnya diolah dan dianalisis berdasarkan ketentuan yang tercantum dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021.

2.2 Jenis dan Sumber Data

Penelitian ini menerapkan metode kuantitatif dengan memanfaatkan data primer dan data sekunder sebagai sumber informasi. Data primer diperoleh melalui survei dan pengukuran langsung di lapangan yang mencakup data topografi hasil pengukuran menggunakan Global Positioning System (GPS) Geodetik, serta identifikasi karakteristik geometrik jalan, seperti posisi tikungan dan kelandaian pada segmen jalan. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari instansi terkait serta berbagai referensi yang relevan, seperti hasil penelitian terdahulu dan literatur pendukung. Proses pengumpulan data lapangan dilaksanakan melalui tahapan survei topografi yang sistematis, diawali dengan persiapan peralatan, kemudian dilanjutkan dengan pengukuran menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK)*. Data hasil pengukuran selanjutnya ditransfer dan dikonversi ke format yang sesuai untuk proses pengolahan koordinat. Tahap akhir meliputi evaluasi kualitas data melalui pengecekan akurasi, presisi, dan validitas hasil pengukuran guna memastikan keandalan data yang digunakan dalam analisis.

2.3 Peralatan

Alat ukur yang digunakan : *GPS Geodetik Hi-Target V200* (akurasi horizontal ± 8 mm, vertikal ± 15 mm)

Perangkat lunak: AutoCAD Civil 3D 2027 (penggambaran plan view, profile, cross-section)

2.4 Tahapan Penelitian

Tahapan analisis penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1. Melakukan survei topografi pada segmen Ruas Jalan Tanawangko menggunakan GPS Geodetik dengan metode Real-Time Kinematic (RTK).
2. Mengolah data koordinat dan elevasi hasil pengukuran untuk memperoleh gambaran kondisi geometrik eksisting.
3. Mengidentifikasi tikungan horizontal pada segmen jalan yang ditinjau.
4. Menentukan parameter geometrik setiap tikungan, meliputi kecepatan rencana (V_r), sudut tikungan (Δ), dan radius eksisting (R).
5. Menentukan radius minimum (R_{min}) berdasarkan kecepatan rencana dan parameter desain yang mengacu pada Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021.
6. Membandingkan radius eksisting dengan radius minimum yang dipersyaratkan.
7. Melakukan evaluasi terhadap tikungan yang memiliki radius eksisting lebih kecil daripada radius minimum.
8. Menetapkan radius rencana (R_d) yang memenuhi persyaratan, kemudian menghitung superelevasi rencana (e), panjang lengkung peralihan (L_s), dan dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi menggunakan radius rencana tersebut.
9. Menyusun rekapitulasi hasil evaluasi dan menentukan tingkat kesesuaian masing-masing tikungan terhadap Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021.

2.5 Kriteria dan Persamaan Analisis

Kecepatan rencana (V_r) ditetapkan berdasarkan fungsi jalan dan klasifikasi medan sebagaimana diatur dalam PDGJ 2021. Karena seluruh tikungan yang ditinjau berada pada satu segmen menerus dengan fungsi jalan dan karakteristik medan yang sama, kecepatan rencana ditetapkan seragam untuk ketiga tikungan agar konsistensi geometrik sepanjang segmen tetap

terjaga. Radius minimum (R_{min}) dihitung dengan Persamaan (1), sedangkan koefisien gesek melintang maksimum (f_{maks}) dihitung dengan Persamaan (2).

$$R_{min} = V_r^2 / [127 (e_{maks} + f_{maks})] \dots (1)$$

$$f_{maks} = -0,00065 V_r + 0,192 \dots (2)$$

Radius rencana (R_d) ditetapkan sekurang-kurangnya sama dengan R_{min} , kemudian dibulatkan ke atas menjadi nilai praktis. Seluruh dimensi lengkung hasil evaluasi dihitung menggunakan R_d , bukan menggunakan radius eksisting yang tidak memenuhi syarat. Superelevasi rencana (e) ditentukan melalui distribusi parabolik sebagaimana digunakan dalam PDGJ 2021, yaitu Persamaan (3).

$$e = e_{maks} [2 (R_{min} / R_d) - (R_{min} / R_d)^2] \dots (3)$$

Panjang lengkung peralihan (L_s) ditetapkan sebagai nilai terbesar dari tiga kriteria berikut: (a) waktu tempuh pada lengkung peralihan selama 3 detik, yaitu $L_s = (V_r/3,6) \times 3$; (b)antisipasi perubahan gaya sentrifugal berdasarkan rumus modifikasi Shortt, yaitu $L_s = 0,022 V_r^3/(R_d \times C) - 2,727 V_r \times e/C$ dengan $C = 0,4 \text{ m/detik}^3$; serta (c) landai relatif maksimum, yaitu $L_s = [(e + e_n) \times B]/r_{maks}$ dengan e_n adalah kemiringan melintang normal sebesar 2%, B adalah lebar perkerasan yang diputar sebesar 3,5 m, dan r_{maks} adalah landai relatif maksimum sesuai kecepatan rencana. Nilai L_s yang diperoleh selanjutnya dibulatkan ke atas.

Tipe lengkung horizontal ditentukan berdasarkan besarnya superelevasi rencana. Lengkung Full Circle (FC) hanya dapat digunakan apabila radius rencana cukup besar sehingga superelevasi yang dibutuhkan kecil dan lengkung peralihan tidak diperlukan. Sebaliknya, apabila superelevasi rencana mendekati superelevasi maksimum, pencapaian superelevasi menuntut adanya lengkung peralihan sehingga tipe lengkung yang digunakan adalah Spiral-Circle-Spiral (SCS). Dimensi lengkung SCS dihitung dengan Persamaan (4) sampai dengan Persamaan (9).

$$\theta_s = 90 L_s / (\pi R_d) \dots (4)$$

$$X_s = L_s [1 - L_s^2/(40 R_d^2)]; Y_s = L_s^2/(6 R_d) \dots (5)$$

$$p = Y_s - R_d (1 - \cos \theta_s); k = X_s - R_d \sin \theta_s \dots (6)$$

$$T_s = (R_d + p) \tan (\frac{1}{2}\Delta) + k \dots (7)$$

$$E_s = (R_d + p) / \cos (\frac{1}{2}\Delta) - R_d \dots (8)$$

$$L_c = [(\Delta - 2\theta_s) / 360] \times 2 \pi R_d; L_{total} = L_c + 2 L_s \dots (9)$$

dengan Δ adalah sudut tikungan ($^\circ$), θ_s adalah sudut spiral ($^\circ$), X_s dan Y_s adalah koordinat titik SC terhadap titik TS (m), p adalah pergeseran busur lingkaran terhadap tangen (m), k adalah absis pusat busur lingkaran (m), T_s adalah panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ST (m), E_s adalah jarak eksternal dari titik PI ke busur lingkaran (m), L_c adalah panjang busur lingkaran dari titik SC ke titik CS (m), dan L_{total} adalah panjang total lengkung (m). Notasi titik lengkung yang digunakan adalah PI (point of intersection), TS (tangent to spiral), SC (spiral to circle), CS (circle to spiral), dan ST (spiral to tangent). Hasil perhitungan dinyatakan memenuhi apabila L_c tidak kurang dari 20 m; apabila syarat tersebut tidak terpenuhi, tipe lengkung diubah menjadi Spiral-Spiral (SS).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Umum Lokasi dan Klasifikasi Jalan

Jalan Raya Tanawangko merupakan salah satu ruas jalan yang terletak di Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa, Provinsi Sulawesi Utara. Ruas jalan ini merupakan bagian dari jaringan Jalan Nasional Trans-Sulawesi yang menghubungkan Kota Manado dengan Kabupaten Minahasa, Kabupaten Minahasa Selatan, serta berbagai wilayah lainnya di Pulau Sulawesi. Berdasarkan fungsi pelayanannya dalam sistem jaringan jalan nasional, ruas ini diklasifikasikan sebagai jalan arteri yang berperan melayani pergerakan lalu lintas antarwilayah dengan volume kendaraan yang relatif tinggi, sehingga menjadi koridor utama yang mendukung mobilitas orang dan distribusi barang.

Kecepatan rencana (V_r) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman pada batas kecepatan operasional yang ditentukan, dalam cuaca cerah, arus lalu lintas dengan kepadatan sedang, dan gangguan dari jalan masuk yang dapat diabaikan (Marga, n.d.). Dalam Surat

Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan, kecepatan rencana disesuaikan dengan fungsi jalan dan kondisi medan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Klasifikasi medan jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 10
2	Perbukitan	B	10 - 25
3	Gunung	G	> 25

Sumber: Surat Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan

Tabel 2. Kecepatan Rencana (Vr) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, Vr (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

Sumber: Surat Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan

3.2 Data Pengukuran

Pengukuran topografi dilakukan sepanjang segmen ruas Jalan Tanawangko menggunakan *GPS Geodetik* dengan metode *Real-Time Kinematic (RTK)*, yang menghasilkan data koordinat dan elevasi pada setiap titik station di sepanjang ruas jalan yang menjadi objek penelitian (Gabriel et al., 2024). Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh panjang segmen yang ditinjau mencapai 3,4 km, dengan total 1.018 titik pengukuran yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis kondisi geometrik jalan.

3.3 Analisis Alinyemen Horizontal

Proses evaluasi geometrik jalan dalam penelitian ini didasarkan pada ketentuan yang tercantum dalam Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan. Kajian terhadap alinyemen horizontal pada setiap tikungan dilaksanakan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama adalah penetapan kecepatan rencana (Vr) berdasarkan fungsi jalan dan klasifikasi medan. Tahap kedua adalah penentuan radius minimum (Rmin) dengan mempertimbangkan Vr, superelevasi maksimum (emaks) sebesar 8%, serta koefisien gesek melintang maksimum (fmaks). Tahap ketiga adalah penetapan radius rencana (Rd) yang memenuhi syarat Rd tidak kurang dari Rmin, disertai penentuan superelevasi rencana (e) dan panjang lengkung peralihan (Ls). Tahap keempat adalah perhitungan dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi. Seluruh dimensi lengkung hasil evaluasi dihitung menggunakan radius rencana, bukan menggunakan radius eksisting yang tidak memenuhi syarat. Radius minimum diperoleh melalui persamaan berikut:

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

dengan $f_{maks} = -0,00065 V_r + 0,192$. Karena superelevasi rencana pada ketiga tikungan mencapai nilai superelevasi maksimum, pencapaian superelevasi memerlukan lengkung peralihan sehingga tipe lengkung yang digunakan adalah Spiral-Circle-Spiral (SCS), bukan Full Circle (FC). Dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$Ts = (Rd + p) \tan (\frac{1}{2}\Delta) + k; Es = (Rd + p) / \cos (\frac{1}{2}\Delta) - Rd; Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s) \cdot 2 \cdot \pi \cdot Rd}{360}$$

$$\theta_s = 90 Ls / (\pi Rd); Xs = Ls [1 - Ls^2 / (40 Rd^2)]; Ys = Ls^2 / (6 Rd)$$

$$p = Ys - Rd (1 - \cos \theta_s); k = Xs - Rd \sin \theta_s; Ltotal = Lc + 2 Ls$$

dengan Δ adalah sudut tikungan alinyemen horizontal ($^\circ$), Rd adalah radius rencana (m), Ls adalah panjang lengkung peralihan (m), θ_s adalah sudut spiral ($^\circ$), Xs dan Ys adalah koordinat titik SC terhadap titik TS (m), p adalah pergeseran busur lingkaran terhadap tangen (m), k adalah absis pusat busur lingkaran (m), Ts adalah panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ST (m), Es adalah jarak eksternal dari titik PI ke busur lingkaran (m), Lc adalah panjang busur lingkaran dari titik SC ke titik CS (m), dan Ltotal adalah panjang total lengkung (m).

Hasil pengukuran topografi menunjukkan bahwa terdapat tiga tikungan horizontal pada segmen Jalan Raya Tanawangko yang ditinjau. Berdasarkan data elevasi hasil pengukuran, segmen tersebut memiliki karakteristik medan perbukitan hingga pegunungan, sedangkan berdasarkan fungsinya ruas ini merupakan jalan arteri. Mengacu pada Tabel 1 dan Tabel 2, kecepatan rencana untuk jalan arteri pada kondisi medan tersebut berada pada rentang 40 sampai 70 km/jam. Karena ketiga tikungan berada pada satu segmen menerus dengan fungsi jalan dan kondisi medan yang sama, kecepatan rencana ditetapkan seragam sebesar 50 km/jam untuk seluruh tikungan. Penetapan kecepatan rencana yang seragam ini diperlukan agar konsistensi geometrik sepanjang segmen tetap terjaga, sebab penggunaan kecepatan rencana yang berbeda antartikungan pada satu segmen yang homogen tidak memiliki dasar teknis yang memadai. Data eksisting masing-masing tikungan, yaitu V_r , superelevasi maksimum ($e_{maks} = 8\%$), sudut tikungan (Δ), dan radius eksisting (R), selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan R_{min} , penetapan radius rencana (R_d), superelevasi rencana (e), panjang lengkung peralihan (L_s), serta dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi. Uraian perhitungan untuk setiap tikungan dijabarkan sebagai berikut.

Tikungan 1

Data eksisting Tikungan 1 diperoleh sebagai berikut:

Kecepatan rencana (V_r) = 50 km/jam

$e_{maks} = 8\%$,

$\Delta = 100,61^\circ$, dan

R eksisting = 13,16 m.

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

$e_{maks} = 8\%$

$f_{maks} = -0,00065 V_r + 0,192$

$f_{maks} = 0,1595$

$R_{min} = \frac{2500}{30,4165}$

= 82,19 m

Radius eksisting sebesar 13,16 m jauh lebih kecil daripada radius minimum 82,19 m sehingga Tikungan 1 belum memenuhi persyaratan PDGJ 2021. Evaluasi selanjutnya dilakukan dengan menetapkan radius rencana $R_d = 85$ m, yaitu nilai praktis terkecil yang masih memenuhi syarat R_d tidak kurang dari R_{min} . Dengan perbandingan $R_{min}/R_d = 0,967$, superelevasi rencana yang diperoleh melalui distribusi parabolik adalah $e = 0,0799$ atau 8,00%, yaitu sama dengan superelevasi maksimum yang diizinkan. Karena superelevasi rencana mencapai nilai maksimum, pencapaian superelevasi menuntut adanya lengkung peralihan sehingga tipe lengkung yang digunakan adalah Spiral-Circle-Spiral (SCS) dan bukan Full Circle (FC). Panjang lengkung peralihan ditetapkan sebagai nilai terbesar dari tiga kriteria, yaitu 41,67 m berdasarkan waktu tempuh 3 detik, 53,61 m berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, dan 40,25 m berdasarkan landai relatif, sehingga diperoleh $L_s = 55$ m setelah pembulatan. Dengan $L_s = 55$ m dan $R_d = 85$ m diperoleh sudut spiral $\theta_s = 18,54^\circ$, $X_s = 54,42$ m, $Y_s = 5,93$ m, $p = 1,52$ m, dan $k = 27,40$ m. Untuk $\Delta = 100,61^\circ$ dihasilkan panjang tangen $T_s = 131,64$ m, jarak eksternal $E_s = 50,46$ m, panjang busur lingkaran $L_c = 94,26$ m, serta panjang total lengkung $L_{total} = 204,26$ m. Nilai L_c tersebut lebih besar daripada 20 m sehingga tipe SCS dapat digunakan. Perbandingan alinyemen horizontal eksisting dan hasil evaluasi Tikungan 1 ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Perbandingan Alinyemen Horizontal Eksisting dengan Hasil Evaluasi Tikungan 1

Tikungan 2

Data eksisting Tikungan 2 diperoleh sebagai berikut:

Kecepatan rencana (V_r) = 50 km/jam

e_{maks} = 8%

Δ = 68,84°

R eksisting = 37,67 m

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

e_{maks} = 8%

f_{maks} $f_{maks} = -0,00065 V_r + 0,192$

f_{maks} = 0,1595

$$R_{min} = \frac{2500}{30,4165} \\ = \mathbf{82,19 \text{ m}}$$

Radius eksisting sebesar 37,67 m juga lebih kecil daripada radius minimum 82,19 m sehingga Tikungan 2 belum memenuhi persyaratan PDGJ 2021. Sebagaimana Tikungan 1, evaluasi dilakukan dengan radius rencana R_d = 85 m, superelevasi rencana e = 8,00%, dan panjang lengkung peralihan L_s = 55 m, sehingga diperoleh θ_s = 18,54°, p = 1,52 m, dan k = 27,40 m. Untuk Δ = 68,84° dihasilkan panjang tangen T_s = 86,69 m, jarak eksternal E_s = 19,89 m, panjang busur lingkaran L_c = 47,13 m, serta panjang total lengkung L_{total} = 157,13 m. Nilai L_c memenuhi syarat minimum 20 m. Perbandingan alinyemen horizontal eksisting dan hasil evaluasi Tikungan 2 ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan Alinyemen Horizontal Eksisting dengan Hasil Evaluasi Tikungan 2

Tikungan 3

Data eksisting Tikungan 3 diperoleh sebagai berikut:

Kecepatan rencana (V_r) = 50 km/jam

e_{maks} = 8%

$$\Delta = 83,99^\circ$$

$$R \text{ eksisting} = 22,67 \text{ m}$$

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

$$e_{maks} = 8\%$$

$$f_{maks} = -0,00065 V_r + 0,192$$

$$f_{maks} = 0,1595$$

$$R_{min} = \frac{2500}{30,4165} = 82,19 \text{ m}$$

Radius eksisting sebesar 22,67 m juga lebih kecil daripada radius minimum 82,19 m sehingga Tikungan 3 belum memenuhi persyaratan PDGJ 2021. Dengan radius rencana $R_d = 85 \text{ m}$, superelevasi rencana $e = 8,00\%$, dan panjang lengkung peralihan $L_s = 55 \text{ m}$ diperoleh $\theta_s = 18,54^\circ$, $p = 1,52 \text{ m}$, dan $k = 27,40 \text{ m}$. Untuk $\Delta = 83,99^\circ$ dihasilkan panjang tangen $T_s = 105,29 \text{ m}$, jarak eksternal $E_s = 31,42 \text{ m}$, panjang busur lingkaran $L_c = 69,60 \text{ m}$, serta panjang total lengkung $L_{total} = 179,60 \text{ m}$. Nilai L_c memenuhi syarat minimum 20 m. Perbandingan alinyemen horizontal eksisting dan hasil evaluasi Tikungan 3 ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perbandingan Alinyemen Horizontal Eksisting dengan Hasil Evaluasi Tikungan 3

Rekapitulasi hasil evaluasi kesesuaian radius tikungan terhadap radius minimum disajikan pada Tabel 3, sedangkan rekapitulasi dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Rekapitulasi evaluasi kesesuaian radius tikungan terhadap PDGJ 2021

Tikungan	Vr(km/jam)	Sudut Δ ($^\circ$)	R eksisting (m)	Rmin (m)	Rd rencana (m)	Kesesuaian
1	50	100,61	13,16	82,19	85	Tidak memenuhi
2	50	68,84	37,67	82,19	85	Tidak memenuhi
3	50	83,99	22,67	82,19	85	Tidak memenuhi

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2026)

Perhitungan ulang dimensi lengkung horizontal dilakukan menggunakan radius rencana $R_d = 85 \text{ m}$ yang telah memenuhi syarat R_d tidak kurang dari R_{min} , bukan menggunakan radius eksisting. Hasilnya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi dimensi lengkung horizontal hasil evaluasi (tipe Spiral-Circle-Spiral)

Tikungan	Rd (m)	e (%)	Ls (m)	Ts (m)	Es (m)	Lc (m)	Ltotal (m)
1	85	8,00	55	131,64	50,46	94,26	204,26
2	85	8,00	55	86,69	19,89	47,13	157,13
3	85	8,00	55	105,29	31,42	69,60	179,60

Sumber: Hasil Analisis Penulis (2026)

Berdasarkan Tabel 3, radius tikungan eksisting pada ketiga lokasi penelitian bernilai lebih kecil daripada radius minimum yang dipersyaratkan untuk kecepatan rencana 50 km/jam, yaitu 82,19

m. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa seluruh tikungan yang ditinjau belum memenuhi ketentuan yang tercantum dalam Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021, sehingga ketiganya memerlukan perhitungan ulang parameter geometrik alinyemen horizontal.

Tabel 4 menunjukkan bahwa dimensi lengkung hasil evaluasi jauh lebih besar daripada dimensi lengkung eksisting. Sebagai ilustrasi, pada Tikungan 1 panjang tangen meningkat dari sekitar 15,86 m pada kondisi eksisting menjadi 131,64 m pada kondisi rencana, sedangkan jarak eksternal meningkat dari sekitar 7,45 m menjadi 50,46 m. Peningkatan tersebut merupakan konsekuensi langsung dari penggunaan radius rencana yang memenuhi persyaratan, sebab dimensi lengkung berbanding lurus dengan radius yang digunakan. Perhitungan yang tetap menggunakan radius eksisting akan menghasilkan dimensi lengkung yang tampak kecil, namun dimensi tersebut tidak dapat dinyatakan memenuhi persyaratan geometrik karena radiusnya sendiri berada di bawah radius minimum.

Implikasi dari hasil tersebut adalah bahwa perbaikan geometrik pada ketiga tikungan menuntut ruang manfaat jalan yang jauh lebih lebar daripada koridor eksisting. Penerapannya berpotensi memerlukan pembebasan lahan, pekerjaan galian dan timbunan dalam volume besar, serta penyesuaian struktur pendukung, terutama pada Tikungan 1 yang memiliki sudut tikungan terbesar. Dengan demikian, dimensi pada Tabel 4 perlu dipandang sebagai kebutuhan geometrik ideal menurut PDGJ 2021, sebagaimana juga diterapkan pada evaluasi geometrik jalan lainnya (Setyawan & others, 2025), yang penerapannya di lapangan masih memerlukan kajian kelayakan teknis, lingkungan, dan pembiayaan lebih lanjut. Apabila radius rencana tersebut tidak dapat dipenuhi karena keterbatasan lahan, alternatif penanganan yang dapat dipertimbangkan adalah penurunan kecepatan rencana yang disertai penerapan perlengkapan jalan dan manajemen kecepatan yang sesuai, dengan konsekuensi berkurangnya kinerja operasional ruas jalan.

Ditinjau dari aspek mekanika pergerakan kendaraan, radius tikungan yang lebih kecil daripada nilai yang dipersyaratkan menyebabkan kendaraan mengalami gaya sentrifugal yang lebih besar, sementara superelevasi eksisting belum tentu mampu mengimbangnya secara memadai. Kondisi ini secara teoretis menurunkan kenyamanan dan keselamatan berkendara (Arrang, 2016; Udara, 2023). Namun demikian, penelitian ini tidak menguji hubungan sebab-akibat antara kondisi geometrik dan kejadian kecelakaan karena data kecelakaan resmi tidak digunakan sebagai variabel analisis. Pembuktian hubungan tersebut memerlukan penelitian lanjutan yang menggunakan data kecelakaan terdokumentasi beserta data kecepatan operasional dan volume lalu lintas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil identifikasi kondisi geometrik eksisting, terdapat tiga tikungan horizontal pada segmen yang ditinjau. Dengan kecepatan rencana seragam sebesar 50 km/jam dan superelevasi maksimum 8%, radius minimum yang dipersyaratkan adalah 82,19 m, sedangkan radius eksisting ketiga tikungan berturut-turut hanya 13,16 m, 37,67 m, dan 22,67 m.
2. Hasil perbandingan antara radius eksisting dan radius minimum menunjukkan bahwa ketiga tikungan yang ditinjau belum memenuhi persyaratan geometrik berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021.
3. Perhitungan ulang dilakukan menggunakan radius rencana sebesar 85 m yang telah memenuhi persyaratan, superelevasi rencana 8,00%, dan panjang lengkung peralihan 55 m dengan tipe lengkung Spiral-Circle-Spiral. Hasilnya adalah panjang tangen sebesar 131,64 m, 86,69 m, dan 105,29 m serta jarak eksternal sebesar 50,46 m, 19,89 m, dan 31,42 m berturut-turut untuk Tikungan 1, Tikungan 2, dan Tikungan 3. Dimensi tersebut jauh melampaui dimensi lengkung eksisting sehingga perbaikan geometrik menuntut ruang yang jauh lebih besar dan perlu didahului kajian teknis lanjutan yang mempertimbangkan ketersediaan lahan serta kondisi lapangan. Ketidaksiuaian tersebut dapat menjadi pertimbangan dalam upaya peningkatan aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Namun, penelitian ini tidak menyimpulkan

adanya hubungan sebab-akibat antara kondisi geometrik dan kecelakaan lalu lintas karena data kecelakaan tidak digunakan sebagai dasar analisis.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan.

A. Saran Praktis

1. Instansi yang berwenang diharapkan dapat melakukan evaluasi dan peninjauan kembali terhadap kondisi geometrik ruas Jalan Tanawangko, khususnya pada tikungan yang belum memenuhi persyaratan berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021, sehingga dapat meningkatkan keselamatan, keamanan, dan kenyamanan pengguna jalan.
2. Hasil evaluasi radius rencana dan dimensi geometrik yang diperoleh dalam penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan awal dalam perencanaan peningkatan geometrik jalan. Sebelum diterapkan, hasil tersebut perlu diverifikasi melalui kajian teknis yang lebih lengkap dengan mempertimbangkan kondisi topografi, pembebasan lahan, drainase, perkerasan, serta aspek konstruksi.

B. Saran Penelitian

1. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan evaluasi geometrik yang lebih komprehensif dengan memasukkan alinyemen vertikal, jarak pandang henti, koordinasi alinyemen horizontal dan vertikal, serta elemen geometrik lainnya sesuai ruang lingkup Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) Tahun 2021.
2. Penelitian berikutnya disarankan menggunakan data kecepatan operasional kendaraan dan volume lalu lintas untuk memperoleh gambaran yang lebih lengkap mengenai kondisi operasional pada segmen jalan yang ditinjau.
3. Apabila hubungan antara kondisi geometrik dan keselamatan lalu lintas akan dianalisis, penelitian selanjutnya perlu menggunakan data kecelakaan yang valid dan terdokumentasi dari instansi terkait sehingga hubungan tersebut dapat dianalisis secara objektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. N. (n.d.). BAB 3 KONSEP HIERARKI DAN FUNGSI JARINGAN JALAN. *PERENCANAAN GEOMETRIK JALAN*, 49.
- Arrang, A. T. (2016). Tinjauan Keselamatan Lalu Lintas Terhadap Geometrik Jalan Ruas Toraja “Palopo (Studi Kasus Sta. 379+170 – Sta. 383+300). *PENA TEKNIK: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik*, 149–154. https://doi.org/10.51557/pt_jiit.v1i2.64
- Fitriyanti Kaharu, Lucia G. J. Lalamentik, & Mecky R. E. Manoppo. (2020). Evaluasi Geometrik Jalan Pada Ruas Jalan Trans Sulawesi Manado-Gorontalo di Desa Botumoputi Sepanjang 3 Km. *Jurnal Sipil Statik*, 8(3), 253–360. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/28761>
<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/download/28761/28091>
- Gabriel, T., -, M., & Silitonga, S. P. (2024). Survei Fotogrametri Dan Real Time Kinematic Untuk Perencanaan Geometrik Jalan (Studi Kasus : Jalan Manduhara- Jalan Lingkar Luar Mahir Mahar). *CRANE: Civil Engineering Research Journal*, 5(1), 1–16. <https://doi.org/10.34010/crane.v5i1.11550>
- Irianto, R., & Rassarandi, F. D. (2021). Kajian Perbandingan Luas Hasil Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GPS RTK-Radio dan RTK-NTRIP. *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 4(1), 65.
- Marga, D. J. B. (n.d.). *Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Masloman, D. S. (2017). Tinjauan Perencanaan Geometrik Jalan Nasional “Ruas Strategis Nasional Tolinggula–Marisa IV.” *Radial*, 5(2), 131–135.
- Mustika, W., Arrang, A. T., Londongsalu, J., Wulansari, I., Ahmad, S. N., Syukuriah, S., Ampangallo, B.

- A., Manga, J., Padang, I., Prasetya, M. S., & others. (2025). *Infrastruktur Transportasi Untuk Kota Kecil*. Arsy Media.
- PATANDUK, J. W. T. (2023). Analisis Perencanaan Geometrik Jalan Di Kampung Tunas Gain Distrik Fakfak Timur. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 6(02), 236–256. <https://doi.org/10.55606/isaintek.v6i02.168>
- Prayogo, L. M., & Muhsoni, F. F. (2025). Pengukuran Topografi Ketinggian: Studi Kasus Menggunakan Metode Real-Time Kinematic (RTK) GPS Geodetik R6. *Rekayasa*, 17(3), 526–535. <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.27337>
- Setyawan, F. A., & others. (2025). *ANALISIS GEOMETRIK JALAN SIMPANG SEBIDANG (STUDI KASUS: SIMPANG SEBIDANG BAWEN; RUAS JALAN BAWEN--BTS. KOTA SALATIGA KM. SMG. 34+ 150--35+ 125)*. Universitas Islam Sultan Agung.
- Sukri, I. (2021). *Kajian Pengaruh Geometrik Jalan Dalam Mendukung Keselamatan Pengguna Pada Ruas Jalan Simping Beringin-Maredan-Simpang Tualang Timur Sta 03+ 550--Sta 05+ 050*. Universitas Islam Riau.
- Sumarsono, A., Pramesti, F. P., & Sarwono, D. (2010). Model Kecelakaan Lalulintas di Tikungan karena Pengaruh Konsistensi Alinyemen Horisontal dalam Desain Geometri Jalan Raya. *Media Teknik Sipil*, 10(2), 85–92.
- Tuegeh, E. F., Manginsihi, B. K., & Pinasang, D. B. (2025). Tinjauan Geometrik Jalan Di Ruas Jalan Tondano--Airmadidi STA 14+ 370--STA 15+ 360. *Prosiding Seminar Nasional Produk Terapan Unggulan Vokasi*, 4(1), 307–311.
- Udara, T. (2023). *Jurnal Simetrik Vol. 16*(Lucas), 181–187.