



Analisis Pengaruh Geometrik Terhadap Keselamatan Lalu Lintas Di Ruas Jalan Borong-Bealaing Di Kabupaten Manggarai Timur

Silvanus Soung^{1*}, Alfridus Gado², Stella Patricia Angdiarto³

¹²³ Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Flores, Ende

*korespondensi e-mail: soungsilvanus46@gmail.com

Received: 13 April 2026

Revised: 19 Mei 2026

Accepted: 21 Mei 2026

ABSTRACT

Road geometry is a component of road planning that focuses on the physical form of the road to provide optimal service for traffic flow. Road geometry must be designed according to specific requirements to produce a road cross-section that ensures safety and comfort for road users during travel. The Borong–Bealaing national road segment in East Manggarai Regency has reportedly experienced an increasing number of accidents each year. Since this segment accommodates a significant traffic flow, it must provide comfort for drivers. The purpose of this study is to analyze the relationship between road geometric elements—such as sight distance, curve angle, and slope—with traffic accidents. The research method uses a quantitative approach, utilizing both primary and secondary data. The data were processed using Global Mapper, Civil 3D 2021, and Excel, referring to the TPGJAK 1997 design guidelines. The results of the analysis show that the number of traffic accidents exceeded the critical EAN (Equivalent Accident Number) values in the years 2021, 2023, and 2024, with EAN values greater than 294.723 ($EAN > EAN_r$), and identified four accident-prone zones. The analysis of the relationship between stopping sight distance and EAN yielded an R^2 value of 0.6286, curve angle to EAN yielded an R^2 of 0.0156, and slope gradient relative to EAN yielded an R^2 of 0.8834.

Keywords: Road Geometry, Sight Distance, Curve Angle, Traffic Accidents, Global Mapper, Civil 3D 2021

ABSTRAK

Geometrik jalan harus direncanakan sesuai dengan persyaratan yang nantinya akan menghasilkan penampang jalan yang memberikan keselamatan dan kenyamanan untuk pengguna jalan dalam berkendara. Ruas jalan nasional Borong-Bealaing di Kabupaten Manggarai Timur berdasarkan informasi bahwa kecelakaan terus meningkat tiap tahun. Ruas jalan ini melayani arus lalu lintas yang cukup besar, maka ruas jalan ini harus memberikan kenyamanan dalam berkendara. Tujuan penelitian ini menganalisis hubungan geometrik jalan meliputi jarak pandang, sudut tikungan dan kelandaian terhadap kecelakaan lalu lintas. Metode penelitian pendekatan kuantitatif dengan pemanfaatan data primer dan sekunder. Analisis data dengan acuan perencanaan berdasarkan TPGJAK 1997. Hasil analisis geometrik jalan dengan tingkat kecelakaan lalu lintas menunjukkan angka kecelakaan yang melebihi nilai EAN kritis yaitu di tahun 2021, 2023 dan 2024, dengan nilai EAN lebih dari 294,723 dan terdapat 4 titik zona rawan kecelakaan, selanjutnya hubungan jarak pandang henti terhadap EAN diperoleh nilai $R^2 = 0.6286$, sudut tikungan terhadap EAN diperoleh nilai $R^2 = 0.0156$, dan analisis landai relatif diperoleh nilai $R^2 = 0.8834$, sehingga perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan geometrik jalan di 4 titik zona rawan kecelakaan, untuk mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas.

Kata Kunci : Geometrik Jalan, Jarak Pandang, Sudut Tikungan, Kecelakaan Lalu Lintas, Global Mapper, Civil 3D 2021

PENDAHULUAN

Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang terpusat pada bentuk fisik jalan untuk memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan mempermudah mobilisasi dari suatu tempat ke tempat lainnya. Geometrik jalan harus direncanakan sesuai dengan persyaratan yang nantinya akan menghasilkan penampang jalan yang memberikan keselamatan dan kenyamanan untuk pengguna jalan dalam berkendara. Geometrik jalan yang tidak sesuai dengan persyaratan akan mempengaruhi tingkat kecelakaan lalu lintas.

Kecelakaan lalu lintas merupakan salah satu peristiwa penyebab kematian, yang terjadi secara sengaja ataupun tidak dan melibatkan kendaraan yang sedang bergerak dengan atau tanpa pengguna jalan lain yang mengakibatkan korban manusia atau kerugian harta benda. Kecelakaan lalu lintas di Indonesia tergolong tinggi, oleh karena itu prasarana jalan harus dikelola sebaik mungkin agar kondisinya tetap baik dan kinerjanya dapat dipertahankan sehingga dapat memberikan layanan kebutuhan sesuai masa layannya. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Perdana (2019) tentang pengaruh geometrik dan kelengkapan rambu lalu lintas terhadap kecelakaan pada 3 tikungan didapatkan hasil yang berbeda-beda. Pada tikungan 1 aspek yang tidak memenuhi syarat adalah jari-jari tikungan, kebebasan samping, dan kelandaian, pada tikungan 2 aspek yang tidak memenuhi syarat adalah kebebasan samping, dan pada tikungan 3 aspek yang tidak memenuhi syarat adalah aspek kelandaian. Sedangkan pada penelitian Samsudin (2019) tentang faktor penyebab kecelakaan pada ruas jalan Ir. H. Alala Kota Kendari ditinjau dari prasarana dan geometrik jalan didapatkan hasil bahwa jarak pandang dengan kecepatan eksisting pada masing-masing kaki simpang pada titik kecelakaan tidak sesuai dengan standar minimum dari jarak pandang yang sesuai dengan kecepatan eksisting. Salah satu jalan yang memiliki potensi rawan kecelakaan lalu lintas yaitu ruas Jalan nasional Borong – Bealaing yang merupakan jalan trans Flores menghubungkan Kabupaten Manggarai Timur dengan Kabupaten Manggarai.

Penelitian yang sudah dilakukan yaitu Penelitian ini menunjukkan bahwa geometrik jalan, baik yang substandar maupun yang standar, tidak berpengaruh secara signifikan terhadap potensi terjadinya jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas di jalan nasional (Anisarida & Santosa, 2021). Jari-jari tikungan, jarak pandang henti, dan derajat kelengkungan memiliki hubungan yang cukup erat dengan terjadinya kecelakaan lalu lintas. Sedangkan jarak pandang mendahului memiliki hubungan yang kurang erat hubungan kecelakaan lalu lintas (Ellytrina & Zhafirah, 2022). Analisis menggunakan Metode Regresi Polinomial dapat disimpulkan bahwa, Aliyemen Horisontal dan Alinyemen Vertikal pada ruas Jalan Raya Bromo, memiliki hubungan yang berpengaruh terhadap nilai EAN (Selen et al., 2023). Adapun hasil penelitian menunjukan terdapat hubungan signifikan antara kondisi geometrik dan derajat kejenuhan terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas (Nasikin et al., 2025). Faktor dominan konflik meliputi lebar lajur sempit, parkir sembarangan, ketiadaan marka prioritas, dan perilaku pengguna jalan. Rekomendasi utama meliputi pelebaran jalur selatan-timur, penataan area parkir, pemasangan rambu & marka, serta observasi TCT berkala untuk evaluasi pasca- intervensi (Khoirunisa, 2025). Koefisien parameter regresi JPH, radius tikungan, lebar bahu dan panjang tikungan cukup berpengaruh terhadap angka kecelakaan (Oktopianto et al., 2023). peningkatan keselamatan lalu lintas harus dilakukan secara terpadu melalui perencanaan yang berbasis standar teknis dan keselamatan, pemeliharaan infrastruktur yang berkelanjutan, edukasi kepada pengguna jalan, serta penerapan prinsip forgiving road dan self-explaining road sebagai pendekatan strategis berbasis bukti dalam menurunkan angka kecelakaan secara berkelanjutan (Fitriani et al., 2025).

Berdasarkan data dari Kepolisian Satuan Lalu Lintas Polres Manggarai Timur kecelakaan lalu lintas sering terjadi setiap tahun hingga ada korban jiwa. Ruas Jalan Nasional Borong – Bealaing Kabupaten Manggarai Timur dengan Panjang 40 KM. Jalan ini memiliki karakteristik geometrik yang beragam, seperti tanjakan curam, tikungan tajam, dan lebar jalan yang terbatas. Berdasarkan data lakalantas Kepolisian Satuan Lalu Lintas Polres Manggarai Timur, kecelakaan di ruas Jalan Borong-Bealaing selama 4 tahun terakhir dari tahun 2020 sampai 2024 sering terjadi. Kecelakaan yang terjadi dipengaruhi oleh kondisi geometrik jalan seperti tanjakan, turunan, dan jalur yang berkelok-kelok serta minimnya rambu lalu lintas, marka lalu lintas, dan kelalaian dari pengendara yang menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu, perlu adanya peninjauan ulang geometrik jalan pada lokasi rawan kecelakaan. Penelitian ini menganalisis arah dan besarnya pengaruh geometrik jalan terhadap keselamatan lalu lintas sesuai dengan tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota No 038/TBM/1997. Komponen geometrik jalan yang ditinjau yaitu jarak pandang, sudut tikungan, dan

kelandaian. Sedangkan parameter kecelakaan lalu lintas yang digunakan adalah EAN (Equivalent Accident Number), tingkat kecelakaan, dan angka kecelakaan. Penelitian ini bertujuan untuk Mengidentifikasi kondisi geometrik jalan pada ruas Jalan Nasional Borong – Bealaing dan Menganalisis hubungan antara parameter geometrik jalan dengan tingkat kecelakaan lalu lintas.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian deskriptif dan analitis. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian ini berfokus pada pengumpulan data numerik yang akan dianalisis secara statistik untuk mengetahui hubungan antara geometrik jalan dan keselamatan lalu lintas. Desain penelitian deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi geometrik jalan yang ada dan keselamatan lalu lintas yang terjadi di lokasi penelitian, sedangkan analitis digunakan untuk mengetahui pengaruh antara kedua variabel tersebut.

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari dua variabel utama: Variabel bebas (independen): Geometrik jalan, yang mencakup elemen-elemen seperti jari-jari tikungan, derajat kelengkungan, superelevasi, dan kelandaian, yang dapat mempengaruhi keselamatan lalu lintas. Variabel terikat (dependen): Keselamatan lalu lintas, yang diukur berdasarkan jumlah kecelakaan lalu lintas, tingkat keparahan kecelakaan, serta tingkat fatalitas yang terjadi di ruas jalan yang diteliti. Adapun data primer yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data geometrik jalan dan fasilitas jalan. Data ini memiliki fungsi sebagai petunjuk agar lebih mudah untuk mengetahui kondisi jalan pada lokasi penelitian. Data sekunder diperoleh dari Dinas Pekerjaan umum dan perumahan rakyat (PUPR) dan kepolisian satuan lalu lintas yang mencakup data kecelakaan lalu lintas, volume kendaraan, dan karakteristik geometrik jalan (misalnya data desain jalan, dimensi jalan, kemiringan, dan kelengkungan) yang dapat mempengaruhi keselamatan lalu lintas.

Analisis data dengan menggunakan pendekatan statistik sebagai berikut; 1) Deskripsi statistik digunakan untuk menggambarkan karakteristik geometrik jalan dan keselamatan lalu lintas pada setiap ruas jalan yang menjadi sampel penelitian, seperti rata-rata, standar deviasi, dan frekuensi kejadian kecelakaan; 2) Uji korelasi pearson untuk menguji hubungan antara variabel geometrik jalan dengan keselamatan lalu lintas, digunakan uji korelasi Pearson. Uji ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana hubungan antara perubahan geometrik jalan (seperti sudut tikungan, jarak pandang dan landai relatif) terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas.

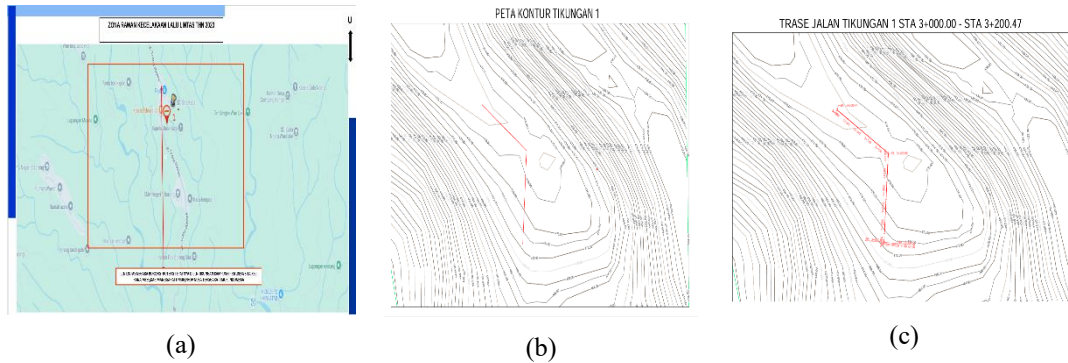
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada ruas Jalan Nasional Borong – Bealaing yang terletak di Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Ruas jalan ini merupakan bagian dari jaringan jalan nasional dengan Panjang Sta 0+000 s/d 33+000 yang di peroleh dari dinas terkait, dan berfungsi sebagai jalan arteri primer yang menghubungkan berbagai kabupaten/kota di Pulau Flores.

Pada Lokasi penelitian ini terdapat 4 tikungan yang menjadi titik rawan kecelakaan, tikungan 1 pada sta 3+000, tikungan 2 pada sta 5+800, tikungan 3 pada sta 9+600, tikungan 4 pada sta 30+000. Menurut data yang di dapat dari Satlantas Kabupaten Manggarai Timur, total kecelakaan dalam 5 tahun terakhir pada ruas jalan Borong-Bealaing yaitu 192 kasus kecelakaan, dengan presentase kecelakaan rata -rata 20%.

Kontur Dan Trase Pada Tikungan 1

Berdasarkan hasil perolehan data koordinat X, Y, dan Z dari citra satelit yang diperoleh melalui aplikasi Google Earth dan Global Mapper, dapat dilakukan pemodelan kontur permukaan serta penentuan trase jalan Nasional Borong-Bealaing pada titik Lokasi rawan kecelakaan. Data tersebut kemudian diolah lebih lanjut dalam perangkat lunak Civil 3D untuk menghasilkan model permukaan yang merepresentasikan kondisi topografi eksisting. Dari model ini, diperoleh visualisasi kontur permukaan tanah serta rencana trase jalan yang menjadi dasar dalam proses analisis geometrik jalan sesuai dengan pedoman Bina Marga.

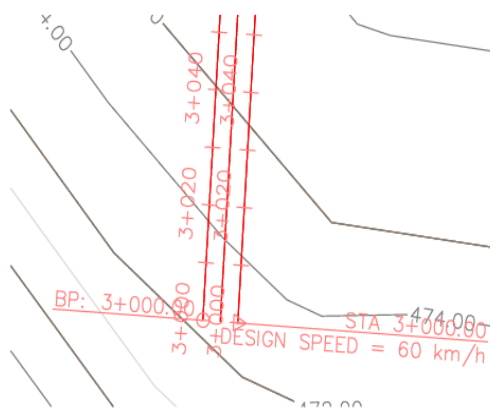


Sumber: Hasil Analisis civil 3D, 2025

Gambar 1. a) peta zona rawan laka, b) peta kontur tikungan 1, c) trase jalan tikungan 1.

Perhitungan Kelandaian Medan Pada Tikungan 1

Analisis kelandaian medan dilakukan untuk menentukan kemiringan medan berdasarkan data elevasi pada setiap titik di sepanjang trase jalan yang telah direncanakan. Metode ini diawali dengan pembuatan trase utama serta trase samping (kiri dan kanan) dengan jarak masing-masing 3,5 m ke kiri dan 3,5 m ke kanan, yang berfungsi sebagai offset alignments.



Sumber: Hasil Analisis civil 3D, 2025

Gambar 2. Pengambilan data elevasi kiri dan kanan

Elevasi pada jarak 3,5 m ke Kiri = 472,300 m

Elevasi pada jarak 3,5 m ke Kanan = 472,814 m

Beda Tinggi (ΔH) = |Elv. Kiri – Elv. Kanan|
 = |472,300 – 472,814| = 0,514m

Jarak (d) = 7 m

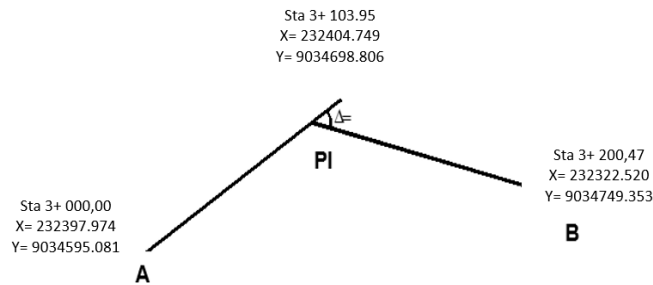
Kelandaian Medan (e) = $(\Delta H/d) \times 100\%$
 = $(0,514/7) \times 100\%$
 = 7,34 %

Berdasarkan profil kelandaian medan jalan diperoleh besar kelandaian rata-rata pada tikungan 1 adalah 4,72 %. Dimana sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK, 1997), untuk kelandaian medan jalan <25% dikategorikan sebagai medan Perbukitan

Perhitungan Sudut Tikungan

Untuk menentukan besar sudut tikungan, dapat dihitung dengan menggunakan perhitungan jarak antara tikungan (A-PI dan PI -B) dan sudut azimuth (α) sebagai parameter utama. Data yang

diperoleh pada perhitungan ini diambil dari aplikasi Autocad Civil 3D, dan ekspor alinemen dari trase yang telah dibuat. Caranya yaitu, buka menu Tolbox kemudian klik Report Manager, pilih Alinemen dan pilih PI Station, Koordinat Easting (X) dan Northing (Y).



Sumber: Hasil Analisis civil 3D, 2025

Gambar 3. Sketsa Koordinat pada Sta 3+000 – 3+200,47

Menghitung Panjang garis tangen (A-PI) dan (PI-B) :

$$D_{A-PI} = \sqrt{(X_{PI} - X_A)^2 + (Y_{PI} - Y_A)^2}$$

$$= \sqrt{(232404.749 - 232397.974)^2 + (9034698.806 - 9034595.081)^2}$$

$$= 149,625 \text{ m}$$

$$D_{PI-B} = \sqrt{(X_B - X_{PI})^2 + (Y_B - Y_{PI})^2}$$

$$= \sqrt{(232322.520 - 232404.749)^2 + (9034749.353 - 9034698.806)^2}$$

$$= 96,522 \text{ m}$$

Menghitung sudut azimuth:

Titik A-PI $\Delta X : X_{akhir} - X_{awal} = 232404.749 - 232397.974 = 6,775$
 $\Delta Y : Y_{akhir} - Y_{awal} = 9034698.806 - 9034595.081 = 103,725$

$$\text{Tgn } \alpha = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{6,775}{103,725} = 0,065$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0,065)$$

$$= 3,737^\circ \text{ (Kuadran 1)}$$

Titik PI-B : $\Delta X : X_{akhir} - X_{awal} = 232322.520 - 232404.749 = -82,229$
 $\Delta Y : Y_{akhir} - Y_{awal} = 9034749.353 - 9034698.806 = 50,547$

$$\text{Tgn } \alpha = \frac{\Delta X}{\Delta Y} = \frac{-82,229}{50,547} = -1,622$$

$$\alpha = \tan^{-1}(-1,622)$$

$$= -58,421^\circ \text{ (Kuadran 1)}$$

Sudut tikungan Δ $= |\phi_1 - \phi_2|$
 $= \text{Azimut titik PI-B} - \text{Azimut titik A-PI}$
 $= -58,421^\circ - 3,737^\circ = -62,158^\circ$
 Jadi $\Delta \text{ PI} = 62,158^\circ$

Berdasarkan hasil perhitungan sudut tikungan diatas untuk PI1 sebsar $62,158^\circ$, berdasar persyaratan besar sudut tikungan > 20 tergolong tikungan S-C-S.

Perhitungan Jarak Padang

Berdasarkan landasan teori tentang jarak pandang, bahwa jarak pandang diperlukan oleh seorang pengemudi untuk menentukan seberapa jauh pengemudi dapat melihat suatu halangan, sehingga pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya atau halangan tersebut dengan aman. Jarak pandang terdiri dari jarak pandang henti (Jh) dan jarak pandang mendahului (Jd)

Jarak Pandang Henti (Jh)

Data-data diketahui sebagai berikut :

- $V_R = 60 \text{ km/jam}$
- $T = \text{Waktu tanggap, ditetapkan } 2,5 \text{ detik}$
- $L = 4,72\% \rightarrow 0,472 \text{ hasil analisis kelandaian medan.}$
- $f_p = \text{Koefisien gesekan antar ban dan muka jalan aspal ditetapkan } 0,35 - 0,55$

Menghitung jarak pandang henti (Jh)

$$\begin{aligned} \text{Jarak tanggap (Jht)} &= 0,278 V_R T \\ &= 0,278 \times 60 \times 2,5 \\ &= 41,7 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pengereman (Jhr)} &= \frac{V_R^2}{254 (f_p \pm L)} \\ &= \frac{60^2}{254 (0,35 \pm 0,472)} \\ &= 17,242 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak pandang henti (Jh)} &= Jht + Jhr \\ Jh &= 41,7 + 17,242 \\ &= 58,94 \text{ m} \rightarrow 59 \end{aligned}$$

Jarak Pandang Mendahului Jd

Diketahui data-data sebagai berikut :

- $V_R = 60 \text{ km/jam}$
- $T_1 = 2,12 + 0,026 V_R = 3,68 \text{ detik}$
- $m = \text{Dipilih } 15 \text{ km/jam}$
- $a = 2,052 + 0,0036 V_R = 2,7 \text{ m/detik}$
- $T_2 = 6,56 + 0,048 V_R = 9,44 \text{ detik}$

Menghitung jarak pandang mendahului (Jd)

$$\begin{aligned} d1 &= 0,278 \times T_1 \left(V_R - m + \frac{a \times T_1}{2} \right) \\ &= 0,278 \times 3,68 \left(60 - 15 + \frac{2,7 \times 3,68}{2} \right) \\ &= 1,02304 \times (45 + 4,968) = 51,12 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d2 &= 0,278 \times V_R \times T_2 \\ &= 0,278 \times 60 \times 9,44 = 157,46 \text{ m} \end{aligned}$$

$$d3 = 55 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} d4 &= \frac{2}{3} \cdot d2 \\ &= \frac{2}{3} \times 157,46 \\ &= 52,49 \text{ m} \end{aligned}$$

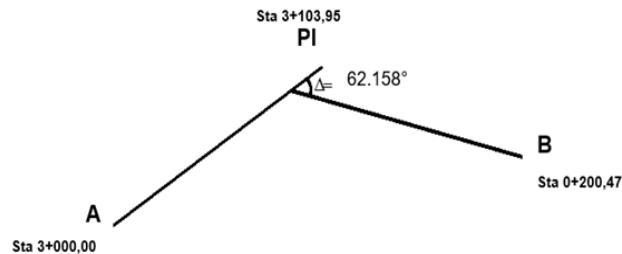
$$\begin{aligned} Jd &= d1 + d2 + d3 + d4 \\ &= 51,12 + 157,46 + 55 + 52,49 \\ &= 316,07 \text{ m} \end{aligned}$$

Nilai jarak pandang mendahului (Jd) pada tikungan 1 Sta 3+000,00 yaitu 316,07 m.

Analisis Alinyemen Horizontal

Setelah diketahui kecepatan rencana yang digunakan, maka dapat dilakukan perhitungan untuk mencari parameter-parameter tikungan secara lebih rinci menggunakan standar Bina Marga. Berikut ini adalah contoh perhitungan tikungan 1 SCS pada sta 3+000,00.

Analisis Tikungan PI1 SCS Pada Sta 3+000,00- 3+ 200,47



Sumber: Hasil Analisis civil 3D, 2025

Gambar 4. Sketsa analisis alinyemen horizontal pada Sta 3+000,00 - 3+200,47

Parameter Desain

Fungsi jalan	: Alteri Primer
Kecepatan Rencana (V_R)	: 60 km/jam
Radius tikungan rencana (R_c)	: 115 km/jam
Superelevasi maksimum (e_{max})	: 10 %
Kemiringan melintang normal (e_n)	: 2 %
Lebar Jalan Satu Arah (B)	: 3,5 m
Sudut Tangen (Δ)	: 62,158°

Menghitung Koefisien gesek maksimum :

$$\begin{aligned}
 f_{max} (V_R < 115 \text{ km/jam}) &= -0,00065 \times V_R + 0,192 \\
 &= -0,00065 \times 60 + 0,192 \\
 &= 0,153
 \end{aligned}$$

Menghitung jari-jari minimum :

$$\begin{aligned}
 R_{min} &= \frac{V_R^2}{127 (e_{max} + f_{max})} \\
 &= \frac{60^2}{127 (0,1 + 0,153)} = 112,041 \text{ m} \\
 \text{Radius Tikungan Rencana } (R_{renc}) &: 115 \text{ m} \\
 R_c > R_{min} &= 115 \text{ m} > 112,041 \text{ m OK}
 \end{aligned}$$

Menghitung Kecepatan Jalan Rata – Rata

$$\begin{aligned}
 V_j &= V_r \times 0,9 \\
 &= 60 \times 0,9 \\
 &= 54 \text{ km/jm}
 \end{aligned}$$

Menghitung derajat lengkung maksimum (D_{max})

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max} + f_{max})}{V_R^2}$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (0,1 + 0,153)}{60^2}$$

$$D_{\max} = 12,784$$

Menghitung Derajat Lengkung Dimana $e = e_{\max}$ dan $f = 0$

$$D_p = \frac{181913,53 \times e_{\max}}{Vj^2}$$

$$= \frac{181913,53 \times 10\%}{54,00^2}$$

$$= 6,238^0$$

Perhitungan Koefisien Grafik Distribusi f dan e

$$h = e_{\max} \times \frac{Vr^2}{Vj^2} - e_{\max}$$

$$= 10\% \times \frac{60^2}{54^2} - 10\%$$

$$= 0,0235$$

$$tg a_1 = \frac{h}{D_p}$$

$$= \frac{0,0235}{6,238} = 0,0038$$

$$tg a_2 = \frac{f_{\max} - h}{D_{\max} - D_p}$$

$$= \frac{0,153 - 0,0235}{12,784 - 6,238}$$

$$= 0,0198$$

$$M_0 = (D_{\max} - D_p) \times \frac{tg a_2 - tg a_1}{2 \times D_{\max}}$$

$$= (12,784 - 6,238) \times \frac{0,0198 - 0,0038}{2 \times 12,784}$$

$$= 0,0256$$

Penentuan Koefisien Gesek Rencana f_{renc}

Berdasarkan penentuan persamaan koefisien gesek rencana maka, $D_{renc} \geq D_p$ dapat dihitung sebagai berikut :

$$f_{renc} = M_0 \times \left[\frac{D_{\max} - D_{renc}}{D_{\max} - D_p} \right]^2 + h + (D_{renc} - D_p) tg a_2$$

$$= 0,0256 \times \left[\frac{12,784 - 7,16195}{12,784 - 6,238} \right]^2 + 0,0235 + (7,16195 - 6,238) 0,0198$$

$$= 0,06062 \quad f_{renc} < f_{\max} \dots \dots \dots OK$$

Perhitungan Nilai Superelevasi Rencana (e)

Perhitungan nilai superelevasi dapat dihitung dengan persamaan dibawa ini :

$$e_{renc} = \frac{Vr^2}{(127 + R_{renc})} - f_{renc}$$

$$= \frac{60^2}{(127 + 200)} - 0,06062$$

$$= 0,08111 \quad e_{renc} < e_{\max} \dots \dots \dots OK$$

Perhitungan Lengkug Peralihan (LS)

Berdasarkan kelandaian relatif maksimum

Untuk menghitung L_s berdasarkan kelandaian relatif maksimum maka, nilai kelandaian relatif maksimumnya diambil $M = 125$, selantunya L_s dapat dihitung dengan rumus:

$$\begin{aligned} L_s &= (e_{renc} + e_n) \times B \times m \\ &= (0.08111 + 2\%) \times 3.5 \times 125 \\ &= 52,472 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan rumus modifikasi SHORT

Nilai C dalam perhitungan L_s berdasarkan rumus modifikasi SHORT adalah 0.50.

$$\begin{aligned} L_s &= 0,022 \frac{Vr^3}{R \times c} - 2,727 \frac{Vr \times e_{renc}}{c} \\ &= 0,022 \frac{60^3}{115 \times 0,50} - 2,727 \\ &= 49.491 \text{ meter} \end{aligned}$$

Berdasarkan waktu tempu maksimum $T = 3$ detik

$$\begin{aligned} L_s &= \frac{V}{3,6} \times T \\ &= \frac{60}{3,6} \times 3 \\ &= 50,00 \text{ meter} \end{aligned}$$

Dari perhitungan nilai L_s diatas, nilai L_s terbesar adalah 52,472 meter.

Perhitungan komponen tikungan

$$\begin{aligned} \theta_s &= \frac{L_s \times 90}{\pi \times R} \\ &= \frac{50 \times 90}{\pi \times 115} \\ &= 13,078^\circ \\ \theta_c &= \Delta - 2 \times \theta_s \\ &= 62,158^\circ - 2 \times 13,078^\circ \\ &= 36,002^\circ \\ L_c &= \frac{\theta_c}{360} \times 2 \times \pi \times R \\ &= \frac{36,002}{360} \times 2 \times \pi \times 115 \\ &= 72,22 \text{ meter} \\ L_{total} &= L_c + 2 \times L_s \\ &= 72,22 + 2 \times 52,472 \\ &= 177.17 \text{ meter} \\ Y_c &= \frac{L_s^2}{6 \times R} \\ &= \frac{52,472^2}{6 \times 115} \\ &= 3,99 \text{ meter} \\ P &= Y_c - R(1 - \cos \theta_s) \\ &= 3,99 - 115(1 - \cos 13,078) \\ &= 1,01 \\ X_c &= L_s - \left(\frac{L_s^3}{40 \times R^2} \right) \\ &= 50 - \left(\frac{52,472^3}{40 \times 115^2} \right) \\ &= 52,20 \text{ meter} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 K &= xc - R \sin \theta s \\
 &= 52,20 - 115 \sin 13,078 \\
 &= 26 \text{ meter} \\
 Es &= R + p \times \left(\frac{1}{\cos \frac{1}{2} \Delta} \right) - R \\
 &= 115 + 1,01 \times \left(\frac{1}{\cos \frac{1}{2} 62,158^\circ} \right) - 115 \\
 &= 20,45 \text{ meter} \\
 Ts &= R + p \left(\tan \frac{1}{2} \Delta \right) + K \\
 &= 115 + 1,01 \left(\tan \frac{1}{2} 62,158 \right) + 26 \\
 &= 96,10
 \end{aligned}$$

Cek Tikungan berdasarkan syaratnya

- $L_c > 20 = 72,22 > 20$ jadi, **ok**
- $\theta_c > 0 = 36,002 > 0$ jadi, **ok**

Cek jarak D terhadap TS

- $d1 > TS = 103,946 > 96,10$ jadi, **ok**
- $d2 > TS = 96,5226 > 96,10$ jadi, **ok**

Analisis Data Kecelakaan

Data kecelakaan diperoleh dari Kepolisian Lalu Lintas Kabupaten Manggarai Timur mulai dari tahun 2020 sampai dengan tahun 2024. Data kecelakaan lalu lintas yang diperoleh yaitu data kecelakaan yang terjadi di ruas Jalan nasional Borong-Bealaing yang tercatat dalam jumlah kecelakaan tahunan dengan jumlah 192 kecelakaan.

Tabel 1. Data Kecelakaan Lalu Lintas

No	Tahun	Jumlah Laka	Korban Kejadian			Persentase
			MD	LB	LR	
1	2020	15	7	6	16	7.81%
2	2021	42	11	15	59	21.88%
3	2022	35	6	4	57	18.23%
4	2023	45	16	11	60	23.44%
5	2024	55	8	8	88	28.65%
Jumlah		192	48	44	280	100.00%

Sumber: Polres Manggarai Timur, 2025

Analisis Daerah Rawan Kecelakaan

Daerah rawan kecelakaan dapat dianalisis menggunakan Equivalent Accident Number (EAN), suatu daerah akan dinyatakan rawan kecelakaan jika mempunyai nilai EAN melebihi nilai EAN kritis. Pada ruas jalan Borong – Bealaing terdapat 4 titik Lokasi rawan kecelakaan yang sering terjadi.

untuk perhitungan nilai EAN kritis pada ruas Jalan nasional Borong–Bealaing Kabupaten Manggarai Timur dapat dihitung menggunakan Persamaan berikut.

$$EAN_r = \frac{\Sigma EAN}{R}$$

$$EAN_r = \frac{1120}{4} = 280$$

M = Jumlah kecelakaan per jumlah kendaraan.

$$M = \frac{192}{264} = 0,727$$

$$EAN_c = EAN_r + 0,75 \sqrt{\left(\frac{EAN_r}{m}\right) - (0.5 - m)}$$

$$EAN_c = 280 + 0,75 \sqrt{\left(\frac{280}{0,727}\right) - (0.5 - 0,727)}$$

$$EAN_c = 294,723$$

Tabel 2. Jumlah kejadian kecelakaan di ruas jalan Borong-Bealaing

NO	TAHUN	JUMLAH LAKA	KORBAN KEJADIAN			BOBOT			EAN
			MD	LB	LR	MD = 12	LB = 6	LR = 3	
1	2020	15	7	6	16	84	36	48	168
2	2021	42	11	15	59	132	90	177	399
3	2022	35	6	4	57	72	24	171	267
4	2023	45	16	11	60	192	66	180	438
5	2024	55	8	8	88	96	48	264	408
jumlah		192	48	44	280	576	264	280	1120

Sumber; Hasil analisis, 2025

Berdasarkan nilai EAN kritis, tingkat kecelakaan pada ruas Jalan Borong- Bealaing Kabupaten Manggarai Timur yaitu terdapat pada tahun 2021, 2023 dan 2024, dengan nilai EAN lebi dari 294,723 ($EAN > EAN_r$).

Analisis Hubungan Nilai EAN Dengan Jarak Pandang, Sudut Tikungan (Δ), Dan Landai Relatif.

Untuk mengetahui ada tidaknya hubungan geometrik Jalan Borong- Bealaing Kabupaten Manggarai Timur dengan tingkat kecelakaan, peneliti menggunakan analisis regresi linier dengan bantuan program Microsoft Excel yang di gambarkan dalam bentuk grafik. Hasil yang diperoleh dari analisis regresi linier dan regresi tipe polynomial adalah fungsi hubungan variabel X dan variabel Y, serta nilai R^2 yang menunjukkan besarnya pengaruh variabel X terhadap perubahan variabel Y, dimana variabel X adalah nilai jarak pandang henti (J_h), sudut tikungan (Δ), landai relatif dan variabel Y adalah nilai EAN. Semakin besar nilai R^2 menunjukkan semakin besar pengaruh variabel X terhadap variabel Y.

Hubungan Nilai EAN Dengan Jarak pandang

Tabel 3. Data hubungan antara EAN dan Jarak Pandang Henti (Jh)

No	EAN	Jarak pandang henti (Jh)
1	168	59
2	399	76
3	267	67
4	438	68

Sumber: Hasil analisis data, 2025

Tabel 4. Perhitungan Regresi Linear

NO	X	Y	XY	X ²	Y ²
1	59	168	9912	3481	28224
2	76	399	30324	5776	159201
3	67	267	17889	4489	71289
4	68	438	29784	4624	191844
Σ	270	1272	343440	72900	1617984
Σ ²	72900	1617984			

Sumber: Hasil analisis data, 2025

Berikut perhitungan regresi linear untuk mendapatkan nilai korelasi dan determinasi.

$$b = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{n\sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$b = \frac{4 \cdot 343440 - 270 \cdot 1272}{4 \cdot 72900 - (270)^2}$$

$$b = 14.131$$

$$\alpha = \frac{\sum y}{n} - \frac{b \sum x}{n}$$

$$\alpha = \frac{1272}{4} - \frac{14,131 \cdot 270}{4} = -635.84$$

Maka didapatkan persamaan regresi linear $y = 14.131 - 635.84$

$$r = \frac{n\sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{(n\sum x^2 - (\sum x)^2)(n\sum y^2 - (\sum y)^2)}}$$

$$r = \frac{4 \cdot 343440 - 270 \cdot 1272}{\sqrt{(4 \cdot 72900 - (270)^2)(4 \cdot 1617984 - (1272)^2)}}$$

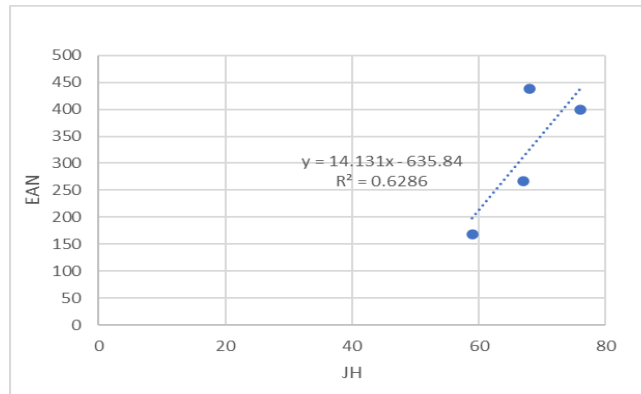
$$r = 0.87078$$

Nilai $r = 0.87078$ menunjukkan bahwa jarak pandang henti (Jh) dan Equivalent Accident Number (EAN) berkorelasi linear positif dan memiliki nilai yang cukup tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa kedua variabel yang ditinjau memiliki hubungan yang erat. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap koefisien determinasi (R).

$$R = r^2$$

$$R = 0.87078^2$$

$$R = 0.6286$$



Sumber; hasil analisis hubungan, 2025

Gambar 5. Grafik Hubungan EAN dan Jarak Pandang Henti (Jh)

Dari Gambar 4.4 di atas didapat nilai koefisien determinasi (R^2) didapatkan 0,6286 menunjukkan bahwa sebesar 62.86% Equivalent Accident Number (EAN) dapat dijelaskan oleh jarak pandang tikungan melalui hubungan linear $y = 14.131x - 635.84$ dan sisanya 37,14% dijelaskan oleh hal-hal lain.

KESIMPULAN

Ruas Jalan Nasional Borong- Bealaing Kabupaten Manggarai Timur dengan tingkat kecelakaan yang melebihi nilai EAN kritis yaitu pada tahun 2021, 2023 dan 2024, dengan nilai EAN lebih dari 294,723 ($EAN > EAN_r$), dan terdapat empat titik zona rawan kecelakaan di ruas jalan nasional Borong-Bealaing. Terdapat hubungan antara geometrik jalan terhadap tingkat kecelakaan lalu lintas. Dilihat dari analisa jarak pandang henti terhadap EAN diperoleh nilai $R^2 = 0.6286$ yang artinya jarak pandang henti memiliki pengaruh yang cukup erat terhadap kecelakaan lalu lintas yang terjadi. Maka Perlu dilakukan evaluasi dan perbaikan geometrik jalan nasional Borong-Bealaing, terutama pada jarak pandang di 4 titik zona rawan kecelakaan, untuk mengurangi risiko kecelakaan lalu lintas.

DAFTAR PUSTAKA

- Anisarida, A. A., & Santosa, W. (2021). Pengaruh geometrik jalan substandar terhadap potensi terjadinya kecelakaan lalu lintas di jalan nasional. *Jurnal Transportasi*, 21(3), 219–228. <https://doi.org/https://doi.org/10.26593/jtrans.v21i3.5451.219%E2%80%93228>
- Ellytrina, D. F. N., & Zhafirah, A. (2022). Analisis pengaruh geometrik jalan terhadap kecelakaan lalu lintas) 1). *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, 11(2), 121–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.35139/cantilever.v11i2.156>
- Fitriani, N., Musyaffa, N. H., S, A. S. F. P., Dewi, V. C., Ananda, M. F., Masyhuri, M. A., & Adifriarti, S. C. (2025). Pengaruh Kondisi Infrastruktur Lingkungan Jalan Terhadap Keselamatan Lalu Lintas Angkutan Jalan : Systematic Review. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 30(2), 150–160. <https://doi.org/https://doi.org/10.36728/jtsa.v30i2.5192>
- Hasanuddin, Akhmad, and Willy Kriswardhana. *Analisis Hubungan Geometrik Jalan Terhadap Keselamatan Jalan Bypass Mojokerto Km Sby 51-63*. Paduraksa: Jurnal Teknik Sipil Universitas Warmadewa 10.2 (2021): 253-265
- Imanuddin Sukri (2021). *Kajian Pengaruh Geometric Jalan Dalam Mendukung Keselamatan Pengguna Pada Ruas Jalan Simpang Beringi-Maredan- Simpang Tualang Timur STA 03+550- STA 05+050*. TESIS
- Imelda Suryanti. (2025). *Perencanaan Geometrik Jalan Menggunakan Aplikasi Civil 3d Pada Ruas Jalan Rangko – Terang (Sta 12 + 00 S/D 22 + 00), Kecamatan Boleng, Kabupaten Manggarai Barat*. Skripsi Teknik Sipil Universitas Flores .
- Khoirunisa, S. (2025). Analisis Geometri Jalan dan Tingkat Keselamatan Jalan dengan Metode Traffic Conflict Technique Dynamics. *Jurnal Pembelajaran Dan Riset Pendidikan*, 5(April),

- 37–49. <https://doi.org/https://doi.org/10.28926/jprp.v5i2.2125>
- Marga, B. (1997). Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota. Dirjen DPU Bina Marga, 129.
- Muto'in, N. F., & Utami, A. (2022). *Analisis tingkat kecelakaan lalu lintas menggunakan metode Accident Rate dan Equivalent Accident Number (EAN) di kota Magelang*. Jurnal Rekayasa Sipil, 18(1), 60-67.
- No, P. P. (37). Tahun 2017 tentang Keselamatan Lalu Lintas dan Angkutan Jalan.
- Nasikin, A. R., Widodo, T., & Atmajayani, R. D. (2025). Analisis Pengaruh Geometrik Jalan dan Derajat Kejenuhan terhadap Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas di Ruas Jalan Raya Gaprang Kecamatan Kanigoro Kabupaten Blitar. *JSNu : Journal of Science Nusantara*, 5(2), 152–160. <https://doi.org/https://doi.org/10.28926/jsnu.v5i4.2100>
- Oktopianto, Y., Marwanto, R. P., & Rukman, R. (2023). Pemodelan Kondisi Geometrik Jalan Terhadap Potensi Kecelakaan Lalu Lintas. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 7(3), 352–362. <https://doi.org/https://doi.org/10.35334/be.v7i3.4671>
- Selen, K., Pandulu, G. D., & Rahma, P. D. (2023). Pengaruh Geometrik Jalan Terhadap Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan Dan Infrastruktur*, 6, D19.1-D19.11. <https://pro.unitri.ac.id/index.php/sentikuin/article/view/339/258>
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan jalan,