

**ANALISIS GEOMETRIK JALAN BULUSEMA
KABUPATEN ACEH SINGKIL**

SKRIPSI

**OLEH :
ERY ERDIYANTO
NPM 168110132**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2021**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 16/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)16/12/21

LEMBARAN PENGESAHAN

**ANALISIS GEOMETRIK JALAN BULUSEMA
KABUPATEN ACEH SINGKIL**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana (S1) Pada Program Studi Teknik Sipil

Oleh :

ERY ERDYANTO
168110132

Disetujui Oleh :

Pembimbing I


(Ir. Kamaluddin Lubis, MT)

Pembimbing II


(Ir. Marwan Lubis, MT)

Mengetahui :

Dekan

(Dr. Ir. Dina Maizana, MT)

Prodi sipil

(Sasihwanti, S.Kom, M.Kom)

LEMBARAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa penelitian yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan penelitian ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila dikemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Juni 2021

Peneliti



Ery Erdiyanto

NPM.16.811.0132

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/ SKRIPSI / TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area , saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ery Erdiyanto

NPM : 168110132

Program studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area, **Hak bebas Royalti Noneksklusif (Non-exlusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Geometrik Jalan Bulusema Kabupaten Aceh Singkil, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) . Dengan hak bebas royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan , merawat dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis /pencipta dan sebagai pemilik hak cipta .

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan

Pada tanggal, Juni 2021



Ery Erdiyanto

NPM. 16.8110132

ABSTRAK

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi sebagai fungsi jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses rumah - kerumah. Disamping dari pada itu perencanaan geometric jalan juga untuk memberikan insfrastruktur yang aman, efesiensi, pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan tingkat penggunaan biaya/pelaksanaan ruang bentuk dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman terhadap pemakai jalan. Penelitian bertujuan menganalisis apakah tikungan bulusema kabupaten aceh singkil memenuhi standart perencanaan yang telah disyaratkan oleh pedoman modul 3 Bina Marga 2017 disamping ruas tikungan jalan sering mengalami kecelakaan lalu lintas dan adapun metode yang digunakan dalam penelitian adalah metode Bina Marga .Dari hasil analisa data yang dilakukan bahwa, kondisi eksisting tikungan bulusema masih belum memenuhi syarat Bina Marga . Kondisi eksisting jari-jari tikungan terlalu kecil, bentuk tikungan tajam (berjari-jari kecil), yaitu kurang dari $R_{min} = 50$ m yang dimana disyaratkan oleh Bina Marga untuk jalan Arteri (Jalan Nasional) sehingga tidak memenuhi kecepatan minimal 40 km/jam. Tikungan superelevasi dan panjang lengkung horizontalnya, masih belum memenuhi standar berlaku. Evaluasi tikungan dengan redesign tikungan, dan hasilnya karakteristik eksisting tikungan lebih cocok pada bentuk S-C-S dan tikungan tidak cocok pada bentuk S-S dan FCS. Dengan kondisi geometric jalan seperti ini dapat menyebabkan ketidakamanan dan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan.

Kata Kunci : Perencanaan geometric jalan Kecepatan Rencana (V_r), Jari-jari (R_d), Superelevasi (e), Pelebaran Perkerasan, Geometrik.

ABSTRACT

Road geometric planning is a part of road planning that focuses on physical form planning so that it can fulfill as a road function, namely providing optimum service to traffic flow and as home-to-house access. Apart from that, the road geometric planning is also to provide a safe infrastructure, efficiency, traffic flow services and maximize the level of cost use / implementation of space, the shape and size of the road is said to be good if it can provide a sense of safety and comfort to road users. The research aims to analyze whether the Bulusema bend in Aceh Singkil Regency meets the planning standards required by the 2017 Bina Marga Module 3 guidelines in addition to road bends that often experience traffic accidents and the method used in this study is the Bina Marga method. From the results of data analysis, the existing condition of the Bulusema bend still does not meet the requirements of DGH. The existing condition of the bend radius is too small, the shape of the bend is sharp (small radius), which is less than $R_{min} = 50$ m which is required by Bina Marga for Arterial roads (National Roads) so that it does not meet the minimum speed of 40 km / hour. Superelevation bends and horizontal curvatures, still do not meet the applicable standards. Evaluation of bends with bend redesign, and the result is that the existing characteristics of bends are more suitable for S-C-S shapes and bends are not suitable for S-S and FCS forms. The geometric conditions of this road can cause inconvenience and inconvenience to road users.

Keywords: *geometric planning of roads, velocity plan (V_r), radius (R_d), superelevation (e), pavement widening, geometric.*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Kuasa atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga bisa menyelesaikan penelitian ini dengan baik dan tepat pada waktunya. Penelitian berjudul Analisis Geometrik Jalan Tikungan Bulusema Kabupaten . Aceh Singkil, merupakan satu syarat yang wajib dilaksanakan untuk menyelesaikan pendidikan program studi Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area. Dalam proses menyelesaikan penelitian ini, penulis menghadapi berbagai kendala, namun berkat bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, maka penulisan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof.Dr.Dadan Ramdan M.Eng.MSc, sebagai Rektor Medan Area
2. Ibu Dr.Dina Maizana .MT sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area
3. Ibu Susilawati, S.Kom,. M.Kom Sebagai PLT Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area
4. Bapak Ir.Kamaluddin Lubis, MT sebagai sebagai pembimbing I skripsi.
5. Bapak Ir, Marwan Lubis MT sebagai Dosen Pembimbing II Skripsi
6. Seluruh Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil Universitas Medan Area
7. Orang tua dan keluarga kami yang telah memberikan dukungan baik secara moral maupun materil.

8. Seluruh rekan – rekan mahasiswa khususnya angkatan 2016 Teknik Sipil Universitas Medan Area atas kerjasama, dukungan dan semangatnya yang telah diberikan kepada kami

Penulis telah berusaha semaksimal mungkin untuk menyusun dan menyelesaikan penelitian, namun tidak tertutup kemungkinan masih terdapat kesalahan-kesalahan dalam penyusunan laporan ini, untuk itu penyusun mengharapkan masukan, kritik, saran dan pendapat yang bersifat membangun guna kesempurnaan penelitian ini.

Akhir kata Penyusun mengucapkan terima kasih dan semoga penelitian ini dapat berguna dan bermanfaat bagi siapa saja yang membaca.

Medan, Juni 2021

Penulis,



Ery Erdyanto
NPM.16.811.0132

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	
LEMBAR PERNYATAAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Maksud Dan Tujuan.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Defenisi	7
2.2 Perencanaan Geometrik.....	7
2.2.1 Parameter Perencanaan.....	8
2.2.2 Kendaraan Rencana	8
2.2.3 Kecepatan Rencana (VR)	9
2.2.4 Alinemen Horizontal	10
2.2.5 Alinemen Vertikal	24
2.2.6 Kelandaian.....	25
2.3 Lengkung Vertikal.....	27
2.3.1 Faktor ESAL.....	32
2.3.2 Faktor Distribusi.....	38
BAB. III METODE PENELITIAN	39
3.1 Deskripsi Penelitian.....	39
3.2 Peta lokasi penelitian.....	40

3.3	Metode Survey	40
3.4	Pengumpulan Data	41
3.5	Alat Survey Lapangan	41
3.6	Langkah-langkah Pengumpulan Data	42
3.7	Kerangka Berpikir	43
BAB IV PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN		44
4.1	Analisa Perhitungan	44
4.2	Tinjauan Alinemen Vertikal Dan Horizontal	44
4.3	Perhitungan tikungan jalan	58
4.3.1	Tikungan Tipe S—S	58
4.3.2	Tikungan Full Circle (FC)	59
4.3.3	Tikungan S—S	59
4.4	Perhitungan pelebaran perkerasan di tikungan	62
4.5	Perhitungan pelebaran perkerasan di tikungan	63
4.6	Analisa Pembahasan	67
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		70
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Nilai (f), Untuk emaks = 6%, 8%, dan 10% (Menurut AASTHO).....	11
Gambar 2.2 Komponen FC	12
Gambar 2.3 Komponen SCS.....	15
Gambar 2.4 Komponen SS	17
Gambar 2.5 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan	19
Gambar 2.6a. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS (Contoh Untuk Tikungan Ke Kanan).....	23
Gambar 2.6b. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC (Contoh Untuk Tikungan Ke Kiri).....	23
Gambar 2.6c. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS (Contoh Untuk Tikungan Ke Kanan).....	24
Gambar 2.7 Kelandaian Jalan	25
Gambar 2.8 Tipikal Lengkung Vertikal Cembung	28
Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cekung.....	30
Gambar 2.10 Jenis Lengkung Vertikal Dilihat Dari Titik Perpotongan	31
Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian.....	40
Gambar 3.2 Bagan Alir penelitian	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Dimensi Dasar Kategori Kendaraan Rencana.....	9
Tabel.2.2 Kecepatan Rencana (VR) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan	9
Tabel 2.3 Panjang Bagian Lurus Maksimum.....	10
Tabel 2.4 Panjang Jari-Jari Minimum (dibulatkan) Untuk $e_{MAK} = 10\%$	12
Tabel 2.5 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan	13
Tabel 2.6 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang diperlukan, untuk $e_{mak} = 10\%$ dan $f_{mak} = 0,153$	21
Tabel 2.7 Landai Relatif Maksimum (Untuk 2/2 TB).....	22
Tabel 2.8 Kelandaian Yang diijinkan (%).....	26
Tabel 2.9 : Panjang Kritis (m).....	27
Tabel 2.10 : Panjang Minimum Lengkung Vertikal (m).....	31
Tabel 2.11 Indeks pelayanan akhir berdasar volume lalu lintas	33
Tabel 2.12 Beban Sumbu Kendaraan.....	34
Tabel 2.13 Penggolongan Masing Masing Jenis Kendaraan	35
Tabel 2.14 Golongan Kendaraan.....	35
Tabel 2.15 Faktor Distribusi Lajur (DL).....	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi sebagai fungsi jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses rumah - kerumah. Tujuan dari perencanaan geometric jalan adalah untuk memberikan insfrastruktur yang aman, efesiensi pelayanan arus lalulintas dan memaksimalkan tingkat penggunaan biaya/pelaksanaan ruang bentuk dan ukuran jalan dikatakan baik jika dapat memberikan rasa aman dan nyaman terhadap pemakai jalan.

Dasar dari perencanaan geometrik jalan adalah sifat gerakan dan ukuran kendaraan sifat pengemudi dalam menggerakkan kendaraannya dan krateristik arus lalu lintas, hal tersebut harus menjadi pertimbangan bagi perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran tikungan jalan serta memenuhi yang digerakkan tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan geomettrik jalan didesain dengan mempertimbangkan keselamatan dan mobilitas yang mempunyai kepentingan yang saling bertentangan oleh karena itu hal kedua pertimbangan tersebut harus diseimbangkan. Mobilitas yang dipertimbangkan bukanlah hanya menyangkut mobilitas kendaraan bermotor tetapi mobilitas kendaraan tidak bermotor dan pejalan kaki.

Pertumbuhan ekonomi dan banyaknya masyarakat yang beraktivitas mengharuskan jalan berfungsi dengan baik sehingga akan memperlancar

kebutuhan masyarakat dari segi waktu, biaya, pendapatan, kesehatan, kenyamanan dan keamanan. Jalan merupakan prasana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (PP No. 34 Tahun 2014).

Menurut Sukirman (2018), edisi terbaru dikatakan perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan, yang menitik beratkan pada perencanaan bentuk fisik dari jalan raya. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan itu sendiri untuk memenuhi fungsi dasar jalan, yaitu memberikan pelayanan kepada pergerakan arus lalu lintas (kendaraan) secara optimum. Sedangkan sasaran perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan suatu perencanaan atau desain infrastruktur jalan raya yang aman, efisien dalam pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

Jalan adalah jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang dibuat manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan jenis-jenis konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang dan kendaraan yang mengangkat barang dari suatu tempat ke tempat lainnya dengan mudah dan cepat (Oglesby, C.H.,2018).edisi revisi

Laju pertumbuhan lalu lintas jalan raya sering kali tidak sesuai dengan pertumbuhan pemakain jalan raya yang direncanakan. Hal ini menimbulkan berbagai macam masalah serius jika tidak ditangani dan direncanakan sejak dini.

Masalah geometrik tikungan misalnya, perencanaan tikungan yang tidak sejalan dengan pertumbuhan kendaraan, bisa menimbulkan masalah baru. Banyak geometrik tikungan yang sering kali menyebabkan terjadinya banyak kecelakaan, dikarenakan jarak pandang, radius tikungan, kelandaian jalan yang tidak sesuai dengan pedoman dari jasa marga dan lain sebagainya,

Sumarsono (2010), Pramesti (2010) dan Sarwono (2010) dalam penelitiannya dikatakan model menunjukkan bahwa hubungan antara keselamatan dengan konsistensi desain geometrik tikungan yang diwakili oleh nilai CBR ada pada jalur yang benar. Dapat dilihat bahwa jika rasio radius kurva individual meningkat (mendekati atau melebihi dari 1), maka tingkat kecelakaan akan turun. Sehingga dapat dinyatakan bahwa tingkat kecelakaan akan turun jika radius tikungan lebih tinggi dari pada rata-rata radius tikungan dari segmen jalan tinjauan dan akan meningkat ketika radius tikungan lebih rendah dari pada radius tikungan segmen jalan yang ditinjau. Konsistensi dalam merencanakan alinyemen horisontal jalan, khususnya dalam hal penentuan radius tikungan, harus mulai diperhatikan. Evaluasi terhadap alinyemen horisontal yang telah ada harus dilakukan, mengingat pengaruhnya pada tingkat kecelakaan. Ini harus bersamaan dengan usaha pihak berwenang untuk menormalisasi alinyemen horisontal yang tidak konsisten. Dari uraian diatas merupakan latar belakang penulis merasa tertarik melakukan penelitian geometrik jalan dengan tikungan yang ekstrim pada ruas jalan Km 4,2 - Bulusema .tikungan ini merupakan salah satu tikungan yang rawan terjadinya kecelakaan lalulintas

1.2. Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan permasalahan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Apakah tikungan Bulusema sudah memenuhi standart perencanaan geometric jalan, terhadap keselamatan dan mobilitas kendaraan dan pengguna lalulintas jalan pada tikungan tersebut.
2. Apakah geometrik tikungan telah dapat mengakomodasi , keamanan dan kenyamanan para pengguna jalan yang lewat ditikungan
3. Faktor-faktor apakah yang menyebabkan tidak tercapainya keamanan dan kenyamanan para pengguna jalan yang melewati pada ruas jalan , dikatakan menunjukkan bahwa hubungan antara keselamatan dengan konsistensi desain geometrik tikungan

1.3. Pembatasan Masalah

Meningat ruang lingkup dalam penelitan sangat konflik dan luas maka dalam penelitian perlu pembatasan masalah adalah sebagai berikut.

1. Peninjauan geometrik jalan tikungan bulusema adalah mengacu kepada standart geometrik yang ada , yang ditetapkan oleh dinas pedoman modul 3 Bina Marga 2017.
2. Lokasi atau objek yang diteliti adalah merupakan salah satu tikungan yang dianggap extrim dan bahkan tikungan ini telah banyak terjadi kecelakaan , keselamatan dan mobilitas kendaraan , keamanan , dan kenyamanan para pengguna jalan tidak tercapai.

3. Peninjauan geometrik jalan tikungan hanya dilakukan pada kondisi jari-jari tikungan dan kelandaian tikungan saja. Bahwa hubungan antara keselamatan, mobilitas dan kenyamanan para pengguna jalan tidak tercapai.

1.4. Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis geometrik jalan pada tikungan ruas jalan bulusema Kab. Aceh Singkil apakah geometrik tikungan telah sesuai dengan keselamatan dan mobilitas kendaraan dengan pedoman modul 3 Bina marga (2017)

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah untuk memberikan infrastruktur yang aman, efisiensi dan dapat memaksimalkan tingkat keselamatan dan mobilitas kendaraan terhadap pemakai jalan.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk :

1. Bagi Penulis

Penelitian ini bermanfaat untuk menambah dan mengembangkan wawasan ilmu pengetahuan peneliti khususnya mengenai bidang analisa sistem transportasi yang ada dikota Medan

2. Bagi Pemerintahan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi bagi pemerintah maupun instansi terkait khususnya dinas LLAJR dalam memberikan kontribusi terhadap peralulintasan yang ada dikota Medan

3. Bagi akademis

Memberikan tambahan literature dan acuan untuk membantu dalam megembangkan ilmu yang terkait dalam bidang teknik sipil terutama di bidang transfortasi jalan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Defenisi

Menurut Sukirman (1994), dikatakan perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan, yang menitik beratkan pada perencanaan bentuk fisik dari jalan raya. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan itu sendiri untuk memenuhi fungsi dasar jalan, yaitu memberikan pelayanan kepada pergerakan arus lalu lintas (kendaraan) secara optimum.

Sedangkan sasaran perencanaan geometrik jalan adalah untuk menghasilkan suatu perencanaan atau desain infrastruktur jalan raya yang aman, efisien dalam pelayanan arus lalu lintas dan memaksimumkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan.

2.2. Perencanaan Geoemtrik

Perencanaan geometrik jalan adalah bagian dari perencanaan jalan dimana geometrik atau dimensi yang nyata dari suatu jalan beserta bagian – bagiannya disesuaikan dengan tuntutan serta sifat – sifat lalu lintas. Melalui perencanaan geometrik ini perencana berusaha menciptakan hubungan yang baik antara waktu dan ruang sehubungan dengan kendaraan bersangkutan sehingga dapat menghasilkan efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang paling optimal dalam batas pertimbangan ekonomi yang masih layak.

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik adalah sifat gerakan, ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya, dan karakteristik arus lalu lintas. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. Elemen dari perencanaan geometrik jalan adalah :

1. Alinemen orisontal/trase jalan, terutama pada perencanaan sumbu jalan
2. Alinemen vertikal/penampang memanjang jalan
3. Alinemen Penampang melintang jalan.

2.2.1. Parameter Perencanaan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan seperti kendaraan rencana, kecepatan rencana, volume dan kapasitas jalan dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

2.2.2. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan perencanaan dalam perencanaan geometrik, kendaraan rencana ini dibagi dalam beberapa kelompok yaitu : Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang, Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh besar 2 as. kendaraan besar, diwakili oleh truk-semi- trailer Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana seperti table 2.1

Tabel 2.1 Dimensi Dasar Kategori Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min	Maks	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	120	290	1400	1370

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997 Direktorat Jendral Bina Marga

2.2.3. Kecepatan Rencana (V_R)

Kecepatan rencana suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih dasar perencanaan geometrik yang memungkinkan kendaraan – kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.

Kecepatan masing – masing fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

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

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997 Direktorat Jendral Bina Marga.

2.2.4. Alinemen Horizontal

Pada perencanaan elemen horisontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu : bagian lurus dan bagian lengkung atau tikungan.

1. Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. Seperti table 2.3

Tabel 2.3 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber : TPGJAK No.038/T/BM97

2. Tikungan

a. Jari-Jari Minimum

Kendaraan pada saat tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, maka perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan jalan yang disebut superelevasi.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari – jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan minimum,

$$R_{\min} = \frac{V_R^2}{127(e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$D_{\min} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_R^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana :

R = jari – jari tikungan minimum, (m)

VR = kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

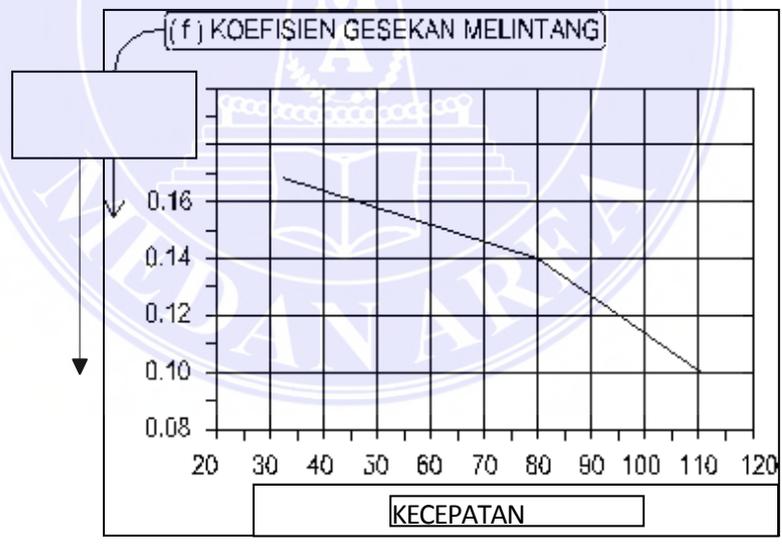
E_{mak} = superelevasi maksimum (%)

F_{mak} = koef. gesek melintang maksimum

D = derajat lengkung

D_{mak} = derajat maksimum

Untuk Pertimbangan perencanaan, digunakan e_{mak} = 10 % dan f_{mak} sesuai gambar 2.1 yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan table 2.4



Gambar 2.1 Grafik Nilai (f), Untuk e_{maks} = 6%, 8%, dan 10% (AASHTO)

Tabel 2.4 Panjang Jari-Jari Minimum (dibulatkan) Untuk $e_{\text{mak}} = 10\%$

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

Sumber : TPGJAK – No.038/T/BM97

b. Perhitungan Jarak Lurus

$$D_{A-PI1} = \sqrt{(X_{PI1} - X_A)^2 + (Y_{PI1} - Y_A)^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$D_{PI1-PI2} = \sqrt{(X_{PI2} - X_{PI1})^2 + (Y_{PI2} - Y_{PI1})^2} \dots\dots\dots (2.4)$$

c. Mencari Besar Sudut Tikungan

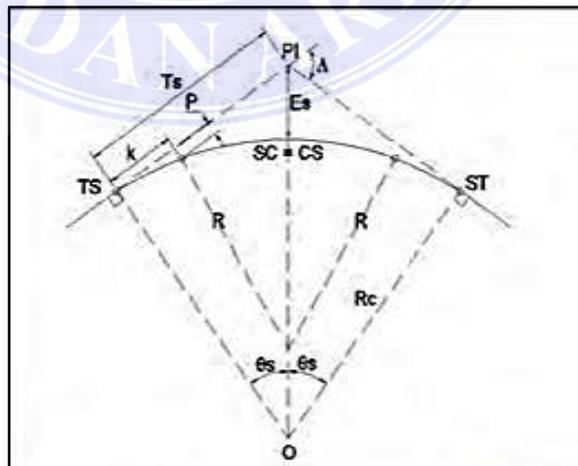
Δ Tikungan = sudut azimuth PI2 – Sudut azimuth PI1

$$\text{Sudut Azimuth} = \text{arc tan} \frac{x}{y}$$

$$\text{Azimuth PI1} = \text{Arc Tan} \frac{X_{PI1} - X_A}{Y_{PI1} - Y_A} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$\text{Azimuth PI2} = \text{Arc Tan} \frac{X_{PI2} - X_A}{Y_{PI2} - Y_A} \dots\dots\dots (2.5)$$

d. Bentuk Busur Lingkaran (*Full Circle = FC*)



Sumber: TPGJAK – No.038/T/BM97

Gambar 2.2 Komponen FC

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan

T_c = Panjang tangen yang berjarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = Jari-jari lingkaran

L_c = Panjang busur lingkaran

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

O = Titik pusat lingkaran

FC (*Full Circle*) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari – jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Table 2.5.

Tabel 2.5 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_R (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
R_{min} (m)	2500	1500	900	210	500	350	250	130	60

Sumber : TPGJAK– No.038/T/BM97

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi R_c}{360^0} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana:

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

R_c = jari – jari lingkaran

E_c = jarak luar dari PI ke busur lingkaran

L_c = panjang busur lingkaran

e. Lengkung Peralihan (S – C – S)

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba – tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota tahun 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.10)$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.11)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

Dimana:

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} V R \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana :

T = waktu tempuh 3 detik

R_c = jari – jari busur lingkaran, (m)

C = perubahan percepatan, 0,3-1,0 disarankan 0,4

m/det³

Re = tingkat pencapaian perubahan kelandaian

melintang jalan, sebagai berikut :

– untuk $VR \leq 70$ km/jam $\rightarrow re \text{ mak} = 0,035$

m/m/det

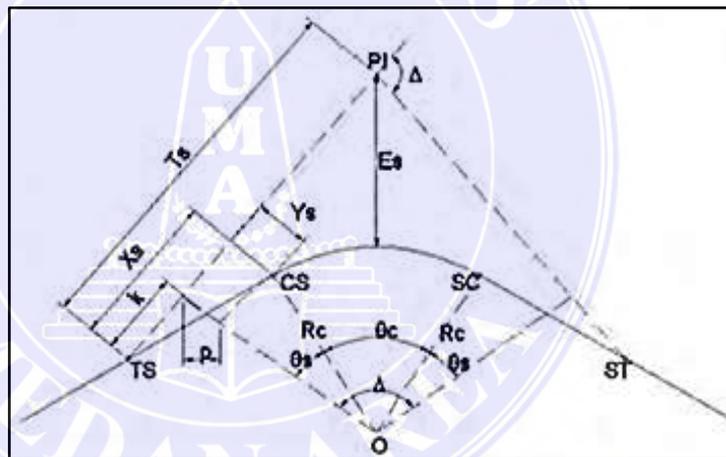
– untuk $VR \leq 80$ km/jam $\rightarrow re \text{ mak} = 0,025$

m/m/det

e = superelevasi

e_m = superelevasi maksimum

e_n = superelevasi normal



Sumber : Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Gambar 2.3 Komponen SCS

Keterangan :

X_s = absis titik Sc pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

Y_s = Jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

L_s = Panjang lengkung peralihan

- Lc = Panjang busur lingkaran
- Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
- TS = Titik dari tangen spiral
- SC = Titik dari spiral ke lingkaran
- Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran
- θ_s = Sudut lengkung spiral
- Rc = Jari – jari lingkaran
- P = Pergeseran tangen terhadap spiral
- k = Absis dari p pada garis tangen spiral

Rumus yang digunakan untuk mencari Lc adalah :

$$X_s = L_s \left(\frac{L_s^2}{40R_c^2} \right) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{40R_c^2} \dots\dots\dots (2.14)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots\dots\dots (2.15)$$

$$p = -R_c (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40.R_c^2} - R_c \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.17)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.18)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2} \Delta - R_c \dots\dots\dots (2.19)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c \dots\dots\dots (2.20)$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.21)$$

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-S, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan.

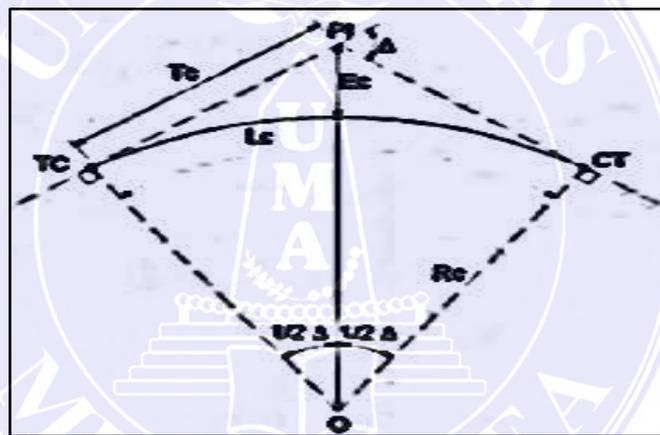
Jika p yang dihitung dengan rumus di bawah ini, maka ketentuan tikungan yang digunakan bentuk S-C-S.

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0,25 \text{ m} \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

Untuk : $L_s = 1,0$ meter, maka $p = p'$ dan $k = k'$

Untuk : $L_s = L_s$, maka $p = p' \times L_s$ dan $k = k' \times L_s$

f. Bentuk Lengkung Peralihan (S – S)



Sumber : Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Raya

Gambar 2.4 Komponen SS

Untuk bentuk spiral – spiral ini berlaku rumus, sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad \dots\dots\dots (2.23)$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R_c}{90} \quad \dots\dots\dots (2.24)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s) \quad \dots\dots\dots (2.25)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R_c^2} - R_c \sin \theta_s \quad \dots\dots\dots (2.26)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{1}{2}\Delta - Rc \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

$$Lc = 0 \quad \dots\dots\dots (2.29)$$

$$Ltot = 2 Ls \quad \dots\dots\dots (2.30)$$

g. Mencari Titik STA Tikungan

– Full Circle

$$\text{Sta A} = \text{titik A} \quad \dots\dots\dots (2.31a)$$

$$\text{Sta Tc} = \text{Sta A} + dA-PI1 - Tc \quad \dots\dots\dots (2.31b)$$

$$\text{Sta Ct} = \text{Sta Tc} + Lc \quad \dots\dots\dots (2.31c)$$

$$\text{Sta B} = \text{Sta Cs} - Tc + dPI1-PI2 \quad \dots\dots\dots (2.31d)$$

– SS/SCS

$$\text{Sta A} = \text{titik A} \quad \dots\dots\dots (2.32a)$$

$$\text{Sta PI} = \text{Sta A} + dA-PI \quad \dots\dots\dots (2.32b)$$

$$\text{Sta TS} = \text{Sta A} + dA-PI - Ts \quad \dots\dots\dots (2.32c)$$

$$\text{Sta SC} = \text{Sta Ts} + LS \quad (2.32d) \quad \dots\dots\dots (2.32d)$$

$$\text{Sta CS} = \text{Sta SC} \quad \dots\dots\dots (2.32e)$$

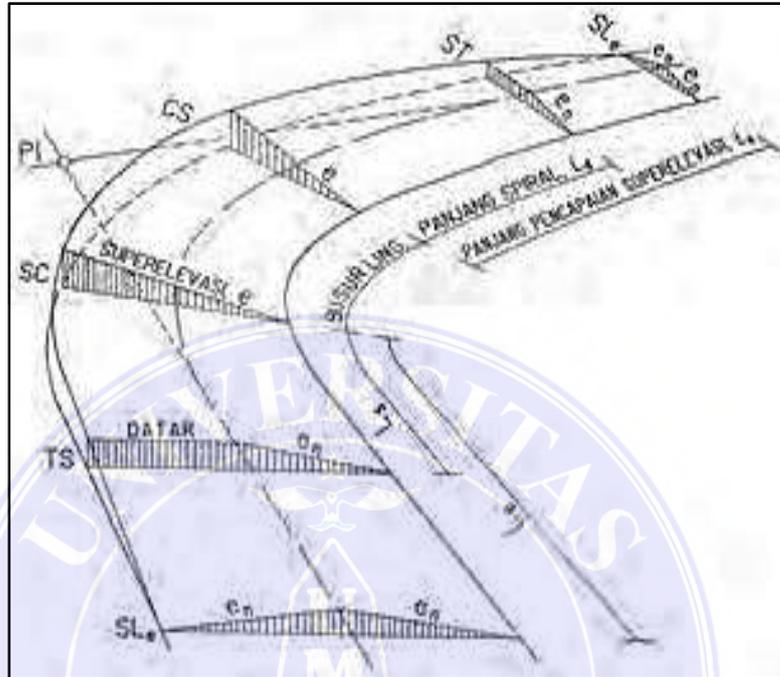
$$\text{Sta ST} = \text{Sta CS} + Ls \quad \dots\dots\dots (2.32f)$$

$$\text{Sta B} = \text{Sta ST} - Ts + dPI2-B \quad \dots\dots\dots (2.32g)$$

h. Evaluasi Antar Tikungan

Masing-masing jenis tikungan dihitung dengan menggunakan rumus

3. Pencapaian Super Elevasi



Sumber : Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Gambar 2.5 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

Komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal diperoleh dengan membuat kemiringan melintang jalan. Kemiringan melintang jalan pada lengkung horisontal disebut superelevasi, bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, semakin besar pula komponen berat kendaraan.

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan FC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3}$ Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}$ Ls.
- Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius (R) cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN). seperti table 2.6.

Tabel 2.6 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang diperlukan, untuk $e_{\text{mak}} = 10\%$ dan $f_{\text{mak}} = 0,153$

$V_R = 60 \text{ km/jam}$							
D (0)	R (m)	e	(Ls) Panjang Lengkung Peralihan, (m) *)				
			1	2	3	Pembulatan	
0.25	5730	LN	50	0	38	50	
0.50	2865	LN	50	1	38	50	
0.75	1910	LP	50	1	38	50	
1.00	1432	LP	50	2	38	50	
1.25	1146	LP	50	3	38	50	
1.50	955	0.023	50	3	38	50	
1.75	819	0.026	50	4	38	50	
2.00	716	0.029	50	5	38	50	
2.50	573	0.036	50	6	38	50	
3.00	477	0.042	50	8	38	50	
3.50	409	0.048	50	9	38	50	
4.00	358	0.054	50	11	38	50	
4.50	318	0.059	50	13	38	50	
5.00	286	0.064	50	15	38	50	
6.00	239	0.072	50	20	38	50	
7.00	205	0.080	50	25	38	50	
8.00	179	0.086	50	31	38	50	
9.00	159	0.091	50	37	38	60	
10.00	143	0.095	50	44	38	60	
11.00	130	0.098	50	51	38	60	
12.00	119	0.099	50	59	38	60	
12.78	115	0.100	$D_{\text{maks}} = 12,78$				

Sumber : TPGJAK– No.038/T/BM97

a. Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Persentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada. Seperti table 2.7

Tabel 2.7 Landai Relatif Maksimum (Untuk 2/2 TB)

V_R (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan	1	1	1	1	1	1
maksimum	50	75	100	115	125	150

Sumber : Spesifikasi Standar untuk Perencanaan Geometrik JLK Marga 1990

Selain menggunakan Tabel di atas, bisa juga dihitung menggunakan rumus :

$$\frac{1}{m} = \frac{(e + en)B}{Ls} \dots\dots\dots (2.35)$$

Dimana :

$1/m$ = landai relatif, (%)

e = Superelevasi (m/m')

en = Kemiringan melintang normal (m/m')

B = Lebar jalur (m)

b. Diagram Superelavasi

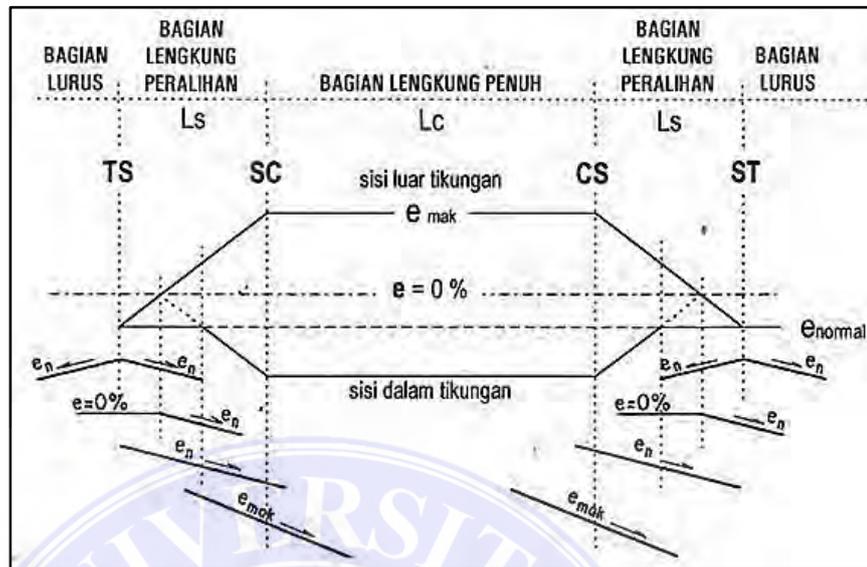
1. Metoda

Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja.

Ada tiga cara untuk mendapatkan superelevasi yaitu :

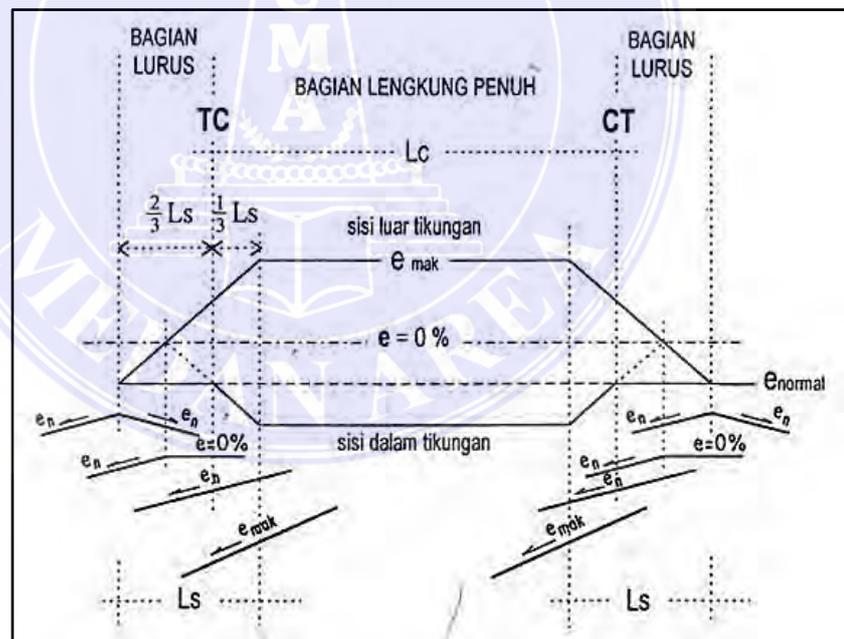
- Memutar perkerasan jalan terhadap profil sumbu.
- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah dalam.

- Memutar perkerasan jalan terhadap tepi jalan sebelah luar



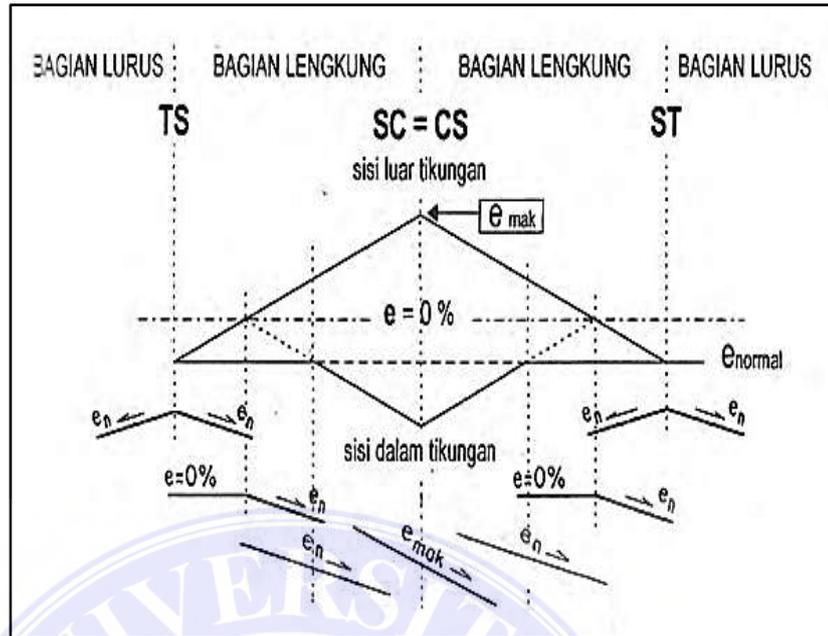
Sumber: Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Gambar 2.6a. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS (Contoh Untuk Tikungan Ke Kanan)



Sumber: Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Gambar 2.6b. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC (Contoh Untuk Tikungan Ke Kiri)



Sumber: Buku Penuntun Praktis Perencanaan Teknik Jalan Raya

Gambar 2.6c. Metoda Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS (Contoh Untuk Tikungan Ke Kanan)

2. Diagram

Pembuatan diagram superelevasi antara cara AASTHO dan cara bina Marga ada sedikit perbedaan, yaitu :

- Cara AASTHO, penampang melintang sudah mulai berubah pada titik TS,
- Cara Bina Marga, penampang melintang pada titik TS masih berupa penampang melintang normal.

2.2.5. Alinemen Vertikal

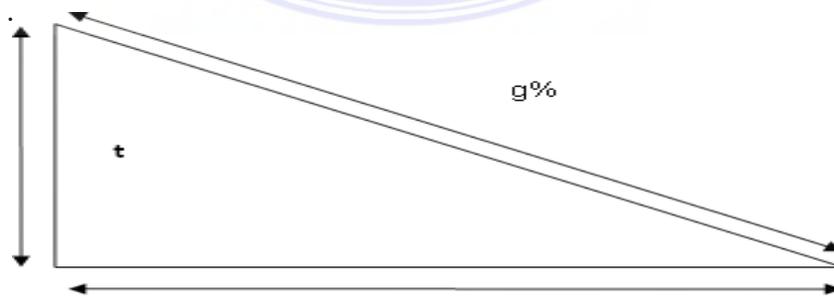
Alinemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui as jalan atau sering disebut juga sebagai penampang jalan.

Perencanaan alinemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Apabila alinemen vertikal mengikuti elevasi tanah, tentu saja hal ini belum tentu sesuai dengan persyaratan yang diminta, sesuai dengan fungsi jalan. Disarankan pada daerah yang sering dilanda banjir sebaiknya elevasi jalan (grade) diletakkan diatas elevasi muka air banjir (± 150 cm dari MAB).

Pada daerah perbukitan / pegunungan diusahakan pekerjaan galian dan pekerjaan galian dan timbunan semenimal mungkin, sehingga biaya yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi jalan yaitu ekonomis dalam pelak sanaan dapat dipertanggung jawabkan. Dengan demikian dalam merencanakan alinemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti : Kondisi tanah dasar, Keadaan medan, Fungsi jalan Muka air dan Kelandaian yang masih dimungkinkan

2.2.6. Kelandaian

Kelandaian suatu jalan dalam perencanaan dapat diukur dengan jumlah beda tinggi dibagi panjang jalan yang ditinjau, biasanya dalam satuan persen, dengan dapatnya hasil kelandaian suatu jalan sangat berpengaruh sekali terhadap perencanaan geomerik jalan seperti terlihat pada gambar 2.7 dibawah ini :



Gambar 2.7 Kelandaian Jalan

$$G = t/L \times 100 \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana:

g = Kemiringan permukaan jalan (%)

t = Beda tinggi permukaan jalan (m)

L = Panjang datar (m)

1. Kelandaian Maksimum

Pada perencanaan alinemen vertikal, landai maksimum saja tidak saja cukup merupakan faktor penentu dalam perencanaan, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama.

Kelandaian besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan yang cukup berarti jika kelandaian tersebut dibuat pada panjang jalan yang cukup panjang tetapi kurang berarti jika panjang dengan kelandaian tersebut hanya pendek. lihat Tabel 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Kelandaian Yang diijinkan (%)

V_R (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. No 038/T/BM/1997 Direktorat Jendral Bina Marga.

2. Panjang Kritis

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak melebihi dari separuh V_r . Lama perjalanan pada panjang kritis ini tidak lebih dari satu menit. Sedangkan panjang kritis berdasarkan kecepatan dan kelandaian dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9 : Panjang Kritis (m)

Kecepatan Pada awal Tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota. No : 038/T/BM/1997 Direktorat Jendral Bina Marga.

2.3. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal bertujuan untuk :

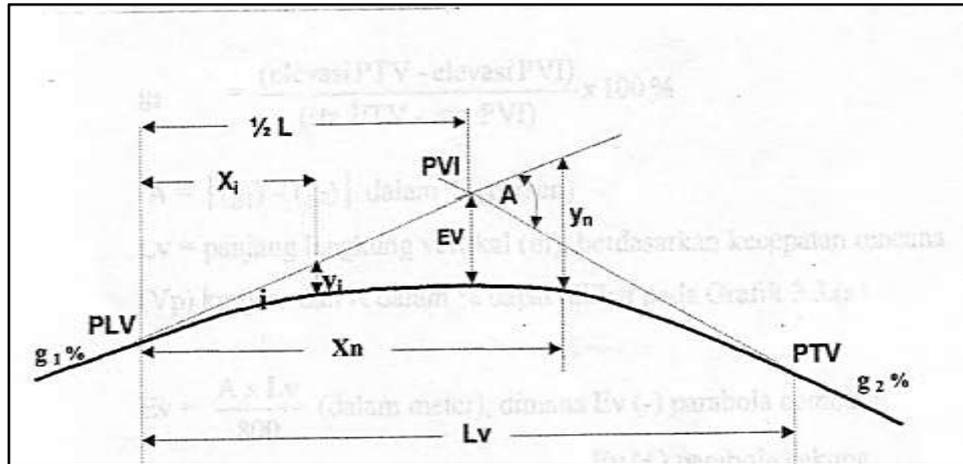
- Mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian.
- Menyediakan jarak pandang henti.

1. Lengkung Cembung

Disebut lengkung vertikal cembung apabila titik potong (PVI) antara kedua pelandaian ada di atas permukaan jalan. Jika jarak pandang henti (Jh) lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung, maka panjang ditetapkan dengan rumus sebagai berikut :

$$L = \frac{AS^2}{405} \dots\dots\dots (2.37)$$

Adapun tipikal lengkung vertikal cembung seperti pada gambar 2.8 dibawah ini :



Gambar 2.8 Tipikal Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

- Titik PLV = titik awal lengkung para bola
- Titik PVI = titik perpotongan kelandaian antara grade1 dan grade2
- Titik PTV = Titik akhir lengkung para bola
- Garis PVI-PTV = garis kelandaian (g1)%, turun, harganya -%
- A = Perbedaan aljabar landai = $|(g1) - (g2)|$ dalam (%)
- Ev = Pergeseran vertikal titik tengah tengah busur lengkungan
- Lv = Panjang lengkung vertikal, dihitung secara horizontal
- Xi = Jarak horizontal titik I, dihitung dari PLV ke titik I secara horizontal
- Yi = Pergeseran vertikal titik I, dihitung dari titik pada tangen atau kelandaian ke titik I pada lengkungan secara

vertical

Titik i = adalah titik pada lengkungan.

Rumus-rumus yang digunakan untuk menghitung unsur-unsur pada lengkungan parabola cembung adalah :

$$g1 = \frac{\text{elevasi PVI} - \text{elevasi PLV}}{\text{sta.PVI} - \text{sta.PLV}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.38)$$

$$g2 = \frac{\text{elevasi PVI} - \text{elevasi PLV}}{\text{sta.PVI} - \text{sta.PLV}} \times 100\% \dots\dots\dots (2.39)$$

Dimana :

A = (g1 - g2) dalam % (persen)

Lv = Panjang lengkung vertikal (m)

Mencari jarak L berdasarkan jarak pandang henti

$$j^h < L = \frac{A j h^2}{399} \dots\dots\dots (2.40-a)$$

$$j^h < L = 2 J h - \frac{399}{A} \dots\dots\dots (2.40-b)$$

Mencari jarak L berdasarkan jarak pandang mendahului

$$j^d < L = \frac{A j d^2}{840} \dots\dots\dots (2.41-a)$$

$$j^d < L = 2 J d - \frac{840}{A} \dots\dots\dots (2.40-b)$$

$$Ev = \frac{A x Lv}{800} \text{ (Dalam Meter)} \dots\dots\dots (2.42)$$

Dimana :

Ev (-) = parabola cembung

Ev (+) = parabola cekung

Bentuk umum persamaam lengkung parabola :

$$Yi = \left(\frac{Xi}{\frac{1}{2}Lv} \right)^2 x EV = \frac{A}{800} x Xi^2 \dots\dots\dots (2.43)$$

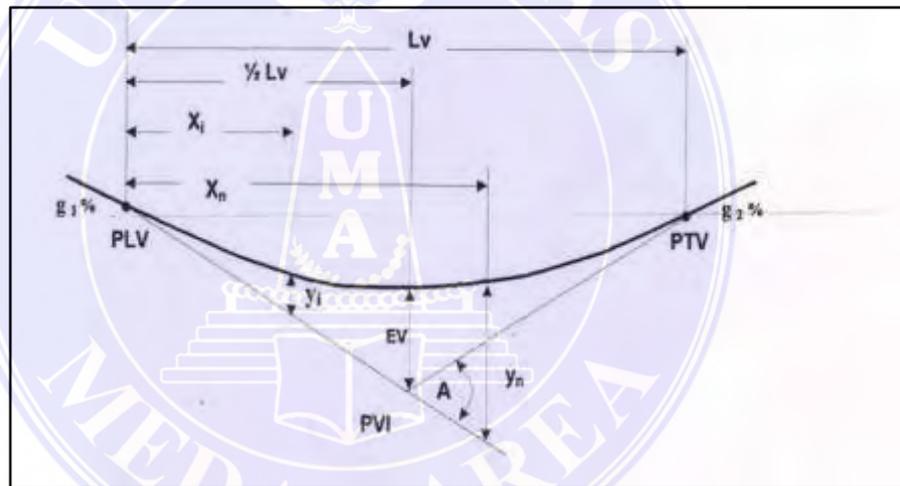
Jika $X_i = \frac{1}{2} L_v$, maka $Y_i = E_v$

Catatan : tinggi PVI, PLV, dan PTV dilihat dari peta perencanaan.

2. Lengkung Vertikal Cekung

Disebut lengkung vertikal cekung apabila titik potong (PVI) antara kedua pelandaian ada di bawah permukaan jalan, gambar 2.9. Jika jarak pandang henti (J_h) lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung, maka panjang ditetapkan dengan rumus :

$$L = 2S \frac{405}{A} \dots\dots\dots (2.44)$$



Gambar 2.9 Lengkung Vertikal Cekung

Rumus-rumus yang digunakan pada lengkung parabola cekung sama dengan rumus-rumus yang digunakan pada lengkung parabola cembung.

Keterangan :

T_x = Tinggi suatu titik di lengkung parabola yang berjarak horizontal sebesar x dari titik PLV

T_{PLV} = Tinggi titik PLV (dalam meter)

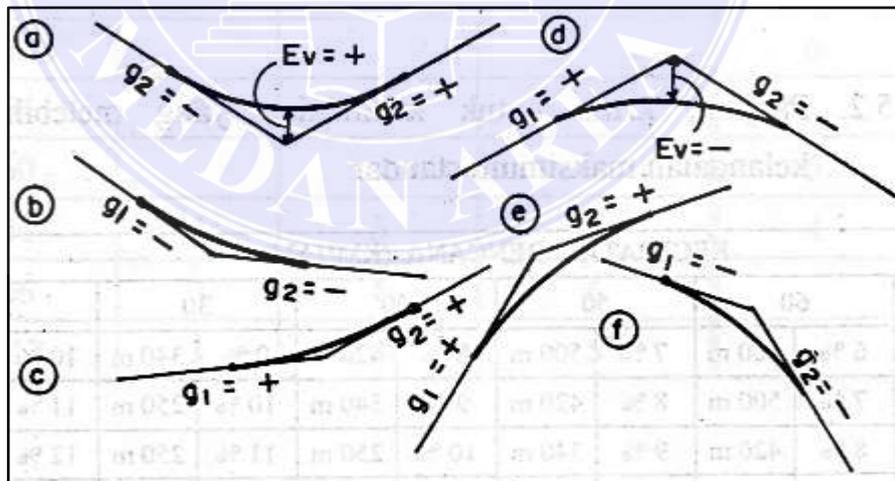
g_1 = Kelandaian (%)

- X = Jarak horizontal suatu titik pada lengkung dari titik PLV
- Y = $A/200L_v \times X^2$ (dalam meter)..... (2.45)
- = Perbedaan aljabar landai = $| (g_1)-(g_2) |$ dalam % (persen)
- L_v = Panjang horizontal lengkung vertikal dari grafik cekung (dalam meter)
- E_v = $AL_v/ 800$ (2.46)

Tabel 2. 10 : Panjang Minimum Lengkung Vertikal (m)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Perbedaan Kemendaraan Memanjang (%)	Panjang Lengkung (m)
< 40	1	20 – 30
40 – 60	0,6	40 – 80
> 60	0,4	80 – 150

Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No: 038/T/BM/1997 Direktorat Jenderal Marga



Gambar 2.10 Jenis Lengkung Vertikal Dilihat Dari Titik Perpotongan

2.3.1 Faktor ESAL

1. Faktor Pertumbuhan

Besarnya pertumbuhan lalu lintas telah ditetapkan untuk semua jenis kendaraan selama umur rencana. Pertumbuhan lalu lintas dihitung dengan persamaan :

$$Growth Factor = \frac{|1+g|^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

g = persentase pertumbuhan lalu lintas %

n = umur rencana (tahun)

2. Tingkat Pelayanan

Tingkat pelayanan dibagi menjadi dua yaitu tingkat pelayanan (Po) dan tingkat pelayanan akhir (Pt). tingkat pelayanan berdasarkan AASHTO diharuskan sama atau lebih dari 4,0. Nilai tingkat pelayanan awal (Po) untuk perkerasan kaku yang direkomendasikan oleh AASHTO Road Test adalah 4,5 dan untuk perkerasan lentur 4,2.

Angka PSI diperoleh dari pengukuran kekasaran (roughness), dan pengukuran kerusakan (distress) seperti retak-retak, amblas, alur.. Angka PSI pada akhir umur rencana adalah angka yang masih dapat diterima sebelum pelapisan ulang (overlay). Angka antara 3,0 - 3,5 adalah yang disarankan untuk digunakan pada jalan kelas tinggi. Sedangkan angka 2,0 untuk jalan kelas rendah.

Salah satu kriteria untuk menentukan tingkat pelayanan pada akhir umur rencana (Pt) dapat didasarkan dari volume lalu lintas. Nilai Pt berdasarkan volume lalu lintas ditunjukkan pada tabel 2.11 dibawah ini :

Tabel 2.11 Indeks Pelayanan Akhir Berdasar Volume Lalu Lintas

Volume Lalu lintas	ADT	Terminal Serviceability Pt
High Volume	> 10.000	3,0-3,5
Medium Volume	3.000-10.000	2,5-3,0
Low Volume	< 3.000	2,0-2,5

Sumber: MaineDOT/ACM Pavement Committee, 2007

Selanjutnya ΔPSI dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\Delta PSI = P_o - P_t \dots \dots \dots (2.50)$$

Dimana:

P_o = indeks pelayanan pada awal umur rencana.

P_t = indeks pelayanan pada akhir umur rencana.

3. Angka Ekuivalen ESAL

Perbandingan antara kehilangan tingkat pelayanan dari P_o sampai P_t dengan kehilangan tingkat pelayanan dinyatakan sebagai nilai G . Untuk menentukan faktor ESAL nilai G dihitung dengan nilai P_t yang telah ditentukan sebelumnya.

$$G = \text{Log} \left(\frac{P_o - P_t}{P_o - 1,5} \right) \dots \dots \dots (2.51)$$

Dimana:

G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan

P_o = indeks pelayanan awal

P_t = indeks pelayanan akhir

Sebelum menghitung faktor ESAL, beban sumbu kendaraan diubah atau dikonversi dari satuan ton ke dalam kips terlebih dahulu. Berikut adalah tabel 2.12. konfigurasi beban sumbu kendaraan :

Tabel 2.12 Beban Sumbu Kendaraan

Beban Sumbu Kendaraan	
Lx	
Ton	Kips
1	2.2045
2	4.409
3	6.6135
4	8.818
5	11.0225
6	13.227
7	15.4325
8	17.636
9	19.8405
10	22.045
11	24.2495
12	26.454
13	28.6585
14	30.863
15	42.987

Sumber: AASHTO 93

Variasi beban sumbu terlihat dari beban yang diberikan dari setiap golongan kendaraan. Bina marga mengelompokkan beberapa kendaraan sebagai Tabel 2.13 berikut

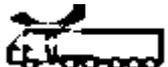
Tabel 2.13 Penggolongan Masing Masing Jenis Kendaraan

No.	Jenis kendaraan yang masuk kelompok	Golongan
1.	Sedan, jeep, dan Station Wagon	2
2.	Opelet, Pick-up opelet, Sub-urban, Combi,	3
3.	Pick-up, Micro Truck dan Mobil hantaran atau Pick-up Box	4
4.	Bus Kecil	5a
5.	Bus	5
6.	Truk ringan 2 sumbu	6a
7.	Truk sedang 2	6
8.	Truk 3 sumbu	7a
9.	Truk	7
10.	Truk Semi Trailer	7

Sumber: Pd.T-19-2004-B

Berikut adalah gambar masing masing jenis golongan kendaraan:

Tabel 2.14 Golongan Kendaraan

Jenis kendaraan	Gambar
gol 2 & 3	
gol 5b	
gol 6a	
gol 6b	
gol 7a	
gol 7c	

Sumber: Pd.T-19-2004-B

Fungsi desain dan variasi sumbu kendaraan yang menyatakan jumlah perkiraan banyaknya sumbu kendaraan yang akan diperlukan sehingga permukaan perkerasan mencapai tingkat pelayanan = 1,5 dinyatakan sebagai β . Nilai D adalah asumsi tebal pelat yang telah ditentukan. Nilai D digunakan untuk menghitung β_x dan β_{18} .

$$\beta_{18} = 0,4 + \left(\frac{0,081x(L18+L2)^{3,23}}{(D+1)^{5,19}x^{3,23}} \right) \dots\dots\dots (2.52)$$

$$\beta_x = 0,4 + \left(\frac{0,081x(Lx+L2)^{3,23}}{(D+1)^{5,19}x(L2)^{3,23}} \right) \dots\dots\dots (2.53)$$

Dimana :

- β = faktor desain dan variasi beban sumbu.
- D = tebal asumsi perkerasan.
- Lx = beban sumbu yang akan dievaluasi (kips)
- L18 = beban sumbu standar dalam (18 kips)
- L2 = notasi konfigurasi sumbu.
- L2 = 1 untuk beban tunggal, 2 untuk beban tandemm 3 untuk beban trip

Nilai W_x / W_{18} dapat dihitung setelah nilai G, β_{18} dan β_x diketahui.

$$\frac{W_x}{W_{18}} = \left(\frac{L18+L2}{Lx+L2} \right)^{4,79} x \left(\frac{10^{\frac{G}{\beta_x}}}{10^{\frac{G}{\beta_{18}}}} \right) x L2^{4,33} \dots\dots (2.54)$$

Dimana :

- W = ekuivalen beban sumbu standar (W = 18.000) lbs (80KN).
- G = faktor perbandingan kehilangan tingkat pelayanan
- Lx = beban sumbu yang akan dievaluasi (kips)

- L18 = beban sumbu standar 18 kips
- L2 = notasi konfigurasi sumbu (1 = sumbu tunggal, 2 = sumbu tandem, 3 = sumbu tripel)

Nilai faktor ESAL (LEF) dapat dihitung setelah W_x / W_{18} diketahui.

$$LEF = \frac{1}{W_x / W_{18}} \dots\dots\dots (2.55)$$

Dimana :

LEF = faktor ESAL

$\frac{W_x}{W_{18}}$ = perbandingan ekivalen sumbu x terhadap sumbu standar

Nilai faktor ESAL yang didapat sebelumnya kemudian dijumlah untuk mendapat faktor ESAL total dari setiap jenis kendaraan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Total LEF} = \text{LEF depan} + \text{LEF belakang} \dots\dots (2.56)$$

4. Lalulintas Rencana ESAL

Untuk menghitung lalu lintas rencana ESAL adalah lalu lintas rencana dikali dengan faktor ESAL total, dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Lalu lintas rencana} = \text{LHR} \times \text{GF} \times 365 \dots\dots\dots (2.57)$$

$$\text{Lalu lintas rencana ESAL } (\hat{W}_{18}) = \text{LL rencana} \times \text{TOT LEF} \dots\dots (2.58)$$

Dimana :

LHR = Lintas harian rata-rata

GF = angka pertumbuhan (%)

2.3.2 Faktor Distribusi

Faktor distribusi arah (DD) = 0,3 – 0,7 dan umumnya diambil 0,5 (diambil dari AASHTO 1993 halaman II-9). Faktor distribusi lajur (DL), mengacu pada table 2.15 (diambil dari AASHTO 1993

Tabel 2.15 Faktor Distribusi Lajur (DL)

Jumlah Lajur Setiap Arah	DL (%)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Rumus umum desain lalu-lintas (ESAL = Equicalent single axle load) adalah:

$$W_{18} = w_{18} \times D_D \times D_L \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana :

W_{18} = Traffic desain pada lajur lalu-lintas

D_D = Faktor distribusi arah

D_L = Faktor distribusi lajur

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

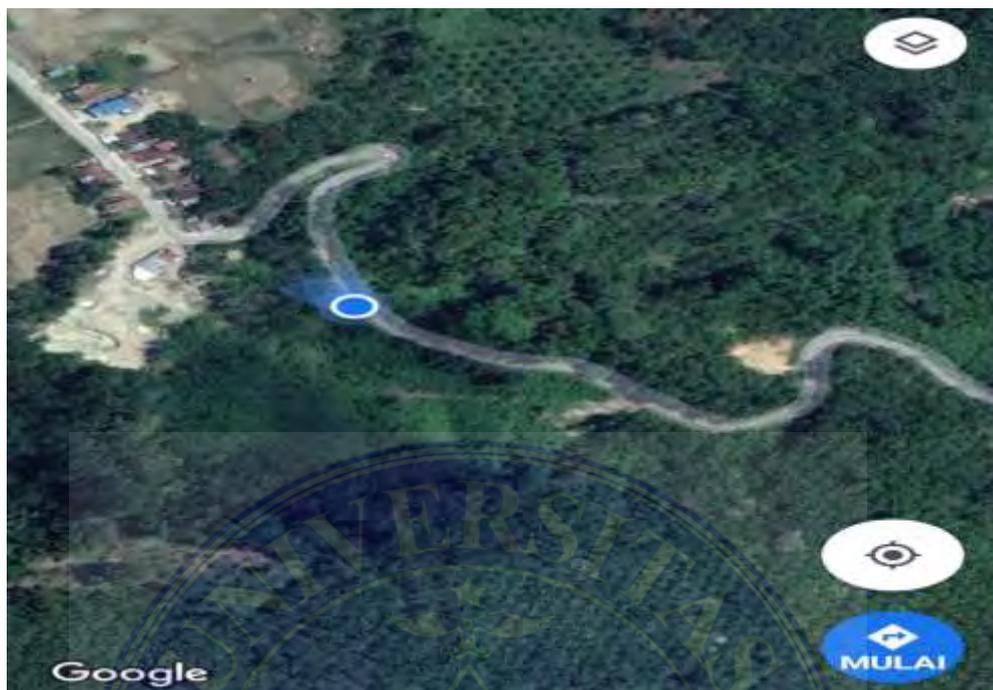
3.1. Deskripsi penelitian

Kabupaten Aceh Singkil adalah merupakan salah satu kabupaten di Propinsi Aceh, Kabupaten Aceh Singkil merupakan pemekaran dari kabupaten Aceh Selatan dan sebagian wilayahnya berada dibawah taman kawasan nasional Gunung louser Kabupaten ini juga terdiri dari daratan dan daerah kepulauan. Wilayah kabupaten yang letaknya strategis dengan pantai ini berbatasan dengan :

- Sebelah Selatan berbatasan dengan Samudara Indonesia
- Sebelah Barat berbatasan dengan kabupaten Aceh Selatan
- Sebelah Timur berbatasan dengan Tapanuli Tengah (Sibolga Sumatera Utara)
- Sebelah Utara berbatasan dengan kabupaten Aceh Tengah dan Kabupaten Pakpak Barat

Penelitian ini terletak di desa Bulusema merupakan jalan propinsi primer, daerahnya banyak dijumpai tikungan terletak didaerah kawasan berbukit dan banyak mempunyai jalan terjal, kondisi geometrik tikungan bulusema merupakan salah satu tikungan berbelok tajam yang ekstrim dan dimana daerah ini sering terjadi kecelakaan disamping tikungan yang tajam juga kondisi jalan menurun, dari hal tersebut perlu adanya evaluasi ulang tentang geometrick tikungan agar tikungan tercapai dari segi keselamatan dan juga mobilitas kendaraan dan pengguna jalan terutama sekali pengemudi kendaraan.

3.2. Peta Lokasi Penelitian



Sumber : Google.Com

Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian

3.3. Metode Survei

Metode penelitian merupakan cara ilmiah dalam mencari dan mendapatkan data, serta memiliki kaitan dengan prosedur dalam melakukan penelitian dan teknis penelitian. Proses perencanaan dalam melakukan penelitian perlu dilakukan analisis yang teliti, semakin rumit permasalahan yang dihadapi semakin kompleks pula analisis yang akan dilakukan. Analisis yang baik memerlukan data atau informasi yang lengkap dan akurat disertai dengan teori atau konsep dasar yang relevan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Survey yaitu dengan mengadakan pengamatan langsung keadaan lapangan sesungguhnya. Hal ini

mutlak dilakukan agar dapat diketahui kondisi aktual pada saat ini, sehingga diharapkan tidak terjadi kesalahan dalam evaluasi dan perencanaan. Data yang diperoleh dari kegiatan survai ini disebut data primer. Data primer adalah data utama yang diperoleh dengan cara observasi langsung ke lapangan.

3.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data merupakan kegiatan yang sangat penting dan sangat mempengaruhi terhadap keberhasilan dari analisis yang dilakukan, hal ini dapat dipahami karena seluruh tahap – tahap dalam analisis maupun perencanaan transportasi sangat tergantung pada keadaan data. Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan seluruh data mentah yang akan digunakan dalam kajian terhadap analisa geometrik jalan bulusema Kab. Aceh Singkil. Pengumpulan data dalam penelitian ini terdiri dari dua jenis yaitu :

- data yang diperoleh dari pengamatan langsung dilapangan (data primer)
- data yang diperoleh dari instansi yang terkait (data sekunder).

3.5. Alat Survey Lapangan

Dalam penelitian ini menggunakan beberapa alat untuk menunjang pelaksanaan sebagai berikut :

1. Formulir survey.
2. Alat tulis.
3. Alat ukur (Meteran).
4. Kompas
5. Theodolite
6. Kamera (dokumentasi)

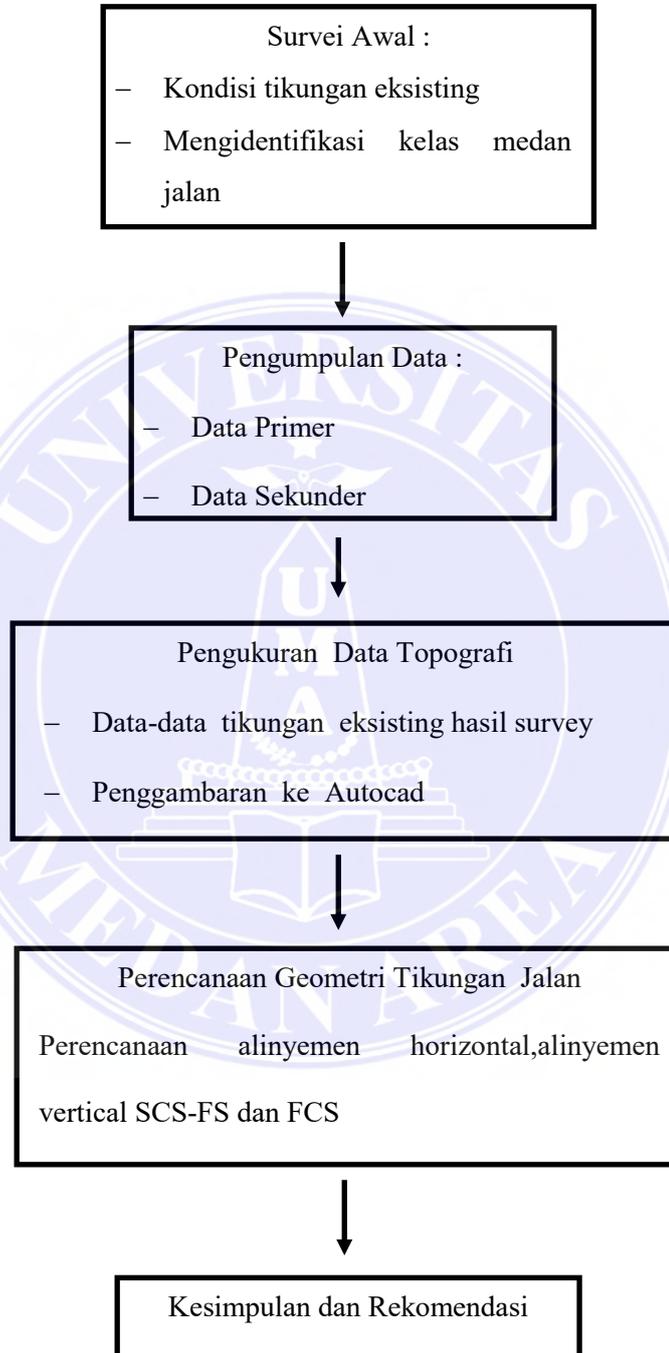
3.6. Langkah – langkah Pengumpulan Data

Adapun langkah- langkah kerja pengambilan data adalah sebagai berikut :

1. Penetapan pokok masalah yang akan diamati di lokasi jenis kendaraan yang melintas, waktu kendaraan yang melintas pada jam puncak kesibukan.
2. Pembagian kelompok berdasarkan pokok masalah yang akan diamati dilokasi penelitian. Setelah kelompok terbentuk, maka diadakan penjelasan kepada anggota kelompok mengenai cara pengambilan data dan pengisian lembar formulir.
3. Pengambilan data mulai dilaksanakan dengan menyamakan waktu masing-masing personil dan dibatasi waktu pengambilan data tersebut.
4. Penempatan dan jumlah surveyor di masing-masing lokasi minimal dua orang untuk satu lokasi penelitian

3.7. Kerangka Berpikir

Adapun alur kegiatan dalam penelitian digambarkan dalam bentuk diagram berikut ini :



Gambar 3.2 Bagan Alir penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapat dari hasil pengukuran dan analisa data yang telah di laksanakan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan metode SS dan FCS tikungan tidak memenuhi, namun dari hasil perhitungan SCS geomtrik jalan masih memenuhi syarat akan tetapi masih dibutuhkan penambahan perkerasan samping sehingga lebar badan jalan bertambah.
2. Hasil evaluasi yang yang dilakukan dengan metode SCS geometric 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 ($R_d \text{ min}$) tikungan = 50 meter untuk daerah tikungan masih dibutuhkan pelebaran badan jalan (B) = 1,91 m agar ruang jalan menyiap kendaraan terpenuhi terutama pada saat kendaraan melewati tikungan secara bersamaan.
3. Kelandaian dan mobiliias Tikungan bulu sema dianggap cukup berbahaya bagi pengendara baik pengendara mobil, sepeda motor dan pengendara lainnya yang melintasi jalan tersebut untuk melakukan manover berbelok kiri kelandaian yang relative max = 10 % terutama pada saat kendaraan melewati penurunan jalan

4. Salah satu faktor sering terjadi kecelakaan lalulintas jalan ataupun ketidaknyamanannya mobilitas jalan adalah merupakan salah satu penyebab kecelakaan disebabkan tikungan jalan masih belum standard apalagi kondisi permukaan jalan yang licin pada saat hujan sering menimbulkan kecelakaan di tikungan tersebut,

5.2. Saran

Adapun saran dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Melihat dari kondisi geometrik jalan yang belum terpenuhi dan lebar bahu jalan pada jari-jari tikungan masih lebar, maka disarankan pihak Pekerjaan Umum Bina Marga agar menambah lebar perkerasan jalan sehingga bagi kendaraan yang melewati tikungan lebih mudah apalagi pada saat kendaraan bersamaan lewat pada tikungan tersebut.
2. Kondisi tikungan yang tajam, menurun dan permukaan jalan yang licin untuk mengurangi terjadinya kecelakaan perlu pembuatan marka jalan terutama optic di tikungan sehingga dapat mengatasi terjadi kecelakaan pada ruas jalan tersebut.
3. Pada perencanaan Trase jalan sebaiknya dalam mendesain tikungan agar jangan terlalu melengkung dan pendek, karena selain jarak pandangnya yang semakin pendek, membuat pengguna jalan merasa tidak aman dan tidak nyaman dalam berkendara.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian PU/ PR - BPSDA 2017 ,Modul 3 Dasar-dasar Perencanaan Geometrik ruas jalan , Bandung
- AASHTO, 2020. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, USA
- Peraturan Pemerintah RI. No.43 tahun 2019, tentang *lalulintas dan angkutan jalan Jalan*, revisi Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2019. *Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan*. Kementrian Pekerjaan Umum RI. Jakarta.
- Silvia Sukirman*, 2018. *Dasar – dasar Perencanaan Geometri jalan*, Edisi revisi Bandung.
- Joetata, 2019. *Rekayasa Jalan Raya*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Arbaiyah. 2013 –*Analisis Geometrik Tikungan Padang Lahir Pasir*” , Jurnal Sipil Statik Vol.1
- Pribadi, Dwijayanto.2013 –*Finjauan Geometri Jalan Pada Ruas Jalan Airmadadi-Tondano Menggunakan Alat Bantu Gps*”, Jurnal Sipil Statik Vol.1 No.7
- Presiden Republik Indonesia, 2019. Undang Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan. Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5025, Jakarta.
- Setyawan, Rudy, 2010–*Visualisasi Desain Geometrik Jalan Secara 3D Berdasarkan Perhitungan Alinemen Horisontal dan Alinemen Vertikal*”, Jurnal Informatika Vol 6.
- Sumarsono Agus., Florentina Pungky., dan Djoko Sarwono. 2010 –*Model Kecelakaan Lalu Lintas di Tikungan Karena Pengaruh Konsistensi Alinemen Horizontal Dalam Desain Geometri Jalan Raya*”, Jurnal Media Teknik Sipil Vol. 10..
- Kementerian PU/PR.BPSDM . 2017. *Dasar Dasar Perencanaan Geometri Ruas Jalan* ., Bandung
- Nurdin, M. 2013. *Evaluasi Tikungan Di Ruas Jalan Dekso-Samigaluh Kabupaten Kulonprogo*. Fakultas Teknik. Universitas Negeri Yogyakarta.
- Menteri Pekerjaan Umum. 2015. *Persyaratan Teknis Jalan Dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan (No. 19/PRT/M/2011)*.

Pieter, L. H.. 2010. Evaluasi Jarak Pandang Pada Alinyemen Vertikal dan Horizontal pada Tikungan Jalan Luar Kota. Fakultas Teknik. Universitas Sumatera Utara. Medan

Wasta, Androsario. S. 2014. Analisis Kelayakan Geometri pada Ruas Jalan Ring Road Selatan Yogyakarta KM 36,7- KM 37,4. Tugas Akhir. (Tidak Diterbitkan). Jurusan Teknik Sipil. Universitas Islam Indonesia.



LAMPIRAN I

Data Pengukuran Lapangan Jalan Bulusema Kab. Aceh Singkil

Titik	Jarak (Meter)	Tinggi Alat (Meter)	B.B	B.T	B.A	Sudut Horizontal			Sudut Vertikal			Ket
						Derajat	Menit	Detik	Derajat	Menit	Detik	
1-2	16,200	1,400	1,721	1,813	1,894	31°	26'	20"	92°	34'	40"	
2-3	20,440	1,320	1,115	1,165	1,268	94°	12'	0,5"	154°	15'	40"	
3-4	16,940	1,470	1,120	1,141	1,158	94°	38'	55"	358°	391'	00"	
4-5	20,000	1,440	0,720	0,980	1,080	95°	15'	0,5"	255°	51'	00"	
5-6	27.000	1,450	0,650	0,830	0,964	94°	41'	35"	269°	48'	35"	
6-7	16,500	1,435	0,540	0,720	0,850	96°	24'	55"	267°	0,1'	0,5"	
7-8	43.000	1,435	1,152	1,275	1,450	95°	45'	30"	251°	32'	50"	
8-9	5,800	1,440	0,340	0,464	0,920	194°	15'	45"	82°	17'	35"	
9-10	9,900	1,440	0,500	0,600	0,480	39°	00'	30"	89°	26'	25"	
10-11	10,600	1,440	1,227	1,388	1,400	198°	29'	20"	93°	24'	10"	
11-12	23,900	1,470	0,630	0,850	0,924	249°	0,9'	50"	94°	26'	55"	
12-13	46.000	1,435	1,080	1,120	1,350	251°	57'	20"	94°	51'	00"	
13-14	30.000	1,415	0,640	0,890	1,450	255°	16'	0,5"	92°	12'	55"	
14-15	17,600	1,425	0,980	1,020	1,110	284°	18'	10"	92°	28'	20"	

LAMPIRAN II

Gambar Penelitian



LAMPIRAN II

Gambar Penelitian

