

Evaluasi Geometrik Tikungan di Jalan Medan – Banda Aceh pada STA 81+000 - STA 82+000 dengan Menggunakan Pedoman Desain Geometrik Jalan Tahun 2021

Abda Syakura Taqwadin¹, Renni Anggraini^{2*}, Luthfi Chaliqi Taufiq³

¹Mahasiswa, Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Jalan Syech Abdurrauf No. 7 Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

^{2*,3}Dosen, Jurusan Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala, Jalan Syech Abdurrauf No. 7 Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia.

¹abda@mhs.unsyiah.ac.id, ²renni.anggraini@usk.ac.id^{*}, ³lcctrans.usk@gmail.com

*Corresponding author

ABSTRACT

Based on traffic accident data in Pidie Regency throughout 2022, there are 230 traffic accident cases. In these cases there were several victims with details of 67 victims who died, 2 victims were seriously injured, and 550 victims were slightly injured. Traffic accidents in Pidie Regency throughout 2022 have increased compared to 2021, where during 2021 there were 212 cases recorded with details of 60 victims who died, 17 victims were seriously injured, and 373 victims were slightly injured. The geometry of the road is one of the factors that lead to traffic accidents, in particular at the curves section. This study aims to evaluate the existing condition of horizontal curves on two subsequent curves, as well as to re-design it. The study was being conducted in Aceh Province at Sta 81+000 and Sta 82+000 on the Medan-Banda Aceh national road. Data collection is carried out using a total station to obtain the coordinates of points on the existing road to their local coordinates. The geometric design refers to the Guideline Number 13/P/BM/2021, commonly known as Road Geometric Design Guidelines year 2021 (PDGJ 2021). The AutoCad Civil 3D program is used to analyse and evaluate the data. The results showed that the existing horizontal curve for the two curves exceeds the minimum requirement (28 meters) using a design speed of 30 km/hour. However, both curves cannot provide the appropriate size of the existing transition curve to the existing horizontal curve of each bend. The existing road superelevation is also not following the PDGJ 2021 because there are several sections of the road exceeding the maximum superelevation. The road's long section's slope, 6.4%, is in compliance with PDGJ 2021, however the critical slope's length exceeds the maximum set limitation. Curves 1 and 2 from the current design were merged to form a single curve in the redesign. According to the results of the redesign, the horizontal curve at curve 1 is 60 meters, at curve 2 it is 30 meters, at curve 1 it is 30 meters, at curve 2 it is 38 meters, at curve 1 it is 6.3%, at curve 2 it is 8%, and at curve 3 it is 6%, with a critical slope length of 360 meters and a road length of 353.01 meters.

Keywords: Geometric curves, Guidelines for Road Geometric Design 2021, Redesign, Total Station, AutoCad Civil 3D.

ABSTRAK

Berdasarkan data kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pidie sepanjang tahun 2022, terdapat 230 kasus kecelakaan lalu lintas. Pada kasus-kasus tersebut terdapat beberapa korban dengan rincian 67 korban meninggal dunia, 2 korban luka berat, dan 550 korban luka ringan. Kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Pidie sepanjang tahun 2022 mengalami peningkatan dibandingkan dengan tahun 2021, dimana sepanjang tahun 2021 tercatat sebanyak 212 kasus dengan rincian korban sebanyak 60 korban meninggal dunia, 17 korban luka berat, dan 373 korban luka ringan. Salah satu faktor penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas adalah faktor geometrik jalan, terutama pada tikungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kondisi eksisting lengkung horizontal pada dua lengkung yang berdekatan, serta melakukan perencanaan ulang (redesain). Lokasi penelitian yaitu pada Sta 81+000 - Sta 82+000 di jalan nasional Medan-Banda Aceh, Provinsi Aceh. Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat total station untuk mendapatkan koordinat titik-titik pada jalan eksisting terhadap koordinat lokalnya. Perancangan tikungan merujuk pada Pedoman Nomor 13/P/BM/2021 atau disebut juga Pedoman Desain Geometrik Jalan (PDGJ) tahun 2021. Data diolah dan dianalisis menggunakan aplikasi AutoCad Civil 3D untuk mendapatkan kondisi eksisting tikungan dan kondisi redesain tikungan. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa lengkung horizontal eksisting untuk kedua tikungan melebihi ketentuan minimum (28 meter) dengan menggunakan kecepatan rencana 30 km/jam. Namun, kedua tikungan tersebut tidak dapat menyediakan besaran lengkung peralihan eksisting yang sesuai terhadap lengkung horizontal eksisting masing-masing tikungannya. Superelevasi jalan eksisting juga tidak sesuai dengan PDGJ 2021 karena terdapat beberapa bagian jalan yang memiliki superelevasi melebihi superelevasi maksimum. Kelandaian memanjang jalan sudah sesuai dengan PDGJ 2021 yaitu sebesar 6,4 %, namun panjang kelandaian kritisnya melebihi batasan maksimal yang diatur. Pada perencanaan ulang, tikungan 1 dan 2 eksisting digabungkan sehingga menciptakan tikungan tunggal. Dari hasil perencanaan ulang yang dilakukan diperoleh lengkung horizontal pada tikungan 1 adalah 60 meter dan pada tikungan 2 adalah 30 meter; lengkung peralihan pada tikungan 1 adalah 30 meter dan pada tikungan 2 adalah 38 meter; superelevasi desain pada tikungan 1 adalah 6,3 % dan pada tikungan

2 adalah 8 %, dan untuk kelandaian memanjang jalan adalah 6 % dengan panjang kelandaian kritis sebesar 360 meter dan panjang jalan adalah 353,01 meter. Diharapkan dengan dilakukan redesain pada kedua tikungan tersebut dapat mengurangi potensi terjadinya kecelakaan

Kata Kunci: Geometrik tikungan, Pedoman Desain Geometrik Jalan tahun 2021, redesain, Total Station, AutoCad Civil 3D.

1. Pendahuluan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah, Dalam lingkup perencanaan geometrik tidak termasuk perencanaan tebal perkerasan jalan, walaupun dimensi dari perkerasan merupakan bagian dari perencanaan jalan seutuhnya. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah untuk menyediakan infra struktur yang aman, dengan memperhitungkan efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan (Sukirman, 1999).

Pada saat ini terdapat pedoman baru untuk perencanaan geometrik jalan yang diterbitkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga, yaitu Surat Ederan Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021) yang diterbitkan pada 27 Oktober 2021. Dengan diterbitkannya Surat Ederan ini, Surat Ederan Direktur Jenderal Bina Marga tentang Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan tahun 1992, Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antarkota No.38/TBM/1997, Geometri Jalan Perkotaan RSNI T-14-2004, Standar Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol No.007/BM/2009, dan Perencanaan Perlintasan Jalan dengan Jalur Kereta Api Pd. No.008/PW/2004 dicabut dan dinyatakan tidak berlaku (Surat Ederan Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021)).

Penelitian ini dilakukan di tikungan STA 81+000 hingga STA 82+000 yang bertujuan untuk mengetahui kondisi geometrik di tikungan tersebut apakah sudah sesuai atau perlu dilakukannya redesign berdasarkan Surat Ederan Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 20/SE/Db/2021 tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021).

Manfaat penelitian ini sendiri adalah mendapatkan informasi kondisi eksisting lengkung horizontal agar dapat dibandingkan dengan ketentuan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021

dan juga menyediakan rancangan baru sesuai dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 apabila ditemukannya kondisi lengkung horizontal eksisting yang tidak sesuai dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021.

Ery Erdiyanto (2021) dalam skripsinya yang berjudul Analisis Geometrik Jalan Bulusema Kabupaten Aceh Singkil mendapatkan kesimpulan bahwasanya tikungan Bulusema belum memenuhi syarat seperti yang ditentukan oleh Pedoman Modul 3 Bina Marga 2017 dengan kecepatan rencana $V_r = 40$ km/jam dimana jari-jari tikungan kecil $R_{min} = 50$ meter untuk daerah tikungan masih dibutuhkan pelebaran badan jalan (B) = 1,91 meter agar ruang jalan menyiapkan kendaraan melewati tikungan secara bersamaan.

2. Metodologi Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada ruas jalan Medan - Banda Aceh di Kabupaten Pidie. Pada penelitian ini diambil objek penelitian sebanyak 3 tikungan yang berada di antara STA 81+000 hingga STA 82+000. Penelitian ini dilakukan pada pukul 09.00-18.00.

2.2 Jenis dan Sumber Data

2.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan atau diperoleh langsung dari hasil pengamatan, perhitungan, dan pencatatan terhadap objek penelitian pada lokasi penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan survei pemetaan dengan alat Total Station untuk mendapatkan kondisi eksisting alinemen horizontal dan alinemen vertikal jalan.

2.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah data pendukung yang didapatkan atau diperoleh dari sumber-sumber lain yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta lokasi penelitian yang diperoleh dari Google Earth Pro dan peta topografi lokasi penelitian.

2.3 Metode Survei dan Pengolahan Data Primer

2.3.1 Metode Survei

Survei pemetaan dilakukan untuk memperoleh data alinemen horizontal, superelevasi, dan alinemen vertikal. Survei pemetaan dilakukan oleh dua orang surveyor dengan menggunakan alat ukur *Total Station* dan peralatan pendukungnya, dimana surveyor pertama bertugas mengoperasikan alat ukur dan surveyor kedua bertugas memegang prisma ukur yang akan diletakkan pada titik-titik pengamatan, pengukuran dilakukan secara *long-section* dan *cross-section*, dimana pengukuran *long-section* dilakukan memanjang sumbu jalan atau mengikuti alur jalan dan pengukuran *cross-section* dilakukan melintang sumbu jalan atau memotong jalan.

Alat *Total Station* diletakkan pada titik yang dapat menjangkau semua titik bidikan yang akan ditempatkan prisma, selanjutnya apabila memang diperlukan pemindahan alat, pengaturan *stasioning* dapat dilakukan dengan sistem terikat, dimana *stasioning* titik letak alat baru ditentukan berdasarkan nilai *Easting*, *Northing*, dan *Elevation* hasil bidikan titik tersebut yang dilakukan sebelum alat dipindahkan ke titik tersebut. Prisma ditempatkan secara *cross-section* (memotong atau melintang sumbu jalan) dan *long-section* (memanjang sumbu jalan), dengan ketentuan 5 titik tinjauan pada setiap bidikan *cross-section* dengan jarak setiap 5 m memanjang jalan.

2.3.2 Pengolahan Data Primer

Dari survei pemetaan yang dilakukan akan didapatkan *raw data* yang terdiri dari *Name*, *Easting*, *Northing*, *Elevation*, dan *Description*. *Raw data* kemudian diolah menggunakan aplikasi *AutoCad Civil 3D* sehingga mendapatkan kondisi alinemen horizontal, alinemen vertikal, dan superelevasi. Pengolahan data yang dilakukan secara umum dapat diurutkan sebagai berikut.

1. *Raw data* yang tersimpan di dalam memori *Total Station* disalin kedalam perangkat *flashdisk* yang kemudian dimasukkan ke dalam perangkat komputer. *Raw data* tersebut kemudian akan dimasukkan kedalam aplikasi *AutoCad Civil 3D* melalui tab *create point*.
2. *Raw data* yang didapatkan memiliki format *Name*, *Easting*, *Northing*, *Elevation*, *Description* sedangkan format yang disediakan di dalam aplikasi *AutoCad* adalah *Point Number*, *Easting*, *Northing*, *Elevation*, *Description*, sehingga perlu dilakukan penyesuaian format *raw data* di pengaturan agar aplikasi *AutoCad* dapat membaca *raw data* yang ada.
3. *Raw data* yang telah dimasukkan akan

membentuk titik-titik yang menggambarkan titik-titik tempat diletakkannya prisma. Setiap titik mengandung informasi berupa *Name*, *Easting*, *Northing*, *Elevation*, *Description*.

4. Titik-titik yang ada terbagi menjadi 5 kelompok yang terdiri dari titik ujung perkerasan kiri, titik ujung badan jalan kiri, titik tengah jalan, titik ujung badan jalan kanan, dan titik ujung perkerasan kanan. Titik-titik dari setiap kelompok kemudian disambungkan menggunakan *command PLINE (polyline)* sehingga didapatkan bentuk trase eksisting jalan yang terdiri dari garis ujung perkerasan kiri, garis ujung badan jalan kiri, garis tengah jalan, garis ujung badan jalan kanan, dan garis ujung perkerasan kanan.

2.4 Alinemen Horizontal

2.4.1 Metode Analisis Alinemen Horizontal Eksisting

Alinemen horizontal jalan eksisting dapat diperoleh dengan menggunakan titik-titik tengah jalan pada *raw data*. Tahapan-tahapan analisis alinemen horizontal jalan eksisting adalah sebagai berikut:

1. Menggambar garis PI dengan memanjangkan bagian lurus jalan eksisting menggunakan titik-titik tengah *raw data* sebagai acuan hingga saling memotong.
2. Membuat alinemen jalan dengan membuka tab *home>alignment>alignment creation tools*, lalu atur kecepatan rencana sebesar 0 km/h dan tekan *ok*.
3. Kemudian akan muncul menu *alignment layout tools*, pilih alat *draw tangent-tangent without curve* pada menu tersebut dan gambar garis alinemen di atas garis PI yang sudah dibuat.
4. Pilih alat *add free spiral-curve-spiral* pada menu *alignment layout tools*, kemudian pilih 2 garis PI yang membentuk tikungan dan tekan *enter*, masukan nilai radius sembarang dan tekan *enter*, masukan nilai lengkung peralihan sembarang dan tekan *enter* sebanyak dua kali.
5. Pilih alat *alignment grid view* pada menu *alignment layout tools*, kemudian ubah nilai radius dan lengkung peralihan suatu tikungan dengan cara coba-coba sehingga garis alinemen berada di atas titik-titik tengah *raw data*.

2.4.2 Metode Redesign Alinemen Horizontal

Redesign alinemen horizontal memerlukan *raw data* untuk mengetahui PI jalan eksisting. Tahapan-tahapan *redesign* alinemen horizontal adalah sebagai berikut:

1. Menggambarkan garis PI dengan memanjangkan bagian lurus jalan eksisting hingga saling memotong.
2. Membuat alinemen jalan dengan membuka tab *home>alignment>alignment creation tools*, lalu atur kriteria desain yang akan digunakan dan tekan *ok*.
3. Kemudian akan muncul menu *alignment layout tools*, pilih alat *draw tangent-tangent without curve* pada menu tersebut dan gambar garis alinemen di atas garis PI yang sudah dibuat.
4. Menghitung radius tikungan dan lengkung peralihan untuk setiap tikungan menggunakan ketentuan yang tertera pada bab II. Komponen tikungan yang lain tidak perlu dilakukan perhitungan karena komponen-komponen tersebut akan dihitung oleh aplikasi *AutoCad Civil 3D* secara otomatis.
5. Radius tikungan dan lengkung peralihan setiap tikungan dimasukkan ke dalam alinemen yang telah dibuat dengan cara memilih alat *add free spiral-curve-spiral* pada menu *alignment layout tools*, kemudian pilih 2 garis PI yang membentuk tikungan dan tekan *enter*, lalu masukan nilai radius tikungan dan tekan *enter*, masukan nilai lengkung peralihan dan tekan *enter* sebanyak dua kali.

2.5 Superelevasi

2.5.1 Metode Analisis Superelevasi Eksisting

Superelevasi eksisting jalan didapatkan dari data primer yang diolah lagi sehingga didapatkan bentuk *cross-section* jalan setiap 5 meter. Tahapan untuk mendapatkan nilai dan diagram superelevasi adalah sebagai berikut:

1. Membuat garis *cross-section* pada gambar trase dari hasil pengolahan *raw data* setiap 5 meter dimulai dari titik awal penelitian.
2. Dikarenakan tidak konsistennya jarak antar garis *cross-section* dari hasil penelitian akibat tingkat ketelitian dari surveyor, maka perlu dilakukan pemindahan titik-titik *raw data* ke atas garis *cross-section* yang dibuat di dalam aplikasi *AutoCad* agar didapatkan elevasi dan jarak antar titik yang sesuai dengan garis *cross-section* yang dibuat. Nilai elevasi titik tidak perlu dilakukan koreksi untuk menemukan nilai baru karena

aplikasi *AutoCad* sudah melakukan interpolasi secara otomatis, begitu juga untuk *easting* dan *northing*.

3. Setelah didapatkan nilai elevasi dan jarak antar titik untuk setiap garis *cross-section*, maka dapat digambarkan bentuk penampang melintang jalan menggunakan kedua data diatas.
4. Nilai superelevasi didapatkan dengan persamaan,

$$\text{superelevasi} = \frac{h}{a} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$
 Dimana,
 h = beda elavasi antara titik A dan titik B
 d = jarak antara titik A dan titik B
5. Didalam diagram superelevasi hanya memuat nilai superelevasi badan jalan kiri dan badan jalan kanan saja. Diagram superelevasi didapat dengan memasukan nilai superelevasi badan jalan kiri dan kanan ke dalam aplikasi *AutoCad* dengan garis 0 % sebagai acuannya dan dengan jarak setiap 5 unit. Setelah didapatkan titik-titik nilai superelevasi badan jalan kiri dan kanan, titik-titik nilai superelevasi badan jalan kiri/kanan disambungkan menggunakan *command PLINE (polyline)* sehingga didapatkan diagram superelevasi eksisting jalan.

2.5.2 Metode Redesign Superelevasi

Redesign superelevasi dilakukan dengan melanjutkan *redesign* alinemen horizontal yang telah dilakukan pada aplikasi *AutoCad Civil 3D*.

1. Tekan garis alinemen horizontal yang telah dibuat, lalu buka tab *superelevation > calculate/edit superelevation > calculate superelevation now*. Pilih tipe jalan yang digunakan pada tab *roadway type* dan atur lebar jalan yang digunakan pada tab *lanes*, lalu tekan *finish*.
2. Pada menu yang selanjutnya terbuka dapat dilakukan pengecekan panjang lengkung peralihan, superelevasi normal, dan superelevasi maksimum. Pada menu tersebut juga dapat dilakukan perbaikan apabila ada komponen yang tidak sesuai dengan rencana.
3. Untuk menampilkan diagram superelevasi dapat dilakukan dengan cara menekan garis alinemen horizontal dan membuka tab *superelevation>create superelevation view*, lalu menekan bagian sembarang pada kertas gambar.

2.6 Alinemen Vertikal

3.4.1 Metode Analisis Alinemen Vertikal Eksisting

Alinemen vertikal yang diteliti adalah kelandaian memanjang jalan. Kelandaian memanjang jalan dapat diketahui dengan membuat penampang memanjang jalan. Tahapan untuk mendapatkan kelandaian jalan adalah sebagai berikut:

1. Data yang dipakai untuk mendapatkan penampang melintang jalan adalah nilai elevasi pada titik tengah jalan dan jarak antara titik-titik tengah jalan (5 meter).
2. Nilai elevasi titik-titik tengah jalan dimasukkan ke dalam aplikasi *AutoCad* dengan acuan sebuah garis bantu yang dianggap memiliki nilai elevasi 0 meter dengan jarak 5 meter memanjang antara titik-titik tengah jalan.
3. Kemudian titik-titik nilai elevasi tengah jalan disambungkan menggunakan *command PLINE (polyline)* sehingga didapatkan bentuk penampang memanjang jalan.
4. Nilai kelandaian memanjang jalan antara 2 titik didapatkan dengan persamaan,

$$\text{Kelandaian Memanjang} = \frac{h}{d} \times 100 \dots (2)$$
 Dimana,
 h = beda elavasi antara titik A dan titik B
 d = jarak antara titik A dan titik B (5 meter)

3.4.2 Metode Redesign Alinemen Vertikal

Data yang diperlukan untuk *redesign* kelandaian memanjang jalan adalah nilai elevasi titik awal dan titik akhir ruas jalan baru, dan juga panjang ruas jalan baru. Tahapan-tahapan *redesign* kelandaian memanjang jalan adalah sebagai berikut:

1. Nilai elevasi titik awal dan titik akhir ruas jalan baru digambarkan di dalam aplikasi *AutoCad Civil 3D* dengan sebuah garis bantu yang dianggap memiliki nilai elevasi 0, jarak antara kedua titik adalah panjang ruas jalan baru.
2. Penampang memanjang jalan yang baru dapat digambarkan dengan menghubungkan titik awal dan titik akhir ruas jalan baru dengan *command PLINE (polyline)*.
3. Nilai kelandaian memanjang jalan antara titik awal dan titik akhir ruas jalan baru didapatkan dengan persamaan,

$$\text{Kelandaian Memanjang} = \frac{h}{d} \times 100 \dots (3)$$
 Dimana,
 h = beda elavasi titik awal dan titik akhir

d = jarak antara titik awal dan titik akhir

2.7 Kriteria Redesign Geometrik Jalan

Dalam pelaksanaan *redesign* geometrik jalan pada penelitian ini akan digunakan kriteria perencanaan sebagai berikut:

1. Kecepatan desain (VD) yang digunakan adalah 30 Km/Jam.
2. Lebar badan jalan yang digunakan adalah 3,5 meter dan lebar bahu jalan 1,5 meter.
3. Tipe jalan yang digunakan adalah 2/2-TT.

3. Hasil dan Pembahasan

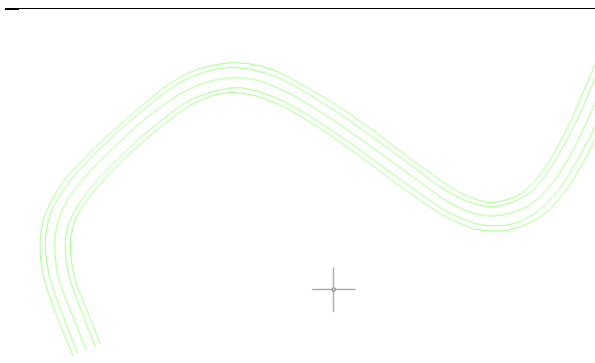
3.1 Pengolahan Data Primer

Data yang didapatkan dari alat *Total Station* akan berformat *Name, Easting, Northing, Elevation, Description* seperti pada tabel di bawah.

Tabel 1 Raw Data

NAME	NORTHING	EASTING	ELEVATION	DESCRIPTION
A	1000	1000	50	ALAT
BS.1	1080.725	999.999	55.209	ALAT
1	1068.516	992.367	54.836	P.JALAN
2	1069.322	994.466	54.927	B.JALAN
3	1069.896	996.061	54.891	X
4	1070.609	997.974	54.85	CL.JALAN
5	1071.433	999.741	54.804	X
6	1071.911	1001.303	54.705	B.JALAN
7	1072.73	1003.133	54.618	P.JALAN
8	1054.144	1010.834	53.48	X
9	1053.251	1008.722	53.457	B.JALAN
10	1052.734	1007.206	53.435	X

Raw data yang dimasukkan ke dalam aplikasi *AutoCad* kemudian akan menghasilkan titik-titik yang menggambarkan titik-titik peletakan prisma. Titik-titik di atas dikelompokkan menjadi kelompok titik ujung perkerasan jalan kiri, titik ujung badan jalan kiri, titik tengah jalan, titik ujung badan jalan kanan, dan titik ujung perkerasan jalan kanan. Titik-titik tersebut kemudian disambungkan sesuai dengan kelompoknya masing-masing menggunakan *command PLINE (polyline)* sehingga didapatkan bentuk trase jalan eksisting.



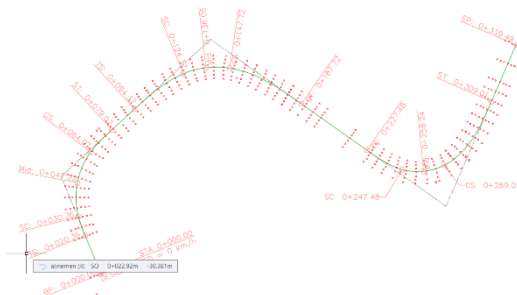
Gambar 1 Trase Jalan Eksisting

3.2 Alinemen Horizontal

3.2.1 Analisis Alinemen Horizontal Eksisting

Raw data yang dimasukkan kedalam aplikasi *AutoCad Civil 3D* akan membentuk titik-titik yang mewakili titik peletakan prisma. Analisis geometrik tikungan menggunakan titik-titik tengah jalan sebagai data utama untuk mengetahui garis PI jalan eksisting. Garis PI diperoleh dari memanjangkan bagian lurus jalan hingga saling berpotongan satu sama lain dan kemudian garis alinemen digambarkan di atas garis PI.

Selanjutnya, komponen tikungan didapatkan dengan membuat tikungan secara sembarang menggunakan alat *add free spiral-curve-spiral*. Lalu menggunakan alat *alignment grid view* pada menu *alignment layout tools*, komponen tikungan seperti radius lengkung horizontal dan lengkung peralihan disesuaikan hingga garis alinemen berada di atas titik tengah jalan eksisting.



Gambar 2 Alinemen Horizontal Jalan Eksisting

Dari analisis alinemen horizontal jalan eksisting, diperoleh hal-hal sebagai berikut:

1. Diperoleh nilai dari radius tikungan, panjang lengkung peralihan dan panjang lengkung horizontal yang tertera pada tabel di bawah ini.

Tabel 2 Komponen Tikungan Eksisting

Lokasi	Komponen Tikungan	Kondisi Eksisting
Tikungan 1	R	38 m
	Ls masuk	10 m

	Ls keluar	15 m
Tikungan 2	R	43 m
	Ls masuk	30 m
	Ls keluar	40 m
Tikungan 3	R	29 m
	Ls masuk	20 m
	Ls keluar	40 m

2. Pada tikungan 1 untuk $R=38$ m, Ls yang sesuai berdasarkan perhitungan adalah 35 m sehingga kedua Ls yang tersedia dilapangan tidak sesuai dengan ketentuan yang ada.
3. Pada tikungan 2 untuk $R=43$ m, Ls yang sesuai berdasarkan perhitungan adalah 33 m sehingga Ls masuk yang tersedia dilapangan tidak sesuai dengan ketentuan yang ada.
4. Pada tikungan 1 untuk $R=29$ m, Ls yang sesuai berdasarkan perhitungan adalah 37.33 m sehingga Ls masuk yang tersedia dilapangan tidak sesuai dengan ketentuan yang ada.
5. Jarak antara tikungan 1 dan tikungan 2 adalah 15,299 m sehingga panjangnya tidak mencukupi untuk menyediakan besaran superelevasi di sepanjang bentangannya.
6. Jarak antara tikungan 2 dan tikungan 3 adalah 39,751 m sehingga panjangnya cukup untuk menyediakan besaran superelevasi di sepanjang bentangannya.

3.2.2 Redesign Alinemen Horizontal

Redesign perlu dilakukan karena didapatinya ketidaksesuaian kondisi alinemen horizontal eksisting terhadap Pedoman Nomor 13/P/BM/2021 pada analisis alinemen horizontal jalan eksisting. *Redesign* dilakukan menggunakan kecepatan rencana 30 km/jam dan mengacu kepada Pedoman Nomor 13/P/BM/2021.

Tikungan 1 dan tikungan 2 digabungkan sehingga membentuk tikungan tunggal agar dapat menyediakan besaran superelevasi yang sesuai di sepanjang tikungan.

Nilai komponen-komponen yang dibutuhkan untuk dimasukkan ke dalam aplikasi *AutoCad Civil 3D* adalah radius tikungan, lengkung peralihan, dan *runout* superelevasi. Perhitungan komponen-komponen tersebut dilakukan secara manual menggunakan perhitungan yang tertera pada Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. Berikut perhitungan-perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan komponen-komponen tikungan 1:

- Radius Tikungan

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e + f)}$$

$$R_{min} = \frac{30^2}{127(8 + 0.17)}$$

$$R_{min} = 28,346 \text{ m}$$

➤ Lengkung Peralihan

$$R_{design} = 60 \text{ m}$$

$$ed = 6,3 \%$$

$$Ls_{tabel} = 30 \text{ m}$$

$$Ls = \frac{wn_1 ed}{\Delta} (bw)$$

$$Ls = \frac{3,5 \times 1 \times 6,3}{0,75} (1)$$

$$Ls = 29,4 \text{ m}$$

$$Ls_{min} = \sqrt[2]{24(P_{min})R}$$

$$Ls_{min} = \sqrt[2]{24(0,2)60}$$

$$Ls_{min} = 16,971 \text{ m}$$

$$Ls_{design} = 30 \text{ m}$$

➤ Runout Superelevasi

$$e_n = 2 \%$$

$$Ltr = \frac{e_n}{ed} Ls_{design}$$

$$Ltr = \frac{2}{6,3} \times 30$$

$$Ltr = 9,524 \text{ m}$$

➤ Desain Tikungan

$$p = \frac{Ls_{design}^2}{24R_{design}}$$

$$p = \frac{30^2}{24 \times 60}$$

$$p = 0,625 \text{ m}$$

Dikarenakan $p \geq 0,25 \text{ m}$, maka tikungan ini memerlukan lengkung peralihan dan akan menggunakan desain tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS).

Berikut perhitungan-perhitungan yang dilakukan untuk mendapatkan komponen-komponen tikungan 2:

➤ Radius Tikungan

$$R_{min} = \frac{v^2}{127(e + f)}$$

$$R_{min} = \frac{30^2}{127(8 + 0.17)}$$

$$R_{min} = 28,346 \text{ m}$$

➤ Lengkung Peralihan

$$R_{design} = 30 \text{ m}$$

$$ed = 8 \%$$

$$Ls_{tabel} = - \text{ m}$$

$$Ls = \frac{wn_1 ed}{\Delta} (bw)$$

$$Ls = \frac{3,5 \times 1 \times 8}{0,75} (1)$$

$$Ls = 37,33 \text{ m}$$

$$Ls_{min} = \sqrt[2]{24(P_{min})R}$$

$$Ls_{min} = \sqrt[2]{24(0,2)30}$$

$$Ls_{min} = 12 \text{ m}$$

$$Ls_{design} = 38 \text{ m}$$

➤ Runout Superelevasi

$$e_n = 2 \%$$

$$Ltr = \frac{e_n}{ed} Ls_{design}$$

$$Ltr = \frac{2}{8} \times 38$$

$$Ltr = 9,5 \text{ m}$$

➤ Desain Tikungan

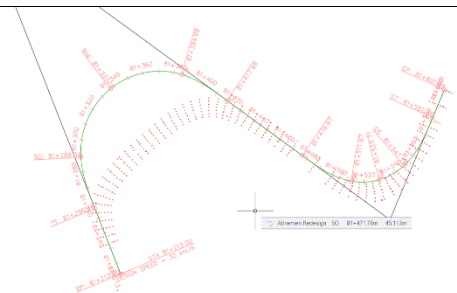
$$p = \frac{Ls_{design}^2}{24R_{design}}$$

$$p = \frac{38^2}{24 \times 30}$$

$$p = 2,006 \text{ m}$$

Dikarenakan $p \geq 0,25 \text{ m}$, maka tikungan ini memerlukan lengkung peralihan dan akan menggunakan desain tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS).

Setelah komponen-komponen untuk kedua tikungan didapatkan melalui perhitungan, nilai komponen-komponen tersebut dimasukkan ke dalam aplikasi *AutoCad Civil 3D* menggunakan alat *add free spiral-curve-spiral* sehingga dapat digambarkan alinemen horizontal *redesign*. Alinemen horizontal *redesign* dapat dilihat pada gambar di bawah.

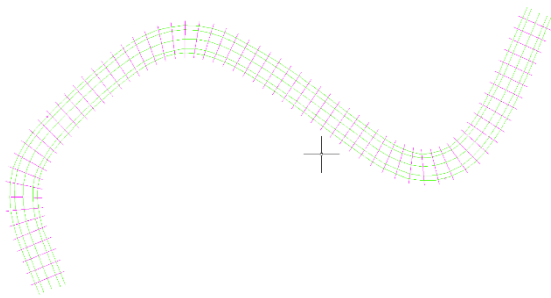


Gambar 3 Alinemen Horizontal Redesign

3.3 Superelevasi

3.3.1 Analisis Superlevasi Eksisting

Hasil dari penggambaran garis *cross-section* pada trase jalan eksisting dan penyesuaian posisi titik-titik *raw data* dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 4 Garis Cross-section Pada Trase Jalan Eksisting

Hasil yang diharapkan dari analisis ini adalah diagram superelevasi jalan eksisting. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam analisis ini adalah nilai elevasi titik ujung badan jalan kiri, nilai elevasi titik tengah jalan, nilai elevasi titik ujung badan jalan kanan, jarak antara titik ujung badan jalan kiri dan titik tengah jalan, dan juga jarak antara titik tengah jalan dan titik ujung badan jalan kanan. Nilai dari hal-hal di atas kemudian dimasukkan ke dalam aplikasi pengolahan data untuk dihitung superelevasinya. Contoh perhitungan untuk mendapatkan superelevasi dapat dilihat di bawah.

$$\text{superelevasi} = \frac{\Delta h}{d} \times 100$$

$$\text{superelevasi} = \frac{54,49 - 54,48}{3,775} \times 100$$

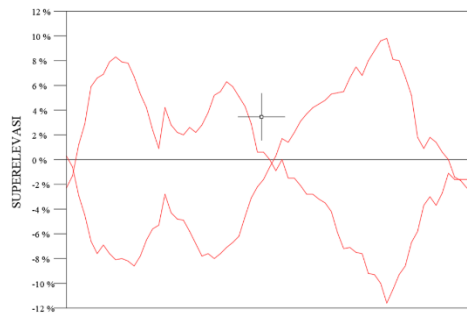
$$\text{superelevasi} = 0,3 \%$$

Tabel 3 Nilai Superelevasi Eksisting

STA	KEMIRINGAN BJL-CL	KEMIRINGAN CL-BJR
81+213	0.3	-2.3
81+218	-1.3	-0.6
81+223	-2.9	1.2
81+228	-4.5	2.9
81+233	-6.6	5.9
81+238	-7.6	6.6
81+243	-6.9	6.9
81+248	-7.6	7.9
81+253	-8.1	8.3
81+258	-8.0	7.9
81+263	-8.2	7.8
81+268	-8.6	6.7
81+273	-7.8	5.3
81+278	-6.5	4.2
81+283	-5.6	2.4
81+288	-5.3	0.9
81+293	-2.8	4.2
81+298	-4.3	2.8

81+303	-4.8	2.2
81+308	-4.9	2.0
81+313	-5.8	2.6
81+318	-6.8	2.2
81+323	-7.8	2.8
81+328	-7.6	3.8
81+333	-8.0	5.2
81+338	-7.6	5.5
81+343	-7.1	6.3
81+348	-6.7	5.9
81+353	-6.2	5.1
81+358	-4.6	4.3
81+363	-3.1	2.9
81+368	-2.2	0.6
81+373	-1.6	0.6
81+378	-0.6	0.0
81+383	0.3	-0.9
81+388	1.7	0.0
81+393	1.4	-1.5
81+398	2.2	-1.5
81+403	3.1	-2.1
81+408	3.7	-2.8
81+413	4.2	-2.8
81+418	4.5	-3.2
81+423	4.8	-3.5
81+428	5.3	-4.2
81+433	5.4	-5.9
81+438	5.5	-7.2
81+443	6.6	-7.1
81+448	7.5	-7.5
81+453	6.8	-7.6
81+458	8.0	-9.2
81+463	8.8	-9.3
81+468	9.6	-10.0
81+473	9.8	-11.6
81+478	8.1	-10.5
81+483	8.0	-9.3
81+488	6.7	-8.6
81+493	5.2	-6.7
81+498	1.8	-5.8
81+503	0.9	-3.7
81+508	1.8	-3.0
81+513	1.4	-3.7
81+518	0.6	-2.7
81+523	0.0	-1.1
81+528	-1.4	-1.6
81+533	-1.7	-1.6
81+538	-2.3	-1.6
81+543	-2.0	-1.6

Dari nilai-nilai superelevasi di atas dapat digambarkan diagram superelevasi eksisting seperti pada gambar di samping.



Gambar 5 Diagram Superelevasi Eksisting

Menurut Permen PU Nomor 19/PRT/M/2011, dalam Pedoman Nomor 13/P/BM/2021, Superelevasi maksimum yang diterapkan adalah 8% untuk jalan antarkota, jalan perkotaan, dan jalan bebas hambatan.

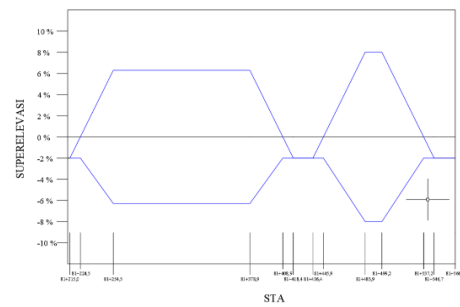
Dari hasil perhitungan didapatkan beberapa titik yang nilai superelevasinya melebihi 8%, sehingga diperlukan perencanaan desain ulang agar ketentuan dari Pedoman Nomor 13/P/BM/2021 dapat tercapai.

3.3.2 Redesign Superlevasi

Redesign superelevasi dilakukan karena superelevasi pada jalan eksisting tidak tersedia secara teratur sepanjang tikungan dan terdapat beberapa titik dimana superelevasi melebihi batasan maksimum yang ditetapkan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. *Redesign* superelevasi juga dilakukan karena terjadinya perubahan desain alinemen horizontal yang dilakukan sebelumnya yang mengubah desain tikungan dan panjang jalan secara keseluruhan.

Redesign superelevasi dapat dilakukan secara otomatis oleh aplikasi *AutoCad Civil 3D* menggunakan data-data yang telah dimasukkan sebelumnya saat melakukan *redesign* alinemen horizontal. Pengecekan nilai lengkung peralihan dan *runout* superelevasi perlu dilakukan untuk memastikan nilai komponen-komponen tersebut sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, hal ini dapat dilakukan dengan membuka alat *view tabular editor* pada menu *superelevation*.

Diagram superelevasi dapat digambarkan menggunakan alat *create superelevation view* pada menu *superelevation*. Diagram superelevasi dapat dilihat pada gambar



Gambar 6 Diagram Superelevasi Redesign

Pada *Redesign* superelevasi ini digunakan superelevasi desain (e_d) untuk tikungan 1 sebesar 6,3% dan untuk tikungan 2 sebesar 8%.

3.4 Alinemen Vertikal

3.4.1 Analisis Alinemen Vertikal

Dari data nilai elevasi titik tengah jalan dan jarak antara titik-titiknya (5 meter), dapat dihitung kelandaian memanjang jalan untuk setiap 5 meter dengan menggunakan aplikasi pengolahan data. Contoh perhitungan kelandaian memanjang jalan eksisting dapat dilihat di bawah.

$$\text{Kelandaian memanjang} = \frac{\Delta h}{d} \times 100$$

$$\text{Kelandaian memanjang} = \frac{54,48 - 54,11}{5} \times 100$$

$$\text{Kelandaian memanjang} = -7,4 \%$$

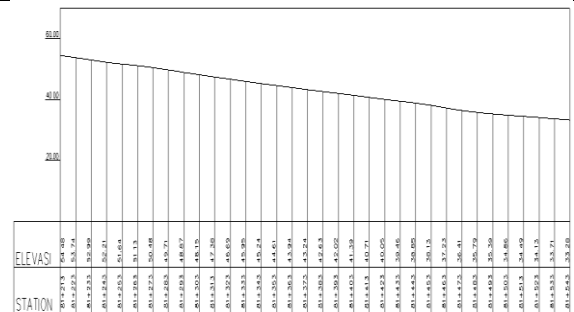
Tabel 4 Kelandaian Memanjang Jalan Eksisting

STA	ELEVASI CL	JARAK ANTAR TITIK CL	KELANDAIAN MEMANJANG JALAN
81+213	54.48	5	-
81+218	54.11	5	-7.4
81+223	53.74	5	-7.4
81+228	53.37	5	-7.4
81+233	52.99	5	-7.6
81+238	52.61	5	-7.6
81+243	52.21	5	-8
81+248	51.89	5	-6.4
81+253	51.64	5	-5
81+258	51.4	5	-4.8
81+263	51.13	5	-5.4
81+268	50.83	5	-6
81+273	50.48	5	-7
81+278	50.09	5	-7.8
81+283	49.71	5	-7.6
81+288	49.36	5	-7
81+293	48.87	5	-9.8
81+298	48.54	5	-6.6

81+303	48.15	5	-7.8
81+308	47.76	5	-7.8
81+313	47.38	5	-7.6
81+318	47.03	5	-7
81+323	46.69	5	-6.8
81+328	46.32	5	-7.4
81+333	45.95	5	-7.4
81+338	45.6	5	-7
81+343	45.24	5	-7.2
81+348	44.92	5	-6.4
81+353	44.61	5	-6.2
81+358	44.28	5	-6.6
81+363	43.94	5	-6.8
81+368	43.59	5	-7
81+373	43.24	5	-7
81+378	42.94	5	-6
81+383	42.63	5	-6.2
81+388	42.31	5	-6.4
81+393	42.02	5	-5.8
81+398	41.7	5	-6.4
81+403	41.39	5	-6.2
81+408	41.05	5	-6.8
81+413	40.71	5	-6.8
81+418	40.38	5	-6.6
81+423	40.05	5	-6.6
81+428	39.74	5	-6.2
81+433	39.46	5	-5.6
81+438	39.18	5	-5.6
81+443	38.85	5	-6.6
81+448	38.49	5	-7.2
81+453	38.13	5	-7.2
81+458	37.67	5	-9.2
81+463	37.23	5	-8.8
81+468	36.79	5	-8.8
81+473	36.41	5	-7.6
81+478	36.08	5	-6.6
81+483	35.79	5	-5.8
81+488	35.51	5	-5.6
81+493	35.29	5	-4.4
81+498	35.07	5	-4.4
81+503	34.86	5	-4.2
81+508	34.67	5	-3.8
81+513	34.49	5	-3.6
81+518	34.31	5	-3.6
81+523	34.13	5	-3.6
81+528	33.89	5	-4.8
81+533	33.71	5	-3.6

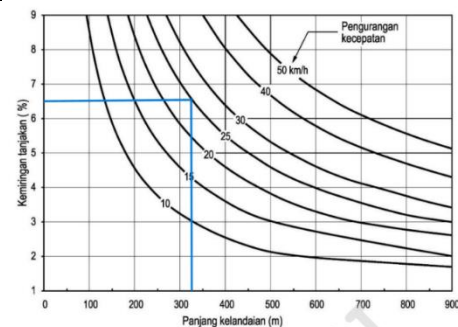
81+538	33.49	5	-4.4
81+543	33.28	5	-4.2

Nilai kelandaian memanjang yang didapatkan bervariasi dari 3,6% hingga 9,8%, dengan rata-rata sepanjang lokasi penelitian adalah 6,4%. Mengacu pada Permen PU No.19/PRT/M/2011, kelandaian memanjang maksimum jalan medan gunung adalah 10% sehingga kelandaian memanjang jalan eksisting pada lokasi penelitian sesuai dengan peraturan yang ada. Gambar profil memanjang jalan eksisting dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 7 Profil Memanjang Jalan Eksisting

Berdasarkan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021, ketentuan panjang kelandaian kritis untuk kelandaian memanjang jalan sebesar 6,4% dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 8 Panjang Kelandaian Kritis Jalan Eksisting

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa untuk kelandaian memanjang 6,4% dan pengurangan kecepatan 25 km/jam didapatkan panjang maksimum tanjakan yang disarankan adalah 330 m, panjang jalan eksisting sendiri adalah sepanjang 339,49 m yang mana melebihi panjang maksimum tanjakan yang disarankan sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang agar sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021.

3.4.2 Redesign Alinemen Vertikal

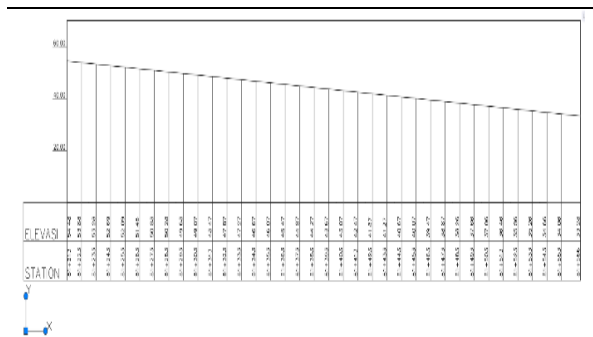
Alinemen vertikal baru didapat dengan menghubungkan antara titik elevasi tengah jalan pada titik awal dan titik akhir penelitian dengan jarak antar titik adalah panjang jalan baru setelah *redesign*. Panjang jalan setelah *redesign* adalah

353,01 m dengan nilai elevasi titik tengah jalan pada titik awal penelitian adalah 54,48 m dan nilai elevasi titik tengah jalan untuk titik akhir penelitian adalah 33,28 m. Kelandaian memanjang jalan *redesign* dapat dihitung dengan data-data yang telah disampaikan sebelumnya.

$$\text{Kelandaian memanjang} = \frac{\Delta h}{d} \times 100$$

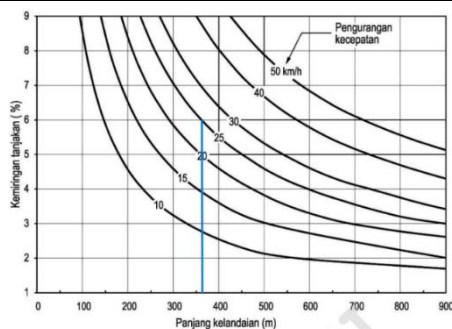
$$\text{Kelandaian memanjang} = \frac{(54,48 - 33,28)}{353,01} \times 100$$

$$\text{Kelandaian memanjang} = 6\%$$



Gambar 9 Profil Memanjang Jalan Redesign

Berdasarkan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021, ketentuan panjang kelandaian kritis untuk kelandaian memanjang jalan sebesar 6% dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10 Panjang Kelandaian Kritis Jalan Redesign

Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa untuk kelandaian memanjang 6% dan pengurangan kecepatan 25 km/jam didapatkan panjang maksimum tanjakan yang disarankan adalah 360 m, panjang jalan baru sendiri adalah sepanjang 353,01 m yang mana tidak melebihi panjang maksimum tanjakan yang disarankan sehingga sudah sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021.

4. Kesimpulan

Dari tahapan-tahapan yang dilakukan sebelumnya didapatkan kesimpulan bahwasanya pada tikungan 1 jalan eksisting didapatkan R= 38 m, Ls masuk= 10 m, dan Ls keluar= 15 m. Pada tikungan 2 jalan eksisting didapatkan R= 43 m, Ls masuk= 30 m, dan Ls keluar= 40 m. Pada tikungan

3 jalan eksisting didapatkan R= 29 m, Ls masuk= 20 m, dan Ls keluar= 40 m. Berdasarkan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021 untuk kecepatan rencana 30 km/jam, ketiga tikungan eksisting memiliki lengkung horizontal (R) yang memenuhi persyaratan. Namun untuk lengkung peralihannya (Ls), ketiga tikungan eksisting tidak dapat menyediakan lengkung peralihan (Ls) yang sesuai dengan yang ditetapkan oleh Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. Perencanaan ulang alinemen horizontal perlu dilakukan agar sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. Kemudian didapatkan, superlevasi pada jalan eksisting tidak tersedia secara optimal di sepanjang bentangan tikungan. Pada beberapa titik ditemukan nilai superelevasi yang melebihi superlevasi maksimum yang ditentukan oleh Pedoman Nomor 13/P/BM/2021 yaitu 8% sehingga perlu dilakukan perencanaan ulang sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. Perencanaan ulang superlevasi juga dilakukan karena adanya perubahan pada alinemen horizontal jalan yang secara langsung juga merubah desain superelevasi jalan. Lalu kelandaian memanjang jalan eksisting memiliki rata-rata sebesar 6,4% sehingga kelandaian memanjang jalan eksisting sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021. Namun, dikarenakan adanya perencanaan ulang alinemen horizontal jalan eksisting maka kelandaian memanjang jalan juga perlu dilakukan perencanaan ulang.

Perencanaan ulang (*redesign*) kemudian dilakukan dengan menghitung komponen-komponen yang ditinjau sesuai dengan Pedoman Desain Geometrik Jalan 2021 yang mana didapatkan tikungan 1 memiliki R= 60 m dan Ls= 30 m, dan untuk tikungan 2 memiliki R= 30 m dan Ls= 38 m. Tikungan 1 menggunakan superelevasi desain (ed) sebesar 6,3% dan untuk tikungan 2 superelevasi desain (ed) yang digunakan adalah 8%. kelandaian memanjang jalan sendiri didapatkan sebesar 6% dengan panjang kelandaian kritis untuk pengurangan kecepatan 25 km/jam diperoleh sebesar 360 m, panjang jalan baru adalah 353,01 m sehingga panjang kelandaian kritis jalan baru telah sesuai dengan Pedoman Nomor 13/P/BM/2021.

5. Saran

Penulis berharap penelitian ini dapat dijadikan referensi bagi penelitian serupa untuk lokasi lainnya dimasa yang akan datang dan juga diharapkan penelitian ini dapat dijadikan bahan pertimbangan bagi pihak yang bertanggungjawab atas lokasi penelitian ini untuk melakukan perbaikan geometrik jalan pada lokasi penelitian.

Daftar Pustaka

- [1] Direktorat Jenderal Bina Marga. 2021. *Surat Edaran Nomor 20/SE/Db/2021 Tentang Pedoman Desain Geometrik Jalan (Pedoman Nomor 13/P/BM/2021)*. Jakarta.
- [2] Erdiyanto, E. 2021. *Analisis Geometrik Jalan Bulusema Kabupaten Aceh Singkil*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area. Medan.
- [3] KNKT. 2021. *Laporan Akhir KNKT.21.05.09.01*. Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia. Jakarta.
- [4] KNKT. 2017. *Laporan Akhir KNKT.17.06.07.01*. Komite Nasional Keselamatan Transportasi Republik Indonesia. Jakarta.
- [5] Lamma'pongalua', Y. 2016. *Evaluasi Geometrik Jalan (Studi Kasus Ruas Jalan Pembangkit Listrik Bumi PT Sarula Operation Limited Sumatera Utara STA 0+000 Sampai STA 1+656)*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- [6] *National Transportation Safety Board*. 2004. *School Bus Run-off-Bridge Accident, Omaha, Nebraska, October 13, 2001. Highway Accident Report NTSB/HAR-04/01*. Washington, DC.
- [7] Peraturan Menteri (Permen). 2011. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 19/PRT/M/2011 Tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan*. Jakarta.
- [8] Peraturan Pemerintah (PP). 2006. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 Tentang Jalan*. Jakarta.
- [9] *Road Safety Audit 2nd ed*. 2002. Sydney: Austroads.
- [10] Saodang, H. 2010. *Konstruksi Jalan Raya (Buku I: Geometrik Jalan)*. Bandung: NOVA.
- [11] Sinaga, L. dkk. 2019. *Evaluasi Geometrik Jalan Berdasarkan Standar Perencanaan Bina Marga*. Jurnal Sipil Statik. Volume 7 (7): 819-826.
- [12] Sukirman, S. 1999. *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: NOVA.
- [13] Trihastuti, N. 2003. dkk. *Evaluasi Kecelakaan Pada Ruas Jalan H.O.S Cokroaminoto Daerah Istimewa Yogyakarta*. Program Studi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- [14] Undang-Undang (UU). 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 Tentang Jalan*. Jakarta
- [15] Undang-Undang (UU). 2009. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 Tentang Lalu Lintas Dan Angkutan Jalan*. Jakarta.