Era Sains: Journal of Science, Engineering and Information Systems Research
Vol. 2, No. 2, Juni 2026
e-ISSN: xxxx-xxxx, p-ISSN: xxxx-xxxx, Hlm. 12-17

Perancangan Ulang Geometri Jalan Margasari Jedug Menggunakan Autocad 2D untuk Meningkatkan Keselamatan Lalu Lintas (Studi Kasus Ruas Jalan Margasari---Jedug---Tegal)

Geometry Redesign of Margasari Jedug Road using AutoCAD 2D to Improve Traffic Safety (Case Study of the Margasari---Jedug---Tegal Road Section)

Yudhi Septia Mujianto[1*], Abdul Khamid[2], Mohamad Tolani[3], Wahidin[4], Yulia Feriska[5]
[1,2,3,4,5]Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhadi Setiabudi, Brebes, Indonesia
E-mail: [*1]septiagaming09@gmail.com, [2]abdulkhamid.mt@gmail.com, [3]uj_pesdm@yahoo.co.id, [4]wahidinnaures@gmail.com, [5]yuliaferiska1@gmail.com

ARTICLE INFO

Article History:
Received: April 07, 2026
Revised: May 15, 2026
Accepted: June 20, 2026

Keywords:
Geometric Road Design,
Traffic Safety,
AutoCAD 2D,
Redesign,

ABSTRACT

Road transportation plays a crucial role in social and economic activities, especially in rural areas that rely on land routes. The Margasari---Jedug road in Tegal Regency is a vital route connecting villages and sub-districts, but its geometric condition still does not meet technical standards, increasing the risk of traffic accidents. This study aims to analyze the road's geometric technical parameters and redesign it using AutoCAD 2D to improve road user safety and comfort. The research methods included field surveys, comparative data analysis with Bina Marga standards, and redesign using AutoCAD 2D software. The results indicate that the curve radius, lane width, superelevation, gradient, and shoulders currently do not meet standards, and appropriate redesign could significantly reduce the risk of accidents. The use of AutoCAD 2D accelerates the design process and facilitates technical communication. Recommendations are provided for design implementation and further research.

This is an open access article under the CC BY-SA license.

Corresponding Author:
Yudhi Septia Mujianto
E-mail: septiagaming09@gmail.com

Abstrak

Transportasi jalan memegang peranan krusial dalam aktivitas sosial dan ekonomi, terutama di wilayah pedesaan yang bergantung pada jalur darat. Ruas jalan Margasari---Jedug di Kabupaten Tegal merupakan jalur vital yang menghubungkan desa dan kecamatan, namun kondisi geometriknya masih belum memenuhi standar teknis, meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas. Penelitian ini bertujuan menganalisis parameter teknis geometrik jalan dan merancang ulang dengan penerapan AutoCAD 2D untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Metode penelitian meliputi survei lapangan, analisis data komparatif dengan standar Bina Marga, serta perancangan ulang menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2D. Hasil menunjukkan bahwa radius tikungan, lebar lajur, superelevasi, gradien, dan bahu jalan saat ini belum memenuhi standar, dan perancangan ulang yang sesuai dapat menurunkan risiko kecelakaan secara signifikan. Penggunaan AutoCAD 2D mempercepat proses perancangan dan memudahkan komunikasi teknis. Rekomendasi diberikan untuk implementasi desain serta penelitian lanjutan.

Kata kunci: Desain_Geometrik_Jalan, Keselamatan_Lalu_Lintas, Autocad_2D, Perancangan_Ulang

1. PENDAHULUAN

Transportasi jalan merupakan tulang punggung mobilitas masyarakat dan distribusi barang di Indonesia, sehingga keberadaan infrastruktur jalan yang aman dan nyaman sangat penting dalam menunjang aktivitas sosial dan ekonomi, khususnya di daerah pedesaan dan wilayah perbukitan yang memiliki kondisi topografi menantang [1]. Salah satu ruas jalan yang memiliki peran strategis adalah Jalan Margasari---Jedug di Kabupaten Tegal, yang berfungsi sebagai jalur utama distribusi hasil pertanian sekaligus penghubung antar wilayah. Kondisi eksisting jalan tersebut menunjukkan sejumlah permasalahan geometrik yang tidak sesuai standar, seperti radius tikungan yang terlalu kecil, lebar lajur yang tidak mencukupi, kemiringan superelevasi yang tidak tepat, serta gradien memanjang yang curam. Permasalahan ini diperburuk oleh minimnya fasilitas keselamatan jalan

seperti rambu, marka, dan bahu jalan, yang secara keseluruhan meningkatkan risiko kecelakaan lalu lintas di sepanjang ruas tersebut. Cara mengatasi hal ini dengan melakukan analisis dan perancangan ulang geometri jalan berdasarkan parameter teknis yang sesuai dengan standar Bina Marga, dengan memanfaatkan perangkat lunak AutoCAD 2D guna menghasilkan desain jalan yang lebih akurat, efisien, dan mudah diimplementasikan [2]. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi teknis yang aplikatif dalam meningkatkan keselamatan lalu lintas, memudahkan visualisasi desain, serta menjadi acuan bagi perbaikan ruas jalan serupa di wilayah lain.

Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa desain geometrik jalan yang sesuai dengan standar teknis sangat penting untuk menekan angka kecelakaan dan meningkatkan keselamatan pengguna jalan. Pendapat lain, [3] menunjukkan bahwa perbaikan radius tikungan dan pengaturan ulang superelevasi di jalan pegunungan berhasil menurunkan angka kecelakaan hingga 30%. Penggunaan AutoCAD 2D dalam perancangan jalan tidak hanya memudahkan proses desain teknis, tetapi juga mempercepat komunikasi antara perencana, pelaksana, dan pengambil kebijakan [4]. Radius tikungan kecil dan gradien curam berkontribusi besar terhadap terjadinya kecelakaan, terutama di wilayah berbukit, dan menyarankan perlunya evaluasi berdasarkan standar teknis [5]. Pentingnya penataan ulang elemen jalan seperti superelevasi dan bahu jalan dalam menunjang keselamatan lalu lintas [6]. Berdasarkan temuan-temuan tersebut, dirumuskan kerangka pemikiran bahwa kondisi geometrik jalan Margasari---Jedug yang belum sesuai standar teknis seperti Bina Marga berkontribusi terhadap tingginya risiko kecelakaan, sehingga diperlukan perancangan ulang berbasis analisis teknis yang komprehensif. Proses redesain ini dilakukan dengan mengacu pada parameter-parameter geometrik standar dan divisualisasikan melalui AutoCAD 2D untuk mendapatkan hasil rancangan yang akurat dan implementatif. Hipotesis penelitian bahwa perancangan ulang geometri jalan berdasarkan standar teknis serta pemanfaatan AutoCAD 2D akan meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan di ruas Margasari---Jedug.

Desain Geometrik Jalan

Desain geometrik jalan merupakan proses perencanaan fisik dari elemen-elemen jalan agar memenuhi standar kenyamanan dan keselamatan. Elemen ini mencakup radius tikungan, lebar lajur, superelevasi, gradien memanjang, dan bahu jalan. Desain harus disesuaikan dengan karakteristik wilayah dan volume lalu lintas, serta mengacu pada standar teknis seperti yang diterbitkan oleh Bina Marga [7].

Parameter Geometrik Jalan

Parameter teknis utama dalam perancangan geometrik jalan mencakup: radius tikungan yang disesuaikan dengan kecepatan rencana; lebar lajur minimal 3,5 meter untuk dua arah; superelevasi antara 4 s.d. 8% untuk stabilitas kendaraan pada tikungan; gradien maksimum 10% untuk menghindari kehilangan daya dorong pada kendaraan; dan bahu jalan selebar minimal 1,5 meter sebagai ruang darurat dan perlindungan bagi pengendara [8].

Keselamatan Jalan

Keselamatan jalan tidak hanya bergantung pada kualitas permukaan jalan, tetapi juga pada kesesuaian geometrik jalan dan ketersediaan fasilitas keselamatan seperti marka, rambu, pagar pengaman, dan penerangan. Menurut WHO faktor perilaku pengemudi dan desain jalan yang buruk merupakan penyebab utama kecelakaan lalu lintas, sehingga aspek geometrik menjadi prioritas dalam upaya preventif [9].

AutoCAD 2D

AutoCAD 2D adalah perangkat lunak desain berbasis komputer (CAD) yang umum digunakan oleh perencana teknik sipil untuk menggambar rancangan jalan, termasuk layout horizontal, profil memanjang, dan penampang melintang [4]. AutoCAD 2D mempermudah penyusunan gambar teknis secara presisi, cepat, dan fleksibel untuk kebutuhan dokumentasi dan pelaksanaan konstruksi [10].

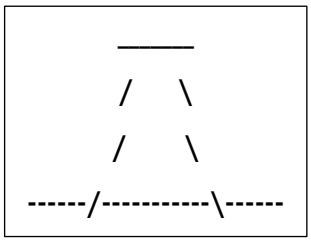
2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi kasus analitis dengan pendekatan kuantitatif deskriptif yang menggabungkan survei lapangan dan analisis data teknis untuk mengevaluasi dan merancang ulang

geometrik jalan. Lokasi penelitian terletak pada ruas jalan Margasari---Jedug di Kabupaten Tegal, dengan ruang lingkup yang difokuskan pada elemen-elemen geometrik seperti radius tikungan, lebar lajur, superelevasi, gradien, dan bahu jalan. Data yang digunakan terdiri dari data primer berupa hasil survei lapangan yang melibatkan pengukuran langsung elemen jalan menggunakan alat ukur teknis, serta data sekunder berupa acuan standar teknis dari Bina Marga dan literatur pendukung lainnya. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui pengukuran dimensi fisik jalan, kemudian dianalisis secara komparatif terhadap standar Bina Marga untuk mengidentifikasi ketidaksesuaian. Perancangan ulang menggunakan perangkat lunak AutoCAD 2D untuk menghasilkan gambar teknis jalan yang baru dan sesuai standar [11]. Proses penelitian mengikuti alur: pengumpulan data; analisis data; perancangan ulang; evaluasi desain; hingga penyusunan laporan akhir. Perangkat dan alat bantu yang digunakan meliputi alat ukur lapangan, komputer dengan software AutoCAD 2D, serta dokumen referensi teknis. Penelitian ini direncanakan berlangsung selama empat bulan, meliputi tahapan survei, analisis, desain ulang, dan pelaporan. Batasan penelitian ini terfokus hanya pada aspek geometrik jalan, sehingga tidak mencakup faktor eksternal seperti perilaku pengemudi, kondisi kendaraan, ataupun faktor cuaca yang juga dapat memengaruhi keselamatan lalu lintas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

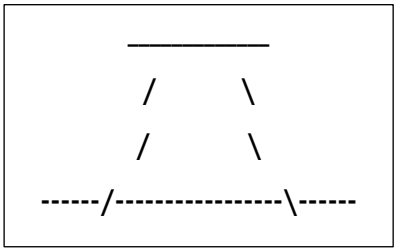
Berdasarkan hasil survei lapangan, kondisi geometrik eksisting pada ruas jalan Margasari---Jedug menunjukkan sejumlah ketidaksesuaian terhadap standar teknis Bina Marga. Radius tikungan rata-rata hanya 40 meter, jauh di bawah standar minimal 60 meter, lebar lajur hanya 3,0 meter, lebih sempit dari ketentuan minimal 3,5 meter, superelevasi tidak merata dan umumnya kurang dari 4%, gradien maksimum mencapai 12%, melebihi batas maksimal yang direkomendasikan, serta lebar bahu jalan hanya sekitar 1,0 meter, di bawah standar 1,5 meter. Kondisi ini berdampak pada penurunan keselamatan lalu lintas, di mana tikungan kecil dan gradien curam menyulitkan pengemudi dalam mengendalikan kendaraan, lebar lajur dan bahu jalan yang sempit memperbesar risiko tabrakan atau kendaraan keluar jalur, dan superelevasi yang tidak tepat meningkatkan kemungkinan tergelincir, terutama pada kondisi jalan basah. Perancangan ulang geometrik jalan dengan berbagai penyesuaian, yaitu peningkatan radius tikungan menjadi 65 meter, pelebaran lajur menjadi 3,5 meter, pengaturan superelevasi antara 4 s.d, 6%, penurunan gradien maksimum menjadi 9%, dan pelebaran bahu jalan hingga 1,5 meter. Seluruh rancangan ini divisualisasikan menggunakan AutoCAD 2D yang memungkinkan pembuatan gambar layout horizontal, penampang melintang, serta detail teknis secara presisi dan sistematis. Visualisasi ini tidak hanya memperjelas desain bagi pelaksana di lapangan, tetapi juga mempermudah komunikasi teknis antar instansi terkait. Secara keseluruhan, perancangan ulang ini diyakini mampu secara signifikan mengurangi potensi risiko kecelakaan dengan mengacu pada standar teknis yang berlaku. Penggunaan AutoCAD 2D terbukti mempercepat proses desain dan meningkatkan akurasi gambar kerja [12]. Efektivitas implementasi di lapangan tetap bergantung pada pengawasan pelaksanaan konstruksi, pemeliharaan berkala, dan sosialisasi yang memadai kepada pengguna jalan agar hasil perancangan benar-benar memberikan manfaat optimal [13].



Gambar 1. Jalan Eksisting Radius Tikungan Kecil (40 m)
|<-- Bahu Jalan 1.0 m -->|<---- Lajur 3.0 m ---->|<-- Bahu Jalan 1.0 m -->| (Eksisting)

Gambar 1 menunjukkan kondisi geometrik dengan radius tikungan sebesar 40 meter yang termasuk kategori tikungan kecil. Secara teknis, radius tikungan yang kecil dapat meningkatkan gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan sehingga menurunkan tingkat kenyamanan dan keselamatan lalu lintas, terutama bagi kendaraan berukuran besar [14]. Penampang melintang jalan eksisting terdiri atas bahu jalan kiri selebar 1,0 meter, lajur lalu lintas 3,0 meter, dan bahu jalan kanan

1,0 meter, sehingga total lebar jalan hanya 5,0 meter. Lebar tersebut relatif sempit dan umumnya hanya sesuai untuk jalan dengan kapasitas terbatas. Kondisi ini menimbulkan implikasi teknis, yaitu kendaraan harus menurunkan kecepatan secara signifikan ketika melewati tikungan, serta terbatasnya ruang evakuasi pada bahu jalan jika terjadi koreksi manuver. Mengacu pada standar geometrik jalan, radius minimum tikungan untuk kecepatan rencana 40 km/jam adalah sekitar 55 meter, sedangkan radius 40 meter hanya sesuai untuk kecepatan operasional rendah, yakni pada kisaran 30–35 km/jam [7]. Kondisi eksisting masih dapat diterima untuk jalan dengan kecepatan rendah, namun jika jalan tersebut direncanakan untuk melayani kecepatan yang lebih tinggi, diperlukan perbaikan geometri, seperti pelebaran lajur maupun penerapan superelevasi.



Gambar 2. Jalan Redesain Radius Tikungan Diperbesar (65 M)

|<---- Bahu Jalan 1.5 m ---->|<----- Lajur 3.5 m ----->|<---- Bahu Jalan 1.5 m ---->| (Redesain)

Gambar 2 menunjukkan hasil redesain geometrik jalan dengan radius tikungan diperbesar menjadi 65 meter. Perubahan ini dirancang untuk meningkatkan tingkat kenyamanan dan keselamatan lalu lintas, karena radius tikungan yang lebih besar mampu mengurangi gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintas, sehingga memungkinkan kecepatan operasional yang lebih tinggi dibandingkan kondisi eksisting. Pada penampang melintang, jalan redesain memiliki bahu kiri dan kanan masing-masing selebar 1,5 meter serta lajur lalu lintas selebar 3,5 meter, sehingga total lebar jalan menjadi 6,5 meter. Konfigurasi ini memberikan ruang yang lebih memadai untuk manuver kendaraan, khususnya kendaraan berat, serta meningkatkan fungsi bahu jalan sebagai area darurat maupun ruang evakuasi [15]. Apabila dibandingkan dengan standar geometrik jalan, radius tikungan 65 meter telah memenuhi ketentuan untuk jalan dengan kecepatan rencana 40 km/jam, yang mensyaratkan radius minimum sekitar 55 meter [7]. Redesain ini dapat dikategorikan sesuai standar teknis dan memberikan peningkatan signifikan terhadap keselamatan serta kualitas pelayanan jalan.

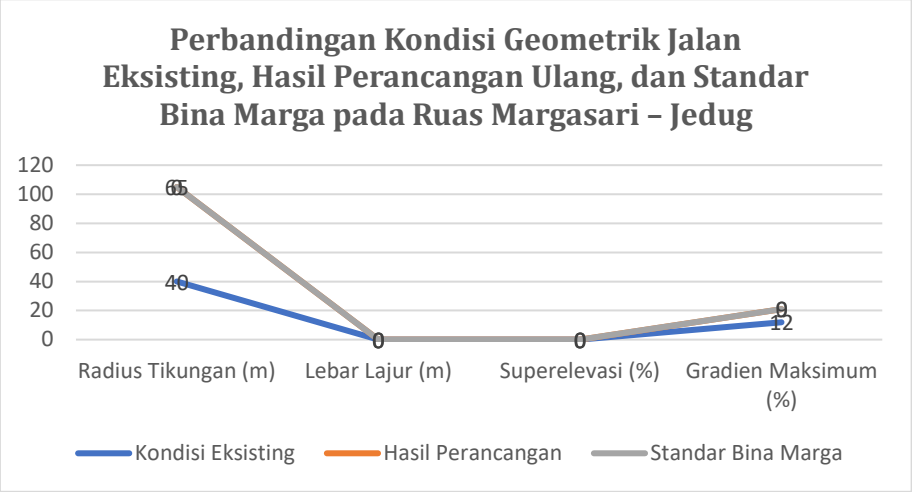
Tabel 1. Perbandingan Kondisi Geometrik Jalan Eksisting, Hasil Perancangan Ulang, dan Standar Bina Marga pada Ruas Margasari---Jedug

Elemen Geometrik	Kondisi Eksisting	Hasil Perancangan	Standar Bina Marga
Radius Tikungan (m)	40	65	≥ 60
Lebar Lajur (m)	3,0	3,5	≥ 3,5
Superelevasi (%)	< 4	4 – 6	4 – 8
Gradien Maksimum (%)	12	9	≤ 10
Lebar Bahu Jalan (m)	1,0	1,5	≥ 1,5

Sumber: Data yang diolah, 2025

Tabel 1 menyajikan perbandingan kondisi geometrik jalan eksisting dengan hasil perancangan ulang serta standar Bina Marga. Kondisi eksisting pada elemen radius tikungan hanya sebesar 40 m yang masih di bawah standar, sedangkan hasil perancangan ulang telah ditingkatkan menjadi 65 m, sehingga sesuai dengan ketentuan minimum ≥ 60 m. Lebar lajur pada kondisi eksisting sebesar 3,0 m juga belum memenuhi standar, namun setelah redesain diperbesar menjadi 3,5 m sesuai dengan ketentuan Bina Marga. Dilihat dari aspek superelevasi, kondisi eksisting masih kurang dari 4%, yang berpotensi menurunkan stabilitas kendaraan, sedangkan hasil perancangan ulang mencapai 4–6%, telah sesuai dengan rentang standar 4–8% [16]. Gradien maksimum, kondisi eksisting sebesar 12% melebihi batas ketentuan ≤ 10%, sementara hasil perancangan ulang berhasil diturunkan menjadi 9% sehingga memenuhi standar. Kondisi eksisting pada elemen lebar bahu jalan hanya 1,0 m, sedangkan setelah redesain ditingkatkan menjadi 1,5 m yang sesuai dengan persyaratan minimum

[17]. Secara keseluruhan, hasil perancangan ulang menunjukkan perbaikan signifikan pada seluruh elemen geometrik jalan sehingga selaras dengan standar Bina Marga dan diharapkan mampu meningkatkan keamanan, kenyamanan, serta kualitas pelayanan jalan pada ruas Margasari---Jedug.



Gambar 3. Grafik Perbandingan Kondisi Geometrik Jalan Eksisting

Gambar 3 memperlihatkan perbandingan kondisi geometrik jalan eksisting, hasil perancangan ulang, dan standar Bina Marga pada ruas Margasari---Jedug. Grafik ini menegaskan bahwa pada elemen radius tikungan, kondisi eksisting hanya sebesar 40 m, lebih rendah dari standar minimum, sementara hasil perancangan ulang mencapai 65 m yang sesuai dengan ketentuan. Untuk lebar lajur, kondisi eksisting 3,0 m masih berada di bawah standar, sedangkan hasil redesain telah disesuaikan menjadi 3,5 m, sesuai dengan standar Bina Marga [18]. Kondisi eksisting pada aspek superelevasi kurang dari 4% sehingga tidak memenuhi standar, sementara hasil perancangan ulang berada pada kisaran 4–6%, yang sejalan dengan ketentuan 4–8% [19]. Gradien maksimum, kondisi eksisting menunjukkan angka 12% yang melebihi standar ≤10%, namun hasil perancangan ulang berhasil menurunkannya menjadi 9%, sehingga memenuhi persyaratan. Grafik ini menunjukkan adanya kesenjangan antara kondisi eksisting dengan standar teknis, namun hasil perancangan ulang mampu menjembatani kesenjangan tersebut. Perbaikan pada radius tikungan, lebar lajur, superelevasi, dan gradien maksimum, jalan hasil redesain tidak hanya memenuhi standar Bina Marga tetapi juga meningkatkan keselamatan, kenyamanan, dan kinerja lalu lintas pada ruas Margasari–Jedug.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kondisi geometrik jalan Margasari---Jedug saat ini belum memenuhi standar teknis Bina Marga sehingga berkontribusi terhadap tingginya risiko kecelakaan lalu lintas. Perancangan ulang geometrik jalan dengan parameter yang sesuai standar terbukti mampu meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan. Penggunaan AutoCAD 2D sebagai alat bantu perancangan dan visualisasi desain jalan juga sangat efektif dalam menghasilkan gambar yang akurat dan mempermudah proses komunikasi teknis [20]. Disarankan agar instansi terkait segera mengimplementasikan desain hasil penelitian ini serta melakukan monitoring dan evaluasi berkala terhadap kondisi jalan guna memastikan fungsi dan keselamatan jalan tetap terjaga. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengkaji faktor lain seperti perilaku pengemudi dan pengaruh kondisi lingkungan terhadap keselamatan lalu lintas secara menyeluruh. Penelitian ini telah menguraikan analisis dan perancangan ulang geometrik jalan ruas Margasari---Jedug dengan mengacu pada standar teknis dan memanfaatkan AutoCAD 2D. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan keselamatan jalan di daerah tersebut serta menjadi referensi bagi perbaikan jalan dan penelitian serupa di masa mendatang. Harapan juga ditujukan agar teknologi desain seperti AutoCAD 2D semakin dioptimalkan dalam pengembangan infrastruktur jalan untuk mendukung keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan secara berkelanjutan.

5. DAFTAR REFERENSI

[1] R. Elvik, "Identifying Critical Road Geometry Parameters Affecting Crash Rate: A Review and Meta-Analysis," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 43, no. 6, pp. 2143–2152, 2011.
[2] A. Al-Hajri and K. Al-Salem, "Road Accident Hotspots on Jordan's Desert Highway Based on Geometric and Safety Indicators," *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 14, p. 8095, 2023.
[3] R. Putra, "Analisis Ulang Desain Geometrik Jalan Pegunungan Berdasarkan Standar Bina Marga," *J. Infrastruktur*, vol. 8, no. 3, pp. 201–215, 2020.
[4] N. Sari and B. Nugroho, "Pemanfaatan AutoCAD 2D untuk Desain Jalan Pedesaan," *J. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 7, no. 1, pp. 78–85, 2019.
[5] A. Hidayat, "Hubungan Kondisi Geometrik Jalan dan Kecelakaan Lalu Lintas di Wilayah Berbukit," *J. Transp.*, vol. 15, no. 2, pp. 123–134, 2018.
[6] H. Wijaya, "Penataan Superelevasi dan Bahu Jalan untuk Keselamatan Pengguna Jalan," *J. Keselam. Transp.*, vol. 10, no. 4, pp. 50–60, 2017.
[7] B. Marga, *Pedoman Perencanaan Geometrik Jalan*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.
[8] B. Persaud Retting, R., Garder, P., "Effects of Design Consistency on Run-off-Road Crashes: An Application to Two-Lane Rural Roads," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 177, p. 106066, 2023.
[9] W. H. Organization, *Global Status Report on Road Safety*. Geneva: World Health Organization, 2018.
[10] D. Kusrini, "Penggunaan AutoCAD 2D dalam Perancangan Jalan," *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 1, pp. 45–52, 2017.
[11] X. Zhang, "Safety Evaluation for Highway Geometric Design Based on Spatial Characteristics of Alignments," *J. Transp. Saf. Secur.*, vol. 15, p. 6685010, 2023.
[12] J. Lee Park, S., "Reliability-Based Analysis of Horizontal Curve Design by Evaluating Crash Risk Under Uncertainty," *Transp. Res. Interdiscip. Perspect.*, vol. 20, p. 100880, 2024.
[13] D. Walton Gibb, J., "Visualization of Road Geometries Based on CADD Design Standards," *Comput. Geotech.*, vol. 36, no. 5, pp. 723–731, 2009.
[14] A. Suraji and A. T. Mulyono, "Accident Risk Analysis of Road Geometric Components Using Functional Worthiness Approach," *Eastern-European J. Enterp. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 45–59, 2022.
[15] A. Abdulhafedh, "Design of Superelevation of Highway Curves: An Overview and Distribution Methods," *J. City Dev.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–40, 2019.
[16] A. Putra, "Design of Road Geometry with AutoCAD® 2D: Case Studies from Indonesia," *Civ. Eng. J.*, vol. 7, no. 3, pp. 457–468, 2021.
[17] R. Gomez, "Road Geometric Design Using AutoCAD Civil 3D: Methodology and Validation," *Int. J. Civ. Eng. Technol.*, vol. 11, no. 6, pp. 1209–1220, 2020.
[18] S. Ahmad Karim, M., "Analysis of Road Traffic Accidents Related to Geometric Design Parameters: Case study," *Int. J. Transp. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 144–156, 2019.
[19] M. Fu, "Research on Superelevation Design in Highway Route Design," *J. World Archit.*, vol. 5, no. 2, pp. 67–78, 2020.
[20] P. Smith Jones, M., "Safety Comparison of Superelevation Changes in Broken-Back Curves on Rural Highways," *J. Transp. Eng.*, vol. 149, no. 4, p. 4023012, 2023.