

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 UMUM

Dalam bab ini akan dibahas tentang hal-hal yang dijadikan landasan untuk penelitian ini. Sebagai pedoman dan teori agar penelitian mempunyai landasan yang kuat sesuai dengan peraturan yang ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga.

3.2 PENGERTIAN GEOMETRI JALAN

Dalam perencanaan jalan ada suatu bagian yang mengtitik beratkan perencanaan bentuk fisik dari jalan itu sendiri yaitu geometrik, sehingga jalan tersebut dapat memenuhi fungsinya antara lain memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan menghasilkan infrastruktur yang aman, nyaman dan efisien. Jadi dapat di tarik kesimpulan untuk peneltian ini pengertian geometri jalan adalah suatu bangun jalan yang menggambarkan ruang, bentuk atau ukuran jalan yang baik sehingga memberikan pelayanan yang optimum, aman, nyaman, dan efisien. Adapun pedoman dan teori perencanaan perhitungan geometri jalan ini menggunakan Direktorat Jenderal Bina Marga berguna untuk memperlancar penelitian ini.

3.3 KLASIFIKASI PERENCANAAN

Volume lalu lintas rencana (VLR), fungsi jalan raya, dan kondisi medan. Merupakan faktor pada kelas jalan raya untuk penerapan pengendalian dan kriteria perencanaan geometrik. Volume lalu lintas rencana (VLR) mempunyai peranan yang sangat penting yaitu menjadi pedoman dalam penentuan standar lebar daerah manfaat jalan, standar alinyemen, dan standar lainnya. Kelas-kelas standar juga harus mengikuti fungsi jalan, fungsi jalan dikelompokan menjadi tiga yaitu arteri, kolektor, dan lokal. Standar kelas yang lebih tinggi ditunjukkan untuk fungsi jalan yang lebih tinggi pula, sedangkan untuk kondisi medan berperan dalam pengendalian dan kriteria perencanaan, semakin curam topografi maka tingkat perencanaan geometrik yang berkurang dapat diterima. Untuk medan

pegunungan kelas standar nya mempunyai lebar lajur yang sama, untuk klasifikasi perencanaan berdasarkan faktor-faktornya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Klasifikasi Perencanaan Jalan

Fungsi	Medan Jalan	Volume Lalu Lintas (SMP/hari)	Kelas
Arteri	Datar	> 50.000	1
		\leq 50.000	2
	Bukit	> 50.000	1
		\leq 50.000	2
	Gunung	> 50.000	1
		\leq 50.000	2
Kolektor	Datar	> 30.000	3
		10.000 - 30.000	3
		\leq 10.000	4
	Bukit	> 30.000	3
		10.000 - 30.000	3
		\leq 10.000	4
	Gunung	> 30.000	3
		10.000 - 30.000	3
		\leq 10.000	4
Lokal	Datar	> 10.000	3
		1.000 - 10.000	4
		\leq 1.000	5
	Bukit	> 10.000	3
		1.000 - 10.000	4
		\leq 1.000	5
	Gunung	> 10.000	3
		1.000 - 10.000	4
		\leq 1.000	5

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.4 KECEPATAN RENCANA

V_r adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometri jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas

yang lenggang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Batasan kecepatan jalan-jalan perkotaan haruslah sesuai dengan tipe dan kelas jalan yang bersangkutan bisa dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Kecepatan Rencana (V_r)

Fungsi	Kelas	Kecepatan Rencana (V_r) km/jam
Arteri	Kelas 1	80
	Kelas 2	60
	Kelas 3	-
	Kelas 4	-
	Kelas 5	-
Kolektor	Kelas 1	-
	Kelas 2	-
	Kelas 3	40
	Kelas 4	30
	Kelas 5	-
Lokal	Kelas 1	-
	Kelas 2	-
	Kelas 3	40
	Kelas 4	30
	Kelas 5	20

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.5 KECEPATAN DI LAPANGAN

Kecepatan lapangan adalah kecepatan kendaraan sebenarnya di lapangan. Kecepatan lapangan didapat dengan menggunakan berbagai metode dan salah satunya adalah MCO (*Moving Car Observed*) yaitu metode pengukuran yang mengikutsertakan pengamat dalam kendaraan yang bergerak mengikuti arus lalu-lintas. Untuk menghitung kecepatan di lapangan dapat dihitung pada persamaan 3.1.

$$SMS = \frac{X}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_1} \quad (3.1)$$

Keterangan:

SMS = *Space Mean Speed* / kecepatan rata-rata (km/jam)

X = Jarak yang ditempuh

n = Jumlah sampel kendaraan

$t_1 = \frac{\text{waktu tempuh rata-rata}}{\text{sampel kendaraan}}$

3.6 JARAK PANDANG

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pada saat mengemudi mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan suatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Menurut ketentuan Bina Marga jarak pandang terdiri dari Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

3.6.1 Jarak Pandang Henti

Jarak Pandang Henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan didepan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti. Untuk menghitung Jarak Pandang Henti dapat menggunakan persamaan 3.2.

$$\begin{aligned} \text{JPH} &= \text{Jht} + \text{Jhr} \\ &= \left(\frac{v}{3,6} \right) \times t + \left(\frac{(v/3,6)^2}{2gf} \right) \end{aligned} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Jht = Jarak tanggap yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan sampai saat pengemudi melihat suatu halangan sampai saat pengemudi menginjak rem.

Jhr = Jarak pengereman yang diperlukan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

V = Kecepatan rencana (km/jam)

- t = Waktu tanggap, ditetapkan Bina Marga 2,5 detik
 g = Percepatan gravitasi, 9,8 m/dt²
 f = koefisien gesek memanjang antara ban dengan perkerasan aspal,
 (0,30-0,40)

Berikut Tabel 3.3 yang dapat digunakan untuk mengetahui jarak pandang henti minimum.

Tabel 3.3 Jarak Pandang Henti Minimum

Vr (km/jam)	80	70	60	50
JPH minimum (m)	120	105	75	55

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.6.2 Jarak Pandang Mendahului

Jarak Pandang Mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Dalam Bina Marga Jarak Pandang Mendahului dibagi menjadi dua macam yaitu Jarak Pandang Mendahului Total dan Jarak Pandang Mendahului Minimum. Jarak Pandang Mendahului Total merupakan seluruh panjang yang dibutuhkan oleh kendaraan yang akan menyiap dimulai dari gerakan masuk ke lajur kanan sampai masuk ke lajur kiri ditambah jarak bebas dengan kendaraan yang berlawanan pada saat yang bersamaan. Untuk perhitungan Jarak Pandang Mendahului Total dapat dilihat pada persamaan 3.3. Sedangkan untuk perhitungan Jarak Pandang Mendahului Minimum dapat di lihat pada persamaan 3.4. Dan untuk keterangan jarak yang di tempuh dalam perhitungan Jarak Pandang Mendahului dapat dilihat pada persamaan 3.5, persamaan 3.6, persamaan 3.7, dan persamaan 3.8.

$$\text{JPM Total} = d1 + d2 + d3 + d4 \quad (3.3)$$

$$\text{JPM Minimum} = d1 + d3 + d4 \quad (3.4)$$

$$d1 = 0,278 * t1 * \left(V_r - m + \frac{a \cdot t1}{2} \right) \quad (3.5)$$

$$d2 = 0,278 * V_r * t2 \quad (3.6)$$

$$d3 = \text{Jarak bebas (30 m sampai 100 m)} \quad (3.7)$$

$$d4 = \frac{2}{3} * d2 \quad (3.8)$$

Keterangan:

- d1 = Jarak yang di tempuh pada waktu tanggap (m)
- d2 = Jarak yang di tempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula.
- d3 = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- d4 = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan.
- Vr = Kecepatan rencana (km/jam)
- t1 = Waktu tanggap (2,5 detik)
- t2 = Waktu kendaraan di lajur kanan (9,3–10,4 detik)
- a = Kecepatan rata-rata yang bergantung pada kecepatan rencana (2,26-2,36 km/jam/detik)
- m = Perbedaan kecepatan (15 km/jam)

Jarak Pandang Mendahului memiliki standar dan minimum yang ditetapkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga, standar dan minimum Jarak Pandang Minimum dinyatakan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Jarak Pandang Mendahului Minimum

Vr (km/jam)	80	60	50	40	30	20
JPM Total (m)	550	350	250	200	150	100
JPM minimum (m)	350	250	200	150	100	70

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.7 DAERAH BEBAS SAMPING

Daerah Bebas Samping merupakan ruang yang memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh jarak tertentu (E). Pada daerah ini diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan jarak pandang henti. Adapun perhitungan pada Daerah Bebas Samping pada tikungan dapat dilihat pada persamaan 3.9, dan persamaan 3.10.

$JPH < Lt$

$$E = R * \left(1 - \cos \frac{90 \cdot JPH}{\pi \cdot R} \right) \quad (3.9)$$

$JPH > Lt$

$$E = \left(R * \left(1 - \cos \frac{90 \cdot JPH}{\pi \cdot R} \right) \right) + \left(\frac{JPH - Lt}{2} \sin \frac{90 \cdot JPH}{\pi \cdot R} \right) \quad (3.10)$$

Keterangan:

E = Ruang bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

JPH = Jarak Pandang Henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

3.8 MEDIAN

Median merupakan ruang yang disediakan pada bagian tengah daerah manfaat jalan untuk membagi jalur lalu lintas mengikuti arah nya dan menjamin ruang bebas samping pada jalur. Jalan raya yang memiliki 4 lajur atau lebih harus memiliki median, adapun median mempunyai fungsi yaitu untuk memisahkan dua jurusan arus lalu lintas demi keamanan dan kenyamanan pengemudi dengan demikian guna membatasi belokan supaya arus lalu lintas lancar. Lebar Minimum Median dapat dilihat pada Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Lebar Minimum Median

Kelas Jalan	Lebar Jalur		Lebar Jalur Tepian Minimum (m)
	Minimum	Minimum Khusus	
I	2.50	1.00	0.25
II	2.50	1.00	0.25
III A	1.50	1.00	0.25
III B	1.50	1.00	0.25
III C	1.50	1.00	0.25

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.9 BAHU JALAN

Bahu jalan adalah bagian tepi jalan yang dipergunakan sebagai tempat untuk kendaraan yang mengalami kerusakan berhenti atau digunakan oleh kendaraan darurat seperti ambulans, pemadam kebakaran, polisi yang sedang menuju tempat yang memerlukan bantuan kedaruratan dikala jalan sedang mengalami tingkat macet yang tinggi. Jalan lalu lintas hendaknya dilengkapi dengan bahu jalan, bila jalur lintas telah dilengkapi dengan median, jalur pemisah atau jalur parkir maka bahu jalan tidak diperlukan lagi. Bahun jalan sebaiknya diperkeras, bahu yang tidak diperkeras dipertimbangkan apabila ada pertimbangan ekonomi. Berdasarkan nilai klasifikasi jalan Direktorat Jenderal Bina Marga memiliki lebar minimum Bahu Jalan yang dapat dilihat pada Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Lebar Minimum Bahu Jalan

Bahu Jalan	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Kelas 5
Lebar Minimum (m)	1,25	1,00	0,75	0,75	0,75
Lebar Ideal (m)	3,00	2,50	2,50	2,50	1,50

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.10 LEBAR LAJUR

Lebar Lajur merupakan jalan yang dilewati lalu-lintas, tetapi tidak termasuk bahu jalan. Lajur menjadi salah satu pertimbangan keselamatan kecelakaan dengan adanya pelebaran lajur akan mengurangi tingkat kecelakaan antara 2-15 % per meter pelebaran (nilai yang besar mengacu pada jalan kecil/sempit), lajur pendakian pada kelanjdaian yang curam mengurangi tingkat kecelakaan 25-30 %, lajur menyalip (lajur tambahan untuk menyalip pada daerah datar) mengurangi tingkat kecelakaan 15-20 %. Untuk lebar lajur berbagai klasifikasi perencanaan sebaiknya sesuai dengan Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Lebar Jalur Lalu Lintas

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	Kelas 1	3,50
	Kelas 2	3,25
	Kelas 3	-
	Kelas 4	-
	Kelas 5	-
Kolektor	Kelas 1	-
	Kelas 2	-
	Kelas 3	3,00
	Kelas 4	2,75
	Kelas 5	-
Lokal	Kelas 1	-
	Kelas 2	-
	Kelas 3	-
	Kelas 4	2,75
	Kelas 5	2,75

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga (1990)

3.11 ALINYEMEN HORIZONTAL

3.11.1 Umum

Tampak atas yang menggambarkan jalan secara horizontal yang merupakan garis proyeksi sumbu jalan yang tegak lurus pada bidang peta, jalan yang dimaksud adalah gabungan bentuk jalan lurus dan lengkung (belokan) sesuai dengan arah mata angin. Pada bagian lurus secara geometrik tidak ada masalah, sedangkan yang perlu mendapat perhatian adalah pada bagian lengkung, karena stabilitas gerakan kendaraan di daerah lengkung mengalami gangguan seperti adanya gaya sentrifugal akibat gerakan membelok. Yang perlu mendapat perhatian pada daerah lengkung adalah kecepatan rencana, jari-jari lengkung, jenis dan panjang kurva, super elevasi dan pelebaran jalur. Dalam perencanaan alinyemen horizontal akan ditemui dua jenis bagian jalan yaitu bagian jalan yang

lurus dan bagian jalan yang lengkung atau umumnya disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan. Tiga jenis tikungan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Lingkaran Penuh (Full Circle = FC)
2. Spiral-Lingkaran-Spiral (*Spiral-Circle-Spiral* = S-C-S)
3. Spiral-Spiral (*Spiral-Spiral* = S-S)

3.11.2 Bagian Lurus (Tangen Jalan)

Panjang pada bagian lurus yang harus ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r), dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi yang diakibatkan karena kelelahan. Adapun panjang bagian lurus maksimum dinyatakan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8 Panjang Bagian Lurus Maksimum

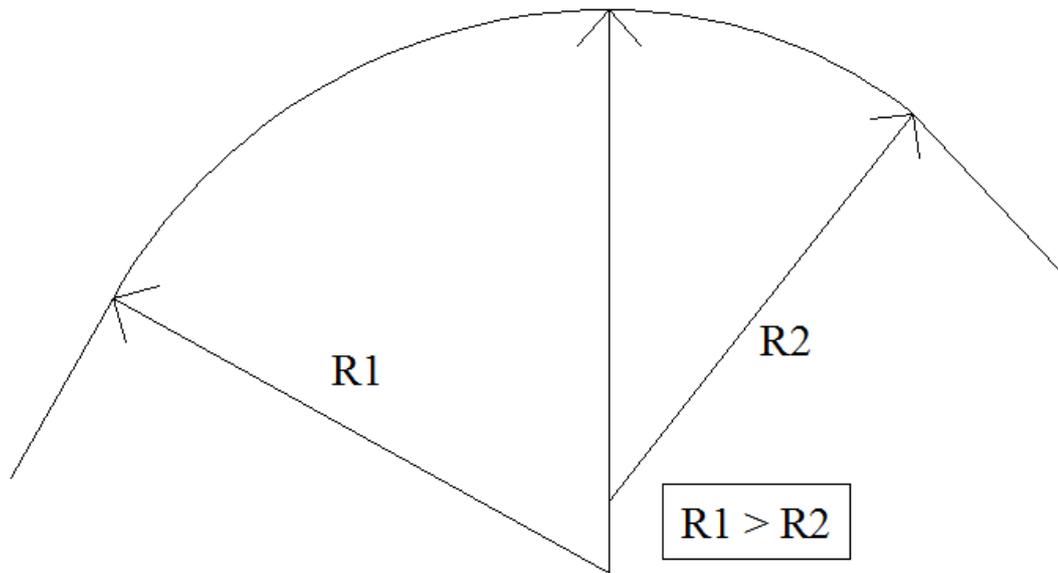
Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

Sumber: Hedarsin (2000)

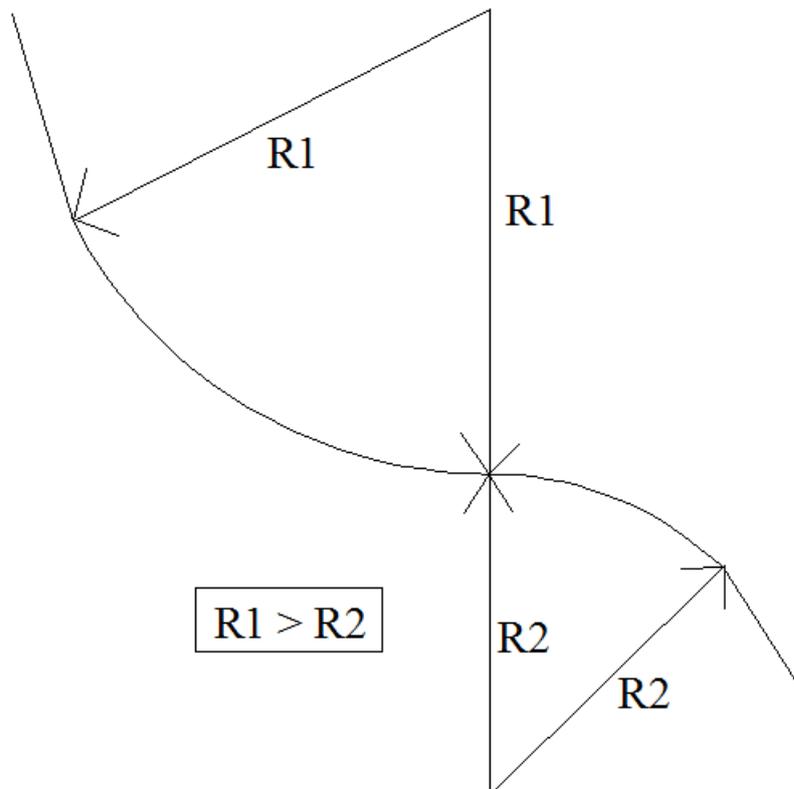
3.11.3 Tikungan Gabungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal dikenal dua macam tikungan gabungan, yaitu tikungan gabungan searah dan tikungan gabungan balik arah.

Tikungan gabungan searah adalah gabungan antar dua atau lebih tikungan dengan arah putaran sama tetapi dengan jari-jari yang berbeda. Sedangkan tikungan gabungan balik arah adalah gabungan dari dua tikungan atau lebih arah putaran yang berbeda, bentuk tikungan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Tikungan Gabungan Searah
(Sumber: Hedarsin, 2000)



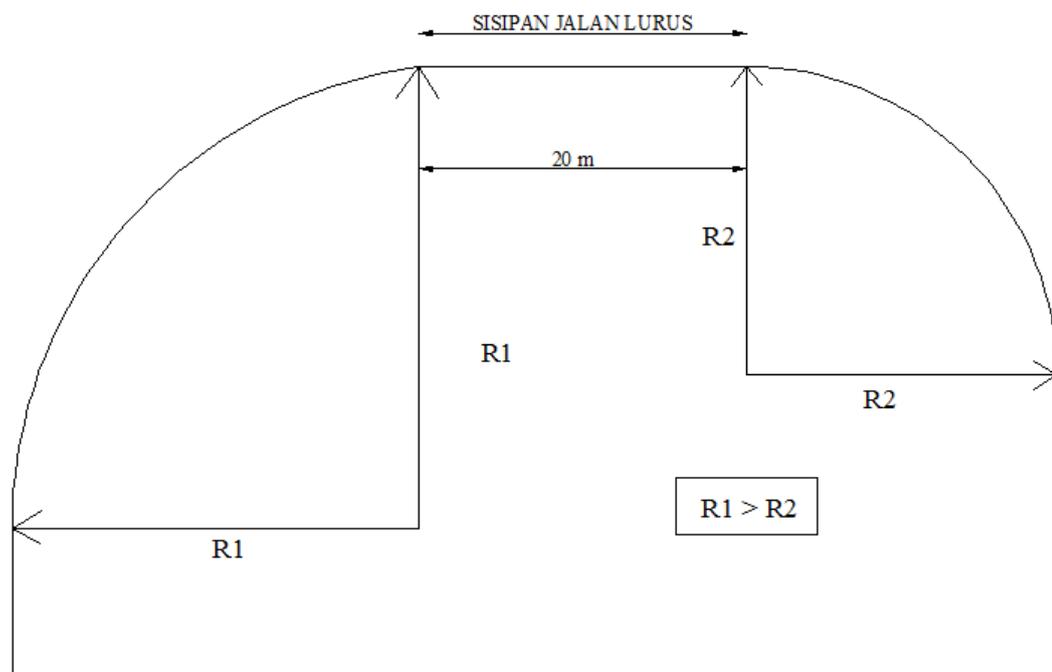
Gambar 3.2 Tikungan Gabungan Balik Arah
(Sumber: Hedarsin, 2000)

Keadaan ini tidak dikehendaki, karena pengemudi mungkin mendapat kesulitan dan ketidaknyamanan dalam mengemudi. Pada tikungan gabungan balik arah tikungan yang berbalik secara tiba-tiba harus dihindari, karena dalam kondisi ini pengemudi sangat sulit untuk mempertahankan kendaraan pada lajunya, sehingga kendaraan bisa keluar dari lajur dan mungkin sulit mengimbangi gaya sentrifugal.

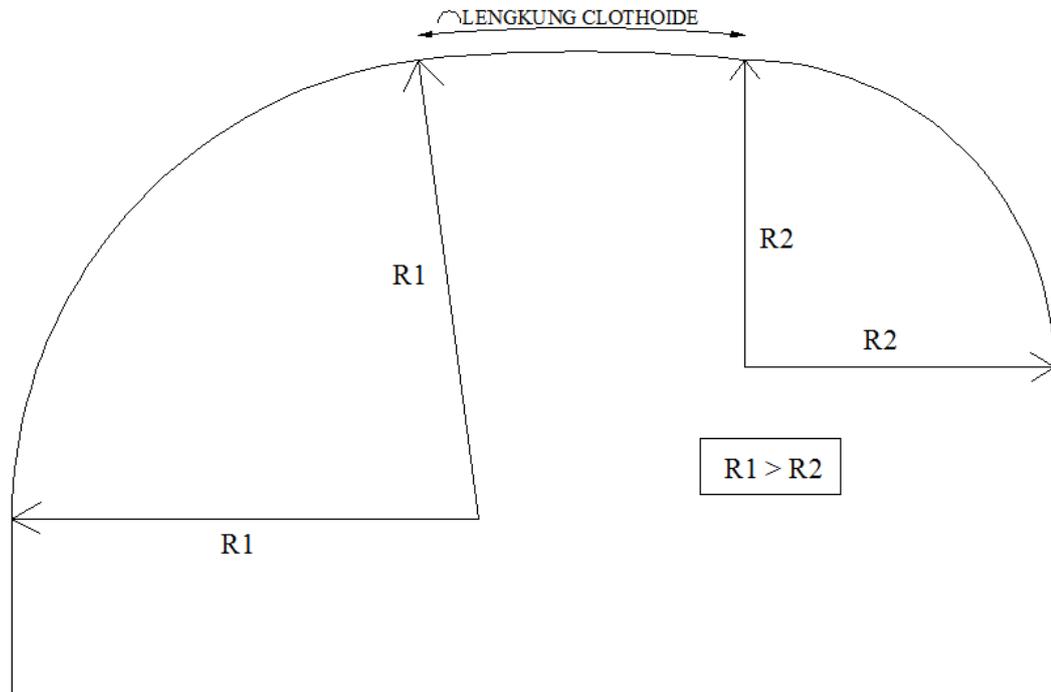
Berdasarkan dasar-dasar perencanaan geometrik jalan, penggunaan tikungan gabungan searah tergantung pada perbandingan R1 dan R2:

$\frac{R2}{R1} \geq \frac{2}{3}$, Tikungan gabungan dua arah harus dihindarkan

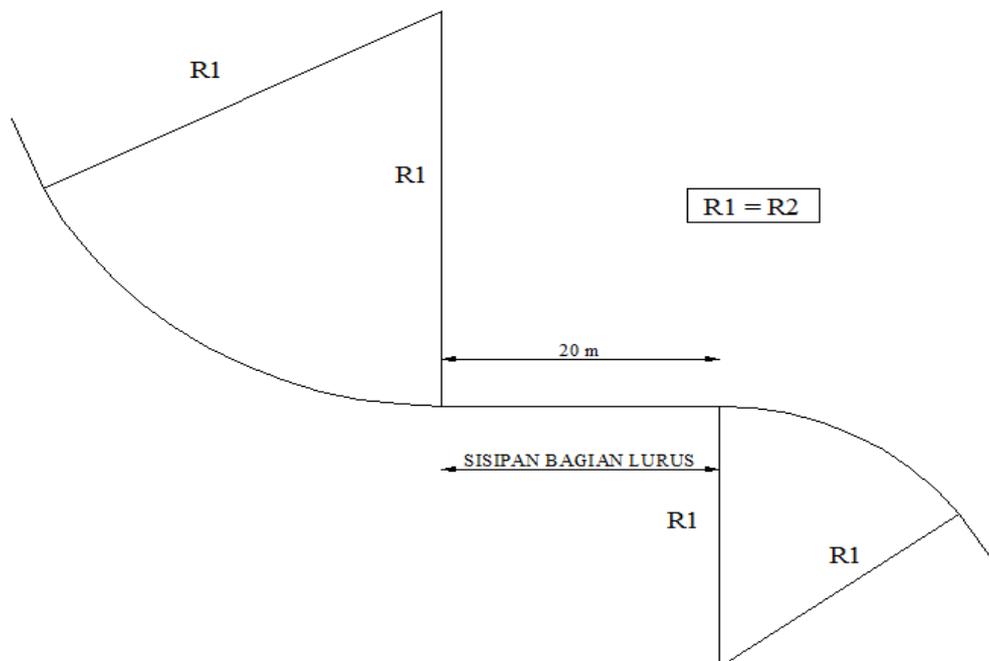
$\frac{R2}{R1} < \frac{2}{3}$, Tikungan gabungan harus dilengkapi bagian lurus atau clothoide sepanjang paling tidak 20 meter, sebagaimana ditampakan pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4.



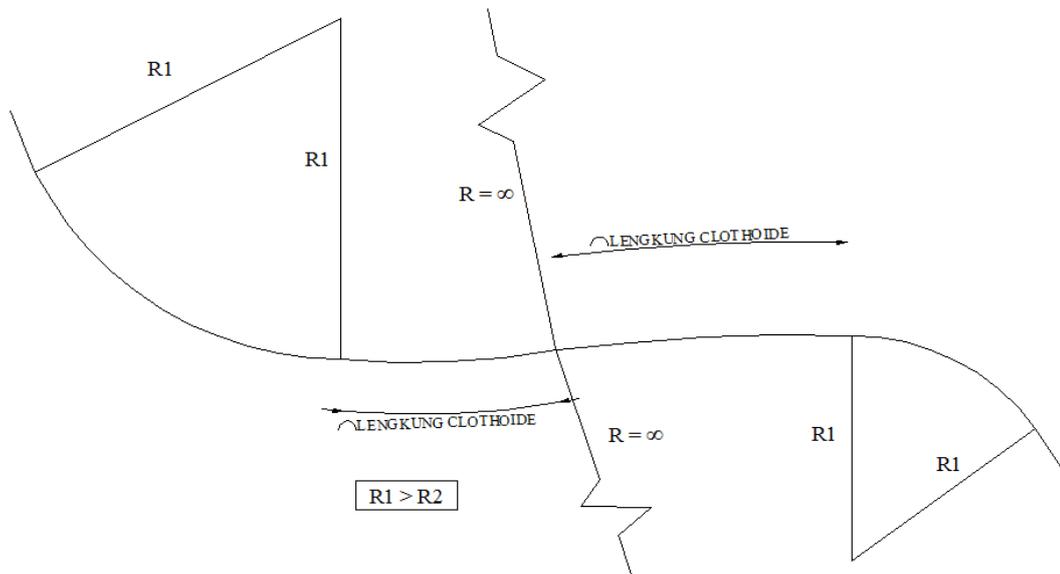
Gambar 3.3 Tikungan Gabungan Searah dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum Sepanjang 20 Meter.
(Sumber: Hedarsin, 2000)



Gambar 3.4 Tikungan Gabungan Searah dengan Sisipan Bagian Lengkung Clothodite
(Sumber: Hedarsin, 2000)



Gambar 3.5 Tikungan Gabungan Balik Arah dengan Sisipan Bagian Lurus Minimum Sepanjang 20 Meter.
(Sumber: Hedarsin, 2000)



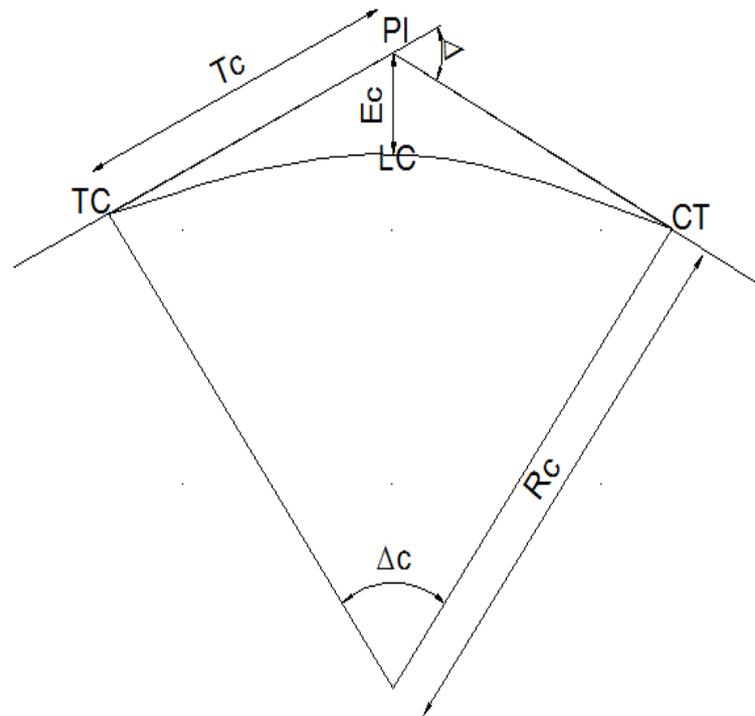
Gambar 3.6 Tikungan Gabungan Balik Arah dengan Sisipan Bagian Lengkung *Clothodite*

(Sumber: Hedarsin, 2000)

3.11.4 Bentuk-Bentuk Tikungan

Bentuk bagian lengkung terdiri dari tiga bentuk tikungan, yaitu:

1. *Full Circle* (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja, tikungan ini merupakan tikungan berbentuk busur lingkaran secara penuh. Tikungan FC hanya digunakan untuk jari-jari tikungan yang besar agar tidak terjadi patahan. Karena dengan jari-jari yang kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Tikungan *Full Circle* dinyatakan pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Tikungan *Full Circle* (FC)
(Sumber: Hedarsin, 2000)

Keterangan:

PI = *Point of Intersection* (titik potongan *Tangen*)

TC = Titik dari *Tangen* ke *Circle*

CT = Titik dari *Circle* ke *Tangen*

Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

Tc = Panjang *Tangen* jarak dari TC ke PI atau PI ke CT (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

Lc = Panjang busur lingkaran, dari titik TC ke titik CT (m)

Δc = Sudut lingkaran (°)

Δ = Sudut tikungan alinyemen horizontal (°)

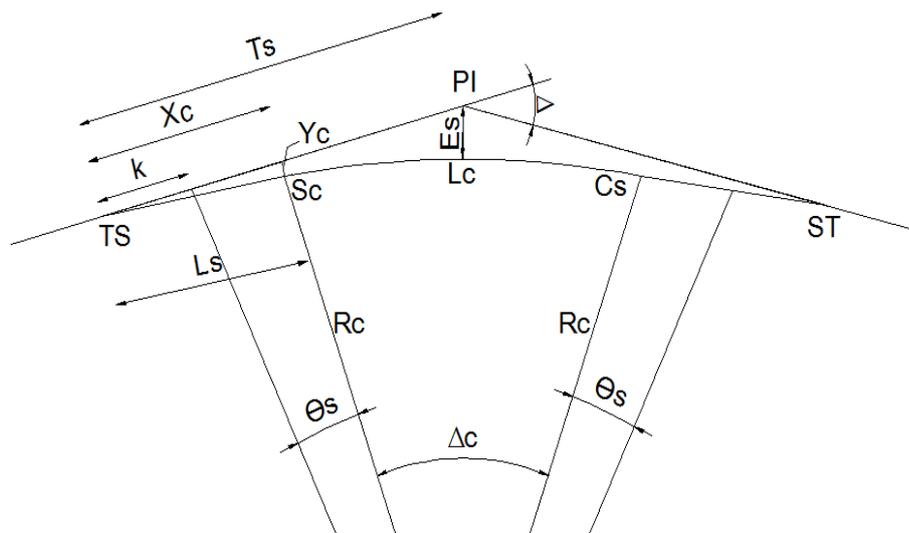
Untuk parameter lengkung *Full Circle* bisa dilihat pada Persamaan 3.11a, Persamaan 3.11b, dan Persamaan 3.11c.

$$Tc = Rc \text{ dan } \frac{1}{2} \Delta \quad (3.11.a)$$

$$Ec = Tc \text{ dan } \frac{1}{4} \Delta \quad (3.11.b)$$

$$L_c = \frac{\Delta \cdot 2\pi \cdot R_c}{360^\circ} \quad (3.11.c)$$

2. *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) merupakan tikungan yang digunakan pada saat tikungan peralihan, lengkung *Spiral-Circle-Spiral* adalah tikungan yang terdiri atas 1 lengkung *Circle* dan 2 lengkung *Spiral*. Lengkung ini disisipkan di antar bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan serta berfungsi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap, lengkung pada tikungan ini merupakan jenis lengkung yang mempunyai jari-jari serta sudut tangen (Δ) sedang, perubahan dari *Tangen* ke lengkung *Spiral* dihubungkan oleh lengkung peralihan (L_s). Bentuk dan komponen *Spiral-Circle-Spiral* dapat bdilihat pada Gambar 3.8.



Gambar 3.8 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

(Sumber: Hedarsin, 2000)

Keterangan:

PI = *Point of Intersection* (titik potongan *Tangen*)

θ_s = Sudut dalam lengkung *Spiral* ($^\circ$)

Δ_c = Sudut dalam lengkung lingkaran ($^\circ$)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

L_s = Panjang lengkung *Spiral*, panjang titik TS ke titik SC atau titik CS ke ST
(m)

- L_c = Panjang busur lingkaran, panjang titik SC ke titik CS (m)
 R_c = Jari-jari lingkaran (m)
 X_c = Absis titik SC pada garis *Tangen*, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)
 Y_c = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis *Tangen*, jarak tegak lurus garis *Tangen* ke titik SC pada lengkung (m)
 T_s = Panjang *Tangen* jarak dari TS ke PI atau PI ke ST (m)
 K = Absis dari p pada garis *Tangen* terhadap *Spiral* (m)
 E_s = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)
 PI = Titik potongan antara 2 garis lintasan lurus (m)
 TS = Titik dari *Tangen* ke *Spiral*
 ST = Titik dari *Spiral* ke *Tangen*
 SC = Titik dari *Spiral* ke *Circle*
 CS = Titik dari *Circle* ke *Spiral*

Pada Persamaan 3.12 bisa dilihat rumus-rumus yang diperlukan untuk perhitungan tikungan S-C-S:

$$\Theta_s = \frac{90.L_s}{\pi.R_c} \quad (3.12.a)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2. \Theta_s \quad (3.12.b)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} \cdot 2\pi.R_c \quad (3.12.c)$$

$$L_{tot} = L_c + 2.L_s \quad (3.12.d)$$

$$X_c = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2}\right) \quad (3.12.e)$$

$$Y_c = \frac{L_s}{6 R_c} \quad (3.12.f)$$

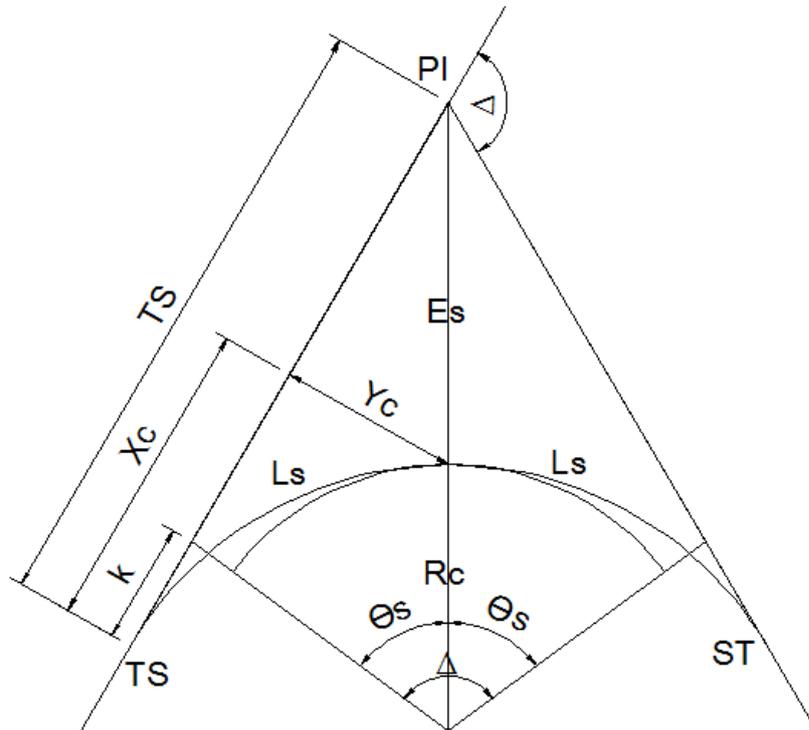
$$P = Y_c - R_c \cdot (1 - \cos \Theta_s) \quad (3.12.g)$$

$$K = X_c - R_c \sin \Theta_s \quad (3.12.h)$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad (3.12.i)$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R_c \quad (3.12.j)$$

3. *Spiral-Spiral* (SS) adalah tikungan yang terdiri atas dua lengkung spiral, jenis lengkung pada tikungan *Spiral-Spiral* mempunyai sudut tangen (Δ) yang sangat besar. Pada lengkung ini tidak dijumpai adanya busur lingkaran sehingga titik SC berhimpit dengan titik CS. Berikut bentuk lengkung *Spiral-Spiral* serta penjelasannya dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)
(Sumber: Hedarsin, 2000)

Keterangan:

PI = *Point of Intersection* (titik potongang *Tangen*)

θ_s = Sudut dalam lengkung *Spiral* ($^\circ$)

Δ_c = Sudut dalam lengkung lingkaran ($^\circ$)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

L_s = Panjang lengkung *Spiral*, panjang titik TS ke titik SC atau titik CS ke ST
(m)

L_s = Panjang lengkung *Spiral*

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

- X_c = Absis titik SC pada garis *Tangen*, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan) (m)
 Y_c = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis *Tangen*, jarak tegak lurus garis *Tangen* ke titik SC pada lengkung (m)
 T_s = Panjang *Tangen* jarak dari TS ke PI atau PI ke ST (m)
 K = Absis dari p pada garis *Tangen* terhadap *Spiral* (m)
 E_s = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)
 TS = Titik dari *Tangen* ke *Spiral*
 ST = Titik dari *Spiral* ke *Tangen*

Parameter lengkung *Spiral-Spiral* dapat dilihat pada Persamaan 3.13 sebagai berikut:

$$\Theta_s = \frac{1}{2} \Delta \quad (3.13.a)$$

$$P = \frac{L_s}{6 R_c} - R_c \cdot (1 - \cos \Theta_s) \quad (3.13.b)$$

$$K = L_s \cdot \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2}\right) - R_c \sin \Theta_s \quad (3.13.c)$$

$$TS = (R_c + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \quad (3.13.d)$$

$$E_s = \frac{R_c + p}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R_c \quad (3.13.e)$$

3.11.5 Jari-Jari Tikungan

Bagian lengkung merupakan bagian kritis pada alinyemen horizontal, gaya sentrifugal merupakan gaya yang akan melemparkan kendaraan keluar daerah tikungan, sehingga ada gaya yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mendapatkan kenyamanan dan keamanan dalam berkendara maka dalam bagian lengkung perlu dibuat suatu kemiringan jalan yang disebut superelevasi (e). Dalam perencanaan yang aman perlu ada perhitungan jari-jari minimum dengan kecepatan tertentu untuk menghindari terjadinya kecelakaan, sehingga pengendara dapat menggunakan jalan dengan aman dan nyaman. Untuk perhitungan dapat dilihat pada Persamaan 3.14.

$$R_{min} = \frac{Vr^2}{127 (e_{max} + f_{max})} \quad (3.14)$$

Keterangan:

R_{min} = Jari-jari lengkung minimum (m)

V_r = Kecepatan rencana (km/jam)

E_{max} = Kemiringan melintang jalan maksimum (%)

F_{max} = Koefisien gesek ban dengan aspal (0,14-0,24)

Penetapan jari-jari minimum dinyatakan pada Tabel 3.9

Tabel 3.9 Jari-jari Tikungan minimum, R_{min} (m)

V_r (Km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
F_{max}	0,12	0,13	0,14	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17
R_{min} (m)	435	335	250	195	135	90	55	30

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (2004)

3.11.6 *Superelevasi*

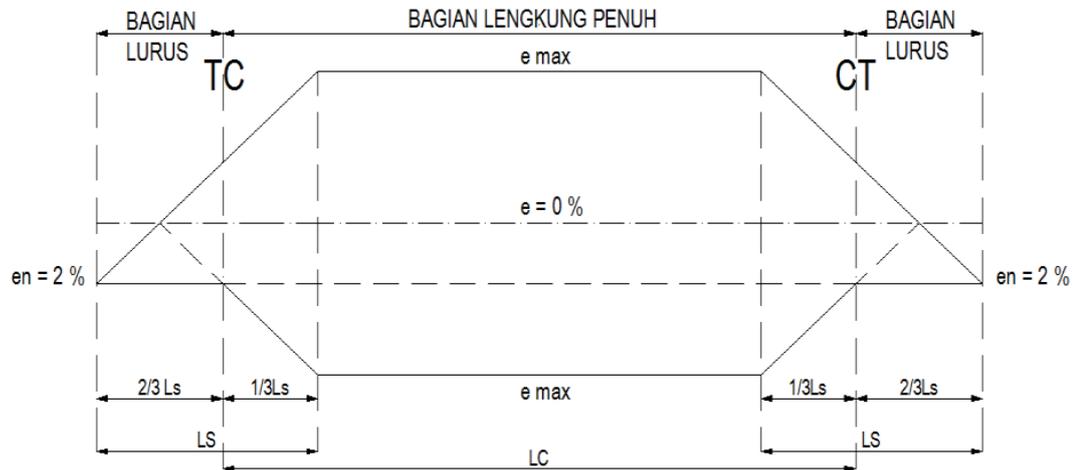
Superelevasi adalah kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan (V_r). Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan, pada setiap tikungan superelevasi sangat penting untuk dibuat kecuali tikungan yang memiliki *radius* yang lebih besar dari R_{min} tanpa superelevasi. Untuk masalah drainasi pada saat pencapaian kemiringan. Pada jalan perkotaan untuk kecepatan rendah bila keadaan tidak memungkinkan, misalnya (akses lahan, persimpangan, tanggung jawab, perbedaan elevasi). Superelevasi ditikungan boleh ditiadakan sehingga kemiringan melintang tetap normal. Jika kondisi tidak memungkinkan superelevasi dapat ditiadakan. Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan kecepatan rencana di tunjukan pada nilai superelevasi. Tabel 3.8 menyatakan jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 3.10 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan lengkung Peralihan

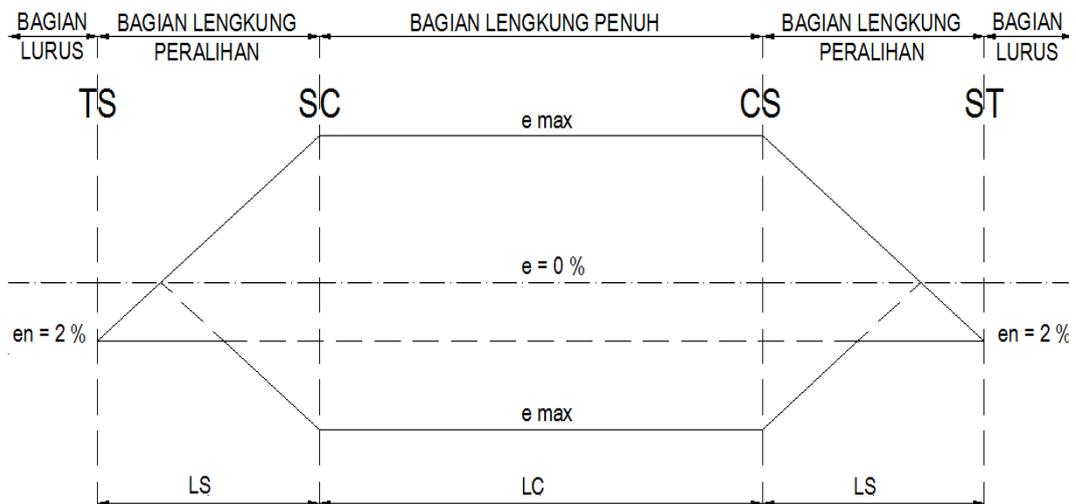
V_r (Km/jam)	80	60	50	40	30	20
R_c min	3500	2000	1300	800	500	200

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, (1990)

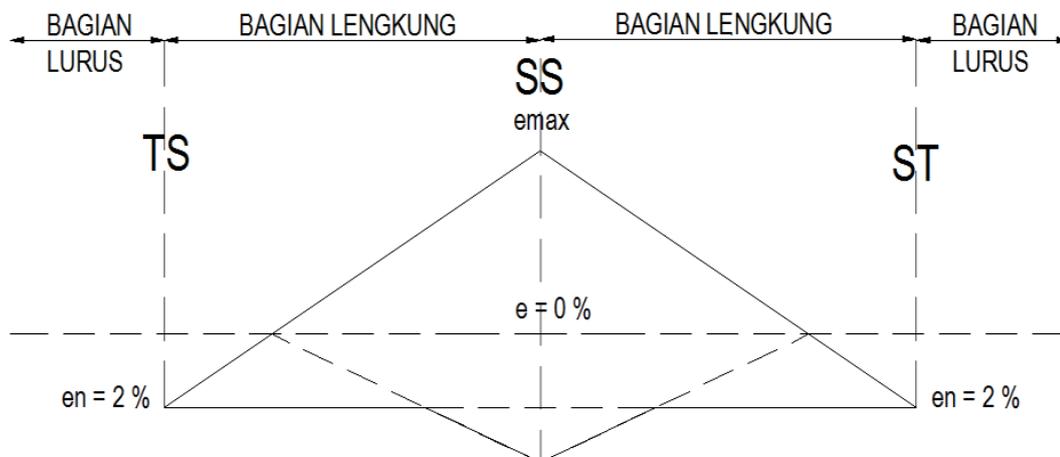
Berikut adalah metoda pencapaian superelevasi pada tikungan pada tikungan FC, SCS, dan SS. Digambarkan pada Gambar 3.10, Gambar 3.11, dan Gambar 3.12.



Gambar 3.10 Superelevasi Tikungan *Full Circle* (FC)
(Sumber: Hedarsin, 2000)



Gambar 3.11 Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)
(Sumber: Hedarsin, 2000)



Gambar 3.12 Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

(Sumber: Hedarsin, 2000)

3.12 ALINYEMEN VERTIKAL

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sering ditemui pada perencanaan vertikal, sehingga terdapat kombinasi berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Ada pula kelandaian = 0 (datar) yang ditemui dalam perencanaannya.

Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh route jalan rencana. Kondisi topografi saja berpengaruh pada perencanaan alinyemen horizontal, tetapi juga mempengaruhi perencanaan alinyemen vertikal. Dibawah ini adalah hal-hal yang dapat diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal yaitu sebagai berikut:

1. Alinyemen vertikal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung ;
2. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian lurus berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau lurus landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.
3. Kemungkinan pelaksanaan pembangunan secara bertahap harus dipertimbangkan, misalnya peningkatan perkerasan, penambahan lajur, dan dapat dilaksanakan dengan biaya yang efisien. Sekalipun demikian, perubahan alinyemen vertikal dimasa yang akan datang sebaiknya dihindarkan.

3.12.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti.

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus mengukan gigi rendah. Adapun kelandaian maksimum dari berbagai kecepatan rencana ditunjukkan pada tabel Tabel 3.11.

Tabel 3.11 Persyaratan Kelandaian Maksimum

Vr (Km/jam)	80	60	50	40	30	20
Kelandaian Maksimum (%)	4	5	6	7	8	9

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, (1990)

Persamaan 3.15 berikut ini merupakan perhitungan yang digunakan untuk mencari kelandaian jalan:

$$g_n = \frac{PPV_n - PPV_{(n-1)}}{Sta\ PPV_n - Sta\ PPV_{(n-1)}} \quad (3.15)$$

Keterangan:

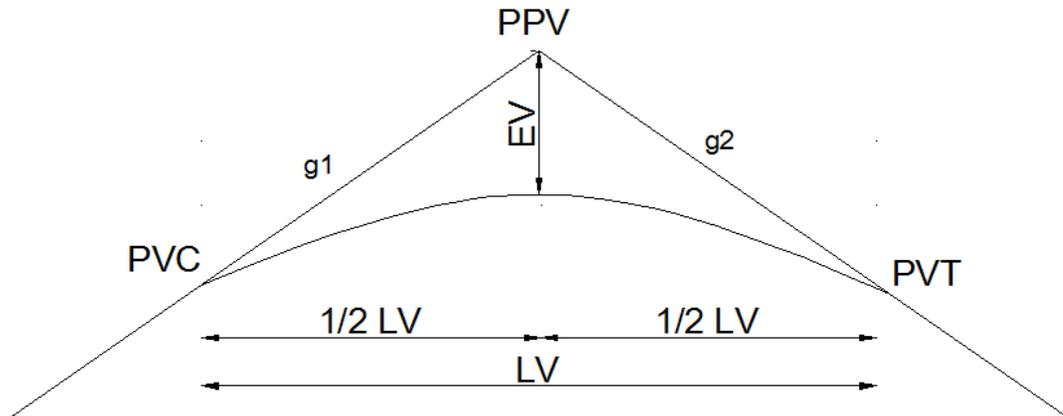
g_n = Kelandaian tangen

PPV = Titik pertemuan kedua garis *tangen*

3.12.2 Panjang Lengkung Vertikal

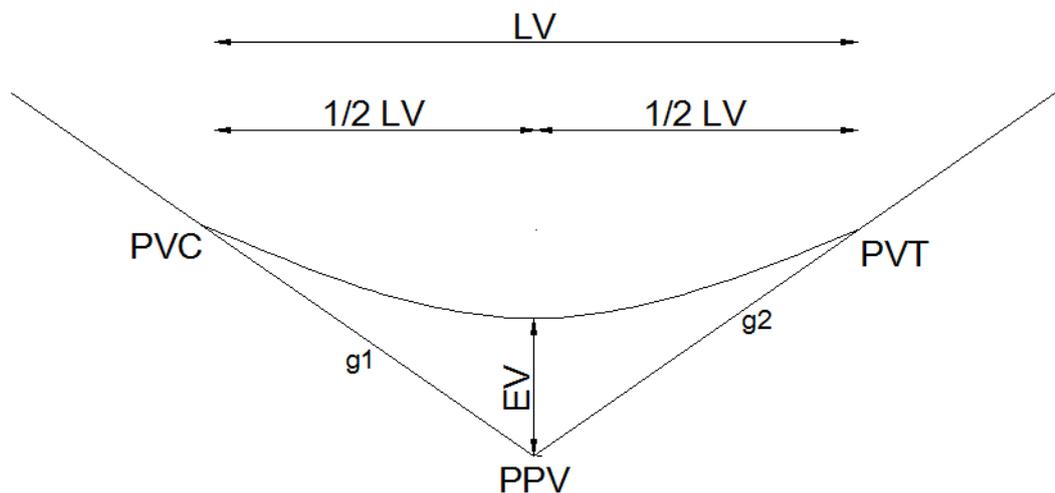
Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti. lengkung vertikal diberikan sebagai lengkung parabola sederhana yang ukurannya ditentukan oleh panjangnya. Yang penting dalam pembuatan lengkung vertikal yaitu menghindari bagian lurus yang pendek antara dua lengkung vertikal dengan tikungan yang arahnya sama. Lengkung vertikal di bedakan menjadi dua macam yaitu:

1. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik potong antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan. Lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Lengkung Vertikal Cembung
(Sumber: Hedarsin, 2000)

2. Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14 Lengkung Vertikal Cekung
(Sumber: Hedarsin, 2000)

Keterangan untuk Gambar 3.13 dan Gambar 3.14 adalah sebagai berikut:

- Lv = Panjang lengkung vertikal
g1 = Kelandaian tangen jalan naik (%)

- g_2 = Kelandaian tangen jalan turun (%)
 PVC = Titik awal lengkung
 PVT = Titik akhir lengkung
 E_v = Jarak busur lingkaran ke titik pertemuan kelandaian

Panjang lengkung vertikal dapat dihitung menggunakan persamaan 3.16 yaitu sebagai berikut:

$$L_v = D \times \frac{\Delta^2}{398} \quad (3.16)$$

Keterangan:

- L_v = Panjang lengkung vertikal (m)
 D = Jarak pandang henti (m)
 Δ = Perbedaan kelandaian (%)

Standar panjang minimum lengkung vertikal tertera pada Tabel 3.12 sesuai dengan kecepatan rencana.

Tabel 3.12 Standar Panjang Minimum Lengkung Vertikal

Kecepatan Rencana (Km/jam)	80	60	50	40	30	20
Standar Panjang Minimum Lengkung Vertikal (m)	70	50	40	35	25	20

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, (1990)

3.13 KOMPOSISI LALU LINTAS

Volume Lalu-Lintas Harian Rata-rata (VLHR) merupakan prakiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu-lintas yang dinyatakan dalam smp/hari. Untuk mencari VLHR digunakan persamaan 3.17.

$$VLHR = \frac{\text{jumlah lalu-lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}} \quad (3.17)$$

Satuan Mobil Penumpang (SMP) adalah arus dari tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan dengan menggunakan Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP).

Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP) adalah faktor yang menunjukkan pengaruh berbagai tipe kendaraan dibandingkan kendaraan ringan terhadap kecepatan, kemudian bermanuver, dimensi kendaraan ringan dalam arus lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan yang sasisnya mirip; $emp = 1,0$).

Dalam menghitung VLHR, karena pengaruh berbagai jenis kendaraan, digunakan faktor Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP). Ketentuan nilai (EMP) untuk ruas jalan yang arusnya tidak dipengaruhi oleh persimpangan, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.13, sedangkan apabila ruas jalan tersebut, arus lalu lintasnya ada pada arus lalu lintas persimpangan.

Tabel 3.13 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Perbukitan	Pegunungan
1	Sepeda Motor, Sedan, Jeep, Station Wagon.	1,0	1,0
2	Pick up, Bus Kecil, Truck Kecil.	2,0	2,5
3	Bus, Truck Dua As	3,0	4,0
4	Truk Bersumbu Tiga, Trial	5,0	6,0

Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga (1990)