



Tinjauan Geometrik di Ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1

Defan Felix Antaria, Ahmad Yani Abas*, Franky Riccardo Tombakan

Politeknik Negeri Manado, Indonesia

Email: ahyanabas@gmail.com*

Keywords:

Road Geometric; Horizontal Alignment; Longitudinal Gradient; Superelevation; Manado Outer Ring Road.



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2026 by Author. Published by Publikasiku Publisher

Kata Kunci:

Geometrik Jalan; Alinyemen Horizontal; Kelandaian Memanjang; Superelevasi; Manado Outer Ring Road.

Abstract

Road geometric conditions are one of the important factors that affect the safety, comfort, and performance of vehicles on a road section. Mismatches in geometric parameters such as curve radius, longitudinal slope, and superelevation can increase the risk of traffic safety disruptions. This study aims to evaluate the existing geometric conditions on the Manado Outer Ring Road 1 section based on the 2021 Road Geometric Design Guidelines. The research method used is quantitative evaluative by utilizing primary data from field measurements and secondary data to support the analysis. Topographic measurements were carried out using Geodetic GPS/Real-Time Kinematic (RTK), then the data was processed using AutoCAD Civil 3D software to obtain the road geometric parameters. The results show that the existing geometric conditions do not fully meet the established standards. In the horizontal alignment aspect, Turn 2 has a radius of 239 m which is below the minimum limit of 250 m. In the superelevation aspect, Turn 3 left lane has a maximum value of 12.42%, exceeding the limit of 8%. In addition, several segments were found with longitudinal gradients exceeding 6%, namely at several STAs between 0+525 to 4+300. These findings indicate the need for further geometric evaluation and treatment to improve the safety and comfort aspects of road users. This research can be the basis for technical considerations in improving the design and management of the Manado Outer Ring Road 1 section.

Abstrak

Kondisi geometrik jalan merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi keselamatan, kenyamanan, dan kinerja kendaraan pada suatu ruas jalan. Ketidaksesuaian parameter geometrik seperti radius tikungan, kelandaian memanjang, dan superelevasi dapat meningkatkan risiko gangguan keselamatan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geometrik eksisting pada ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1 berdasarkan kriteria Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021. Metode penelitian yang digunakan adalah kuantitatif evaluatif dengan memanfaatkan data primer hasil pengukuran lapangan dan data sekunder sebagai pendukung analisis. Pengukuran topografi dilakukan menggunakan GPS Geodetik/Real-Time Kinematic (RTK), kemudian data diolah menggunakan perangkat lunak AutoCAD Civil 3D untuk memperoleh parameter geometrik jalan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi geometrik eksisting belum sepenuhnya memenuhi standar yang ditetapkan. Pada aspek alinyemen horizontal, Tikungan 2 memiliki radius 239 m yang berada di bawah batas minimum 250 m. Pada aspek superelevasi, Tikungan 3 jalur kiri memiliki nilai maksimum sebesar 12,42%, melebihi batas 8%. Selain itu, ditemukan beberapa segmen dengan kelandaian memanjang lebih dari 6%, yaitu pada beberapa STA antara 0+525 hingga 4+300. Temuan ini menunjukkan perlunya evaluasi dan penanganan geometrik lebih lanjut untuk meningkatkan aspek keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Penelitian ini dapat menjadi dasar pertimbangan teknis dalam perbaikan desain maupun pengelolaan ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1.

PENDAHULUAN

Jalan merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang memiliki peranan strategis dalam mendukung aktivitas sosial, ekonomi, dan pembangunan wilayah (Abdurrohman et al., 2025; Ikhsan, 2025; Prasetyo et al., 2025; Wibowo, 2025). Keberadaan jaringan jalan yang baik tidak hanya berfungsi sebagai penghubung antarwilayah, tetapi juga menjadi faktor pendukung kelancaran distribusi barang, jasa, serta peningkatan akses masyarakat terhadap berbagai fasilitas public (Abubakar, 2024; Yumame et al., 2025). Oleh karena itu, pembangunan dan pengelolaan jalan harus memperhatikan aspek keselamatan, kenyamanan, serta efisiensi pergerakan kendaraan. Salah satu aspek penting yang menentukan kinerja suatu ruas jalan adalah desain geometrik jalan, karena parameter geometrik berhubungan langsung dengan kemampuan kendaraan dalam bermanuver, menjaga kestabilan, dan mengurangi potensi kecelakaan lalu lintas. Parameter seperti radius tikungan, alinyemen horizontal, kelandaian memanjang, dan superelevasi menjadi komponen utama yang harus memenuhi standar teknis agar jalan mampu memberikan pelayanan yang optimal (Ariawan et al., 2026; Lakawa et al., 2026; Novriani et al., 2025).

Berbagai penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa evaluasi geometrik jalan menjadi bagian penting dalam memastikan kesesuaian antara kondisi eksisting dengan standar perencanaan. Penelitian Putri et al. (2021) mengenai perencanaan geometrik Jalan Duku–Sicincin menggunakan AutoCAD Civil 3D menunjukkan bahwa pemodelan geometrik berbasis perangkat lunak mampu membantu proses evaluasi parameter jalan, khususnya dalam menentukan kesesuaian trase dan elemen tikungan. Selain itu, penelitian terkait keselamatan jalan juga menunjukkan bahwa ketidaksesuaian elemen geometrik seperti radius tikungan dan kondisi kelandaian dapat menjadi faktor yang perlu diperhatikan dalam upaya meningkatkan keselamatan pengguna jalan. Studi lain terkait perencanaan geometrik jalan berdasarkan standar Bina Marga menegaskan bahwa evaluasi desain fisik jalan diperlukan untuk mengetahui tingkat kelayakan suatu ruas jalan sebelum digunakan secara optimal oleh pengguna (Buiaartha, 2025; Daeli et al., 2025; Muhammad, 2025; Setiawan, 2026).

Perkembangan teknologi survei dan pengolahan data spasial memberikan peluang dalam melakukan evaluasi geometrik jalan secara lebih akurat (Kusdinar et al., 2026; Mamonto et al., 2026; Petrus, 2025). Penggunaan teknologi seperti GPS Geodetik/Real-Time Kinematic (RTK) dan perangkat lunak AutoCAD Civil 3D telah banyak digunakan untuk memperoleh data koordinat, trase, profil memanjang, serta parameter geometrik jalan. Pendekatan tersebut memungkinkan analisis kondisi aktual jalan dibandingkan dengan standar desain yang berlaku. Pada penelitian ini, pengukuran lapangan dilakukan menggunakan GPS Geodetik/RTK dan hasilnya diolah menggunakan AutoCAD Civil 3D untuk memperoleh parameter geometrik ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1. Selanjutnya, hasil pengolahan dibandingkan dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021 untuk mengevaluasi kesesuaian alinyemen horizontal, kelandaian memanjang, dan superelevasi eksisting.

Meskipun penelitian mengenai evaluasi geometrik jalan telah banyak dilakukan, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada ruas jalan tertentu dengan karakteristik wilayah dan kondisi geometrik yang berbeda (Hamdani, 2024; Kamil & Utami, 2026; Khoirunisa, 2025; Lase, 2025). Kesenjangan penelitian terletak pada masih terbatasnya kajian yang secara komprehensif mengevaluasi kombinasi parameter alinyemen horizontal,

kelandaian memanjang, dan superelevasi pada ruas jalan strategis yang menghubungkan beberapa wilayah perkotaan dan kabupaten. Jalan Manado Outer Ring Road 1 merupakan salah satu akses penting yang menghubungkan kawasan Manado, Minahasa, dan Minahasa Utara, sehingga diperlukan evaluasi terhadap kondisi geometriknya untuk memastikan kesesuaian desain dengan standar keselamatan jalan. Kondisi eksisting pada ruas tersebut menunjukkan adanya indikasi perlunya peninjauan kembali terhadap beberapa elemen geometrik, terutama terkait kelandaian dan karakteristik tikungan.

Urgensi penelitian ini didasarkan pada pentingnya memastikan bahwa infrastruktur jalan yang telah dibangun tetap memenuhi standar teknis dan mampu memberikan pelayanan yang aman bagi pengguna. Ketidaksesuaian parameter geometrik dapat menyebabkan berkurangnya kenyamanan berkendara serta meningkatkan potensi gangguan keselamatan, terutama pada lokasi dengan tikungan tajam, kemiringan melintang berlebih, maupun tanjakan dengan kelandaian tinggi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beberapa elemen geometrik pada Jalan Manado Outer Ring Road 1 belum sepenuhnya memenuhi standar, seperti Tikungan 2 dengan radius 239 m yang berada di bawah batas minimum 250 m, superelevasi Tikungan 3 jalur kiri sebesar 12,42% yang melebihi batas maksimum 8%, serta beberapa segmen dengan kelandaian memanjang lebih dari 6%. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya evaluasi teknis sebagai dasar dalam menentukan langkah perbaikan maupun pengelolaan jalan secara berkelanjutan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan evaluasi terpadu terhadap tiga aspek utama geometrik jalan, yaitu alinyemen horizontal, kelandaian memanjang, dan superelevasi, dengan menggunakan data pengukuran aktual lapangan serta analisis berbasis AutoCAD Civil 3D. Berbeda dengan penelitian yang hanya meninjau satu parameter geometrik, penelitian ini mengintegrasikan beberapa parameter desain untuk memperoleh gambaran menyeluruh mengenai kondisi eksisting Jalan Manado Outer Ring Road 1. Selain itu, penelitian ini menggunakan acuan terbaru berupa Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021 sehingga hasil evaluasi dapat memberikan informasi teknis yang relevan terhadap standar perencanaan jalan saat ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi geometrik eksisting pada ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1 dengan meninjau aspek alinyemen horizontal, kelandaian memanjang, dan superelevasi berdasarkan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi secara akademik maupun praktis. Secara akademik, penelitian ini dapat memperkaya kajian mengenai evaluasi geometrik jalan berbasis data pengukuran aktual dan pemodelan digital. Secara praktis, hasil penelitian dapat menjadi bahan pertimbangan teknis bagi pihak terkait dalam melakukan pemeliharaan, peningkatan desain, serta pengelolaan keselamatan pada ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1. Temuan penelitian menunjukkan bahwa hasil evaluasi dapat menjadi dasar pertimbangan dalam perbaikan desain maupun pengelolaan ruas jalan tersebut.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif evaluatif yang bertujuan untuk menilai kesesuaian kondisi geometrik eksisting Jalan Manado Outer Ring Road 1 terhadap standar Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021. Penelitian dilakukan pada ruas jalan yang menjadi objek evaluasi dengan populasi data berupa seluruh elemen geometrik jalan pada

segmen yang ditinjau, meliputi data alinyemen horizontal, alinyemen vertikal, kelandaian memanjang, dan superelevasi. Sampel penelitian ditentukan menggunakan teknik purposive sampling, yaitu pemilihan segmen jalan berdasarkan karakteristik yang relevan terhadap tujuan penelitian, khususnya lokasi yang memiliki tikungan, perubahan elevasi, serta potensi ketidaksesuaian geometrik. Sampel data yang dianalisis mencakup empat tikungan utama dengan tipe Spiral-Circle-Spiral (SCS) serta seluruh interval STA pada ruas jalan yang ditinjau hingga STA 4+300. Parameter yang digunakan dalam evaluasi meliputi sudut tikungan (Δ), radius tikungan (R), panjang lengkung peralihan (L_s), panjang lengkung lingkaran (L_c), panjang tangen (T_c), jarak luar (E_c), nilai superelevasi, dan kelandaian memanjang.

Instrumen penelitian yang digunakan berupa perangkat survei topografi dan perangkat pengolahan data geometrik. Pengumpulan data primer dilakukan melalui survei lapangan menggunakan GPS Geodetik/Real-Time Kinematic (RTK) untuk memperoleh data koordinat, posisi trase, serta elevasi permukaan jalan, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen pendukung seperti data rencana jalan, *as built drawing*, dan pedoman teknis geometrik jalan. Validitas data penelitian dilakukan melalui proses verifikasi hasil pengukuran lapangan dengan membandingkan data koordinat dan elevasi terhadap kondisi aktual lokasi penelitian serta melakukan pengecekan kesesuaian hasil pengolahan dengan standar geometrik yang digunakan. Sementara itu, reliabilitas data dijaga melalui konsistensi prosedur pengukuran, penggunaan instrumen survei yang terkalibrasi, serta pengolahan data dengan metode yang sama pada seluruh segmen penelitian. Data hasil survei kemudian diolah menggunakan perangkat lunak AutoCAD Civil 3D untuk menghasilkan model trase, profil memanjang, koordinat, serta parameter geometrik jalan yang diperlukan dalam proses evaluasi.

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu tahap persiapan berupa identifikasi lokasi penelitian dan pengumpulan dokumen pendukung, tahap survei lapangan untuk memperoleh data geometrik aktual menggunakan GPS Geodetik/RTK, tahap pengolahan data menggunakan AutoCAD Civil 3D, serta tahap analisis dan evaluasi hasil pengukuran. Teknik analisis data dilakukan dengan metode komparatif evaluatif, yaitu membandingkan parameter geometrik eksisting dengan standar Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021. Evaluasi alinyemen horizontal dilakukan dengan membandingkan nilai radius tikungan dan parameter pendukung lainnya terhadap standar desain, sedangkan evaluasi alinyemen vertikal dilakukan dengan menganalisis kelandaian setiap interval STA terhadap batas maksimum 6%. Selain itu, nilai superelevasi pada setiap tikungan dibandingkan dengan batas maksimum 8% untuk mengetahui tingkat kesesuaian geometrik jalan. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi lokasi yang memenuhi maupun tidak memenuhi standar serta memberikan rekomendasi teknis terkait peningkatan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi dan Parameter Geometrik

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa ruas yang ditinjau menggunakan kecepatan rencana 80 km/jam. Pada alinyemen horizontal terdapat empat tikungan yang seluruhnya berbentuk Spiral-Circle-Spiral. Ringkasan parameter utama hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 1. Perbandingan ini memperlihatkan bahwa Tikungan 1 Tikungan 3 dan Tikungan 4

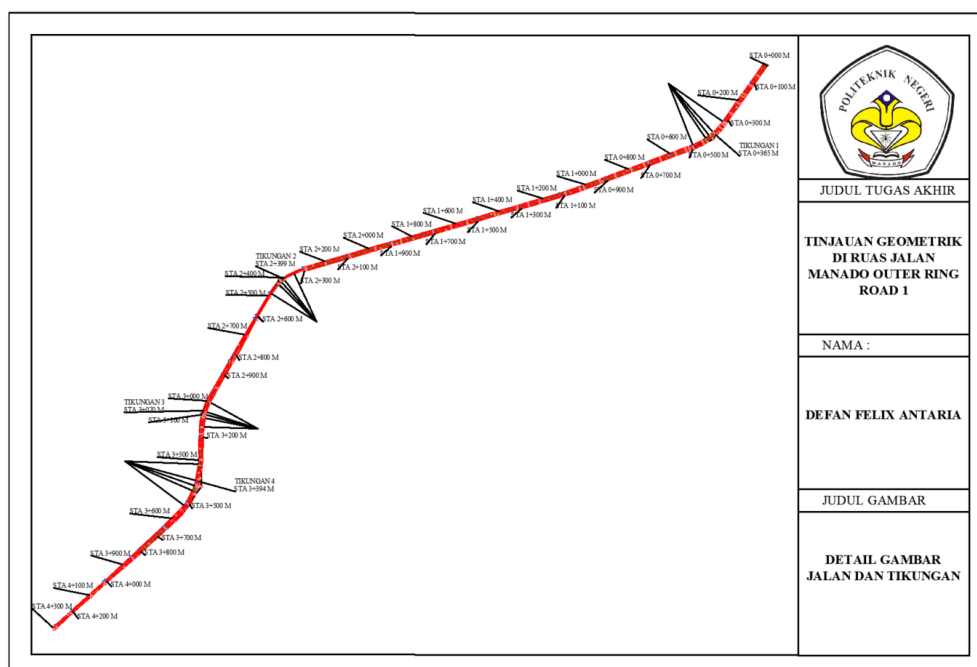
memiliki radius eksisting yang memenuhi radius minimum, sedangkan Tikungan 2 memiliki radius yang kecil dari radius minimum yang digunakan pada analisis.

Tabel 1. Ringkasan evaluasi alinyemen horizontal

Tikungan	Δ (°)	R eksisting (m)	R minimum (m)	Ls eksisting (m)	Status
1	34	300	300	80	Memenuhi
2	33	239	250	40	Tidak memenuhi
3	27	250	250	84	memenuhi
4	40	332	300	80	Memenuhi

Sumber: Hasil analisis penelitian.

Hasil penelitian pada Tikungan 1, radius eksisting 300 m sama dengan radius minimum 300 m sehingga memenuhi kriteria. Tikungan 2 memiliki radius 239 m, lebih kecil 11 m dari radius minimum 250 m. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tikungan relatif lebih tajam dibandingkan parameter rencana pada kecepatan 80 km/jam. Tikungan 3, radius eksisting 250 m sama dengan radius minimum 250 m sehingga memenuhi kriteria. Sebaliknya, Tikungan 4 memiliki radius 332 m sehingga lebih besar daripada radius minimum 300 m dan dinilai memenuhi kriteria. Temuan bahwa radius tikungan yang lebih kecil dapat menjadi perhatian keselamatan sejalan dengan penelitian evaluasi geometrik pada beberapa ruas jalan yang menemukan ketidaksesuaian radius sebagai salah satu parameter penting.

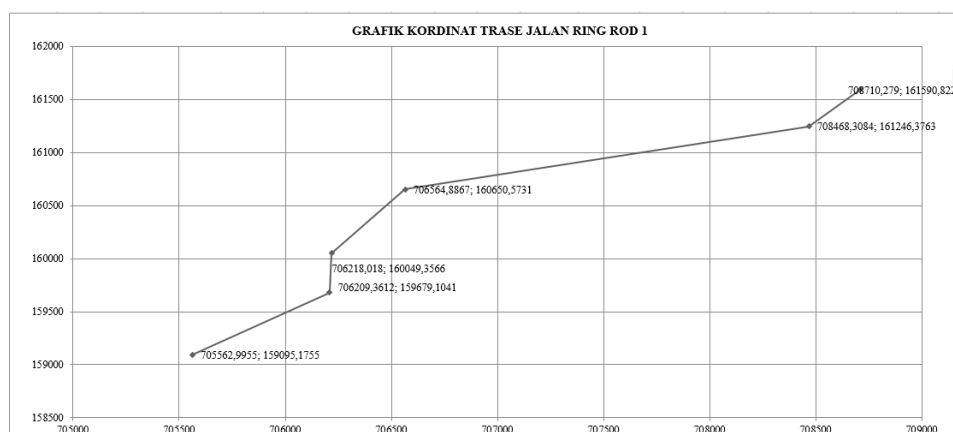


Gambar 1. Trase Jalan Manado Outer Ring Road 1

Sumber: Hasil pengolahan AutoCAD Civil 3D.

Gambar 1 memperlihatkan trase ruas yang digunakan sebagai dasar pengolahan geometrik. Hasil pengukuran koordinat kemudian digunakan untuk membentuk gambaran

posisi titik-titik trase dan menentukan lokasi tikungan yang menjadi objek evaluasi.



Gambar 2. Grafik koordinat trase Jalan Manado Outer Ring Road 1

Sumber: Hasil analisis.

koordinat menunjukkan perubahan arah trase yang membentuk empat lokasi tikungan utama. Hasil ini digunakan sebagai dasar untuk menghitung dan memeriksa parameter alinyemen horizontal. Pendekatan pengolahan koordinat dengan perangkat lunak geometrik sejalan dengan penelitian yang memanfaatkan Civil3D untuk menghasilkan output alinyemen.

Nilai Superelevasi

superelevasi menunjukkan bahwa sebagian besar titik pada Tikungan 1, 2, dan 4 masih berada di bawah batas maksimum 8%. Permasalahan utama ditemukan pada Tikungan 3 jalur kiri. Nilai superelevasi eksisting pada STA 3+070, 3+105, dan 3+140 masing-masing sekitar 12,14%, 12,42%, dan 11,85%, sehingga seluruhnya melebihi batas maksimum 8%. Ringkasan hasil ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil evaluasi superelevasi pada tikungan

Tikungan	STA	e kiri (%)	e kanan (%)	e max (%)	Keterangan
1	0+365	5,14	7,00	8	Memenuhi
1	0+405	5,28	6,57	8	Memenuhi
1	0+445	2,28	6,71	8	Memenuhi
2	2+399	6,28	6,28	8	Memenuhi
2	2+423	5,71	6,00	8	Memenuhi
2	2+447	6,57	5,14	8	Memenuhi
3	3+070	12,14	3,28	8	Tidak memenuhi (kiri)
3	3+105	12,42	4,57	8	Tidak memenuhi (kiri)
3	3+140	11,85	3,85	8	Tidak memenuhi (kiri)
4	3+394	5,57	4,71	8	Memenuhi
4	3+431	6,14	6,71	8	Memenuhi
4	3+468	3,00	7,14	8	Memenuhi

Sumber: Hasil analisis penelitian.

Hasil penelitian nilai superelevasi yang melampaui 8% pada Tikungan 3 menunjukkan adanya kemiringan melintang yang lebih besar daripada batas yang digunakan dalam penelitian. Kondisi tersebut perlu menjadi perhatian karena perubahan kemiringan melintang pada tikungan berhubungan dengan kenyamanan dan kestabilan kendaraan PDGJ 2021.

Kelandaian memanjang, G, paling tinggi, %	Datar	4
	Bukit	5
	Gunung	6

Gambar 3. Kriteria desain utama

Sumber: Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021.

$$G = \frac{\Delta H}{L} \times 100$$

G = kelandaian jalan (%)

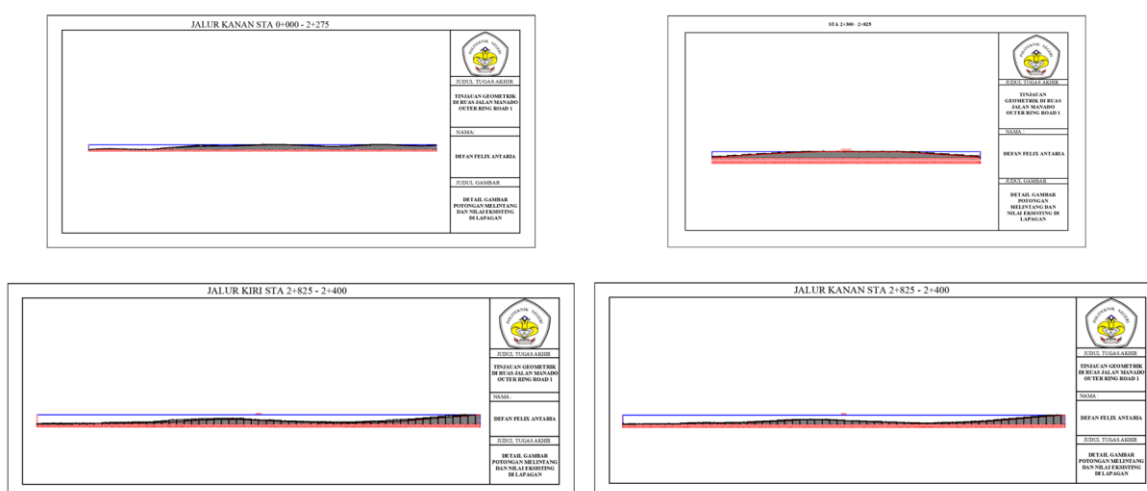
Δh = beda tinggi/elevasi antara dua STA (m)

L = jarak horizontal antara dua STA (m)

Kelandaian jalan diperoleh dengan membandingkan beda tinggi elevasi antara dua titik STA terhadap jarak horizontal kedua titik tersebut, kemudian dikalikan 100%.

Nilai Kelandaian Memanjang

Nilai profil memanjang menunjukkan bahwa kelandaian eksisting tidak seluruhnya memenuhi batas maksimum 6%. Beberapa segmen yang melebihi 6% ditemukan pada STA 0+525–0+550, STA 1+725–1+750, STA 2+300–2+325, STA 2+625–2+650, STA 3+300–3+325, STA 3+400–3+425, serta STA 4+275–4+300 pada bagian atau lajur tertentu. Kondisi ini menunjukkan bahwa penyimpangan kelandaian terjadi pada beberapa lokasi dan perlu dipertimbangkan dalam evaluasi lanjutan.



Gambar 4. Profil memanjang hasil pengolahan data

Sumber: Hasil analisis AutoCAD Civil 3D.

Tabel 3. Nilai kelandaian memanjang.

STA	Kelandaian Eksisting (%)	Kelandaian Maksimal (%)	KETERANGAN
0+525-0+550	8,04	6	Tidak memenuhi
1+725-1+750	6,48	6	Tidak memenuhi
2+300-2+325	7,02	6	Tidak memenuhi
2+625-2+650	7,44	6	Tidak memenuhi
3+300-3+325	6,28	6	Tidak memenuhi
3+400-3+425	6,48	6	Tidak memenuhi
4+275-4+300	8,48	6	Tidak memenuhi

Sumber: Hasil analisis penelitian.

Hasil penelitian nilai kelandaian memanjang yang melampaui 6% menunjukkan adanya kelandaian memanjang yang lebih besar daripada batas yang digunakan dalam penelitian. kondisi tersebut perlu menjadi perhatian karena perubahan kelandaian memanjang berhubungan dengan kenyamanan dan kestabilan kendaraan PDGJ 2021.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil evaluasi geometrik pada ruas Jalan Manado Outer Ring Road 1 menggunakan data pengukuran lapangan, pengolahan AutoCAD Civil 3D, serta acuan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021, dapat disimpulkan bahwa kondisi geometrik eksisting pada ruas jalan yang ditinjau belum sepenuhnya memenuhi standar yang dipersyaratkan. Pada aspek alinyemen horizontal, sebagian besar tikungan telah memenuhi kriteria desain, namun Tikungan 2 memiliki radius eksisting sebesar 239 m yang lebih kecil dibandingkan radius minimum 250 m. Pada aspek alinyemen vertikal, ditemukan beberapa segmen dengan nilai kelandaian memanjang yang melebihi batas maksimum 6%, yaitu pada STA 0+525-0+550, STA 1+725-1+750, STA 2+300-2+325, STA 2+625-2+650, STA 3+300-3+325, STA 3+400-3+425, dan STA 4+275-4+300. Selain itu, evaluasi superelevasi menunjukkan bahwa Tikungan 3 jalur kiri memiliki nilai maksimum sebesar 12,42%, sehingga melebihi batas standar 8%. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa diperlukan perhatian teknis lebih lanjut untuk meningkatkan aspek keselamatan, kenyamanan, dan kinerja pengguna jalan.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan kajian yang lebih komprehensif dengan mempertimbangkan faktor tambahan yang dapat memengaruhi kinerja dan keselamatan jalan, seperti analisis kecelakaan lalu lintas, volume dan karakteristik kendaraan, kondisi perkerasan, sistem drainase, serta evaluasi terhadap aspek lingkungan sekitar jalan. Selain itu, penelitian berikutnya dapat menggunakan teknologi survei dan pemodelan yang lebih mutakhir, seperti pemanfaatan *Light Detection and Ranging* (LiDAR), pemodelan tiga dimensi berbasis *Building Information Modeling* (BIM), atau integrasi data spasial berbasis sistem informasi geografis (SIG) untuk memperoleh hasil evaluasi geometrik yang lebih detail. Kajian lanjutan juga dapat difokuskan pada perencanaan alternatif penanganan teknis terhadap elemen geometrik yang belum memenuhi standar, sehingga dapat memberikan rekomendasi desain yang lebih aplikatif bagi pengelola jalan.

PENDANAAN

Penulis menyatakan bahwa tidak ada dukungan finansial yang diterima untuk pelaksanaan penelitian ini dan/atau penerbitan artikel ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa penelitian ini dilakukan tanpa adanya hubungan komersial atau finansial yang dapat ditafsirkan sebagai potensi konflik kepentingan.

KONTRIBUSI PENULIS

Defan Felix Antaria: konseptualisasi penelitian, perancangan metodologi, pelaksanaan eksperimen, pengumpulan data, analisis data, penyusunan manuskrip, dan revisi manuskrip. Ahmad Yani Abas dan Franky Riccardo Tombokan: supervisi penelitian, validasi hasil penelitian, pemberian masukan ilmiah, serta peninjauan dan revisi manuskrip. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL GENERATIF

Penulis menyatakan bahwa kecerdasan artifisial (AI) generatif digunakan dalam penyusunan manuskrip ini untuk membantu meningkatkan kejelasan bahasa, memperbaiki tata bahasa, dan menyempurnakan struktur penulisan. AI generatif tidak digunakan untuk menghasilkan, memanipulasi, atau menganalisis data penelitian. Seluruh isi manuskrip telah ditinjau dan diverifikasi oleh penulis. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, integritas, dan isi akhir manuskrip.

REFERENSI

- Abdurrohman, A. H., Uzmawi, C. N., Khoiruddin, R., Nasoha, A. M. M., & Atqiya, A. N. (2025). Cybersecurity dan Pancasila: Harmonisasi Regulasi Hukum Internasional dengan Kepentingan Nasional. *JDHI: Jurnal Dinamika Hukum Indonesia*, 1(1), 23–29.
- Abubakar, E. (2024). Analisis Strategi Peningkatan Jaringan Jalan Guna Menunjang Kawasan Transmigrasi Punggaluku Kabupaten Konawe Selatan. *Arus Jurnal Sosial Dan Humaniora*, 4(2), 714–720.
- Ariawan, I. M. A., Kardita, P. C. P., Wibawa, I. P. C., Winaya, P. K., & Massudana, I. P. M. K. (2026). Evaluasi dan redesain geometrik jalan pada Jalan Raya Denpasar-Gilimanuk Segmen Ruas Antosari-Batas Kota Tabanan (KM 34+ 100-KM 34+ 422). *PADURAKSA: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa*, 15(1), 12–20.
- Buiaartha, I. (2025). *Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Sebagai Upaya Mitigasi Kecelakaan (Studi Kasus: Ruas Jalan Raden Panji Suroso, Kota Malang)*. POLITEKNIK TRANSPORTASI DARAT BALI.
- Daeli, J. R., Zalukhu, M. H., & Giawa, J. F. K. (2025). Perencanaan Geometrik Jalan Raya Untuk Meningkatkan Keselamatan Pengguna. *Jurnal Riset Dan Inovasi Teknik Sipil*, 1(1), 22–28.
- Hamdani, R. A. N. (2024). *Evaluasi Geometrik Jalan Dan Usulan Redesign Pada Ruas Jalan Nasional Jatinangor-Tanjungsari Dengan Menggunakan Metode Bina Marga*. Universitas Komputer Indonesia.
- Ikhsan, A. (2025). *Analisis Pemeliharaan Preventif Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Pada Mesin Produksi Pabrik Semen= Preventive Maintenance*

- Analysis Using the Reliability Centered Maintenance (RCM) Method on Cement Factory Production Machines*. Universitas Hasanuddin.
- Kamil, M. F., & Utami, A. (2026). Analisis Geometrik Jalan sebagai Upaya Peningkatan Kinerja di Ruas Jalan Lingkar Selatan Kota Serang. *Jurnal Teknik Sipil*, 7(1), 65–74.
- Khoirunisa, S. (2025). Analisis Geometri Jalan dan Tingkat Keselamatan Jalan dengan Metode Traffic Conflict Technique Dynamics. *Jurnal Pembelajaran Dan Riset Pendidikan*, 5(3), 57–69.
- Kusdinar, M. R., Munizar, R., & Mantap, B. (2026). Rencana Survei Pemetaan Jaringan Perpipaan Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) IKK Ketahun Kabupaten Bengkulu Utara. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 2(1), 425–435.
- Lakawa, I., Makmur, M., & Pratama, R. (2026). Evaluasi Geometrik Jalan Pada Ruas Lanosangia–Wantulasi Kab. Buton Utara (Sta. 2+ 600–5+ 000). *Sultra Civil Engineering Journal (SCiEJ)*, 7(1), 756–771.
- Lase, D. P. (2025). *Evaluasi Kinerja Ruas Jalan Thamrin Kota Medan Sumatera Utara*. Universitas Medan Area.
- Mamonto, A. F., Lahay, M., Hermawan, R., Panai, I., Puhi, R., Maryati, S., Akase, N., & Sune, N. (2026). Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dalam Bidang Geologi. *Jurnal Riset Dan Pengabdian Interdisipliner*, 3(1), 54–60.
- Muhammad, S. (2025). *Evaluasi Geometrik dan Perencanaan Perkerasan Jalan Menggunakan Metode Bina Marga pada Ruas Sidomulyo–Bakung, Kabupaten Blitar*. Universitas Islam Balitar.
- Novriani, S., Setiawan, A., & Chairunissa, H. (2025). Penerapan Standar PDGJ 2021 Dalam Perencanaan Geometrik Jalan Baru. *Konstruksia*, 16(2), 132–145.
- Petrus, R. (2025). Visualisasi Rute Jalan Trans Manokwari-Bintuni Wilayah Papua Barat Berbasis Qgis: Inovasi Teknologi. *Jurnal Penelitian Ilmiah Multidisipliner*, 2(02), 350–358.
- Prasetyo, D. Y., Norrahman, F. H., Ramadhani, A. D., Hilmiyah, N., Nurharizah, S., Malika, V., & Fuad, M. Y. (2025). *Strategi kebijakan global: Demokrasi, ekonomi, dan hubungan internasional*. Penerbit: Kramantara JS.
- Setiawan, F. (2026). *Evaluasi Kelayakan dan Kinerja Jalur Sepeda di Kota Malang (Studi Kasus Jalan Veteran)*. Universitas Tribhuwana Tungadewi.
- Wibowo, A. (2025). Disrupsi tata kelola global ekonomi digital. *Penerbit Yayasan Prima Agus Teknik*.
- Yumame, M., Pramono, S., Pramudiana, I. D., & Roekminiati, S. (2025). Evaluasi Kebijakan Pembangunan Jalur Luar Lingkar Barat dalam Meningkatkan Konektivitas Antar Wilayah di Surabaya. *Jurnal Ilmiah Dan Karya Mahasiswa*, 3(1), 71–89.