BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Jalan Raya

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel (*Peraturan Pemerintah No.34, 2006*).

Dalam perencanaan jalan raya, pola, dan bentuk geometrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

Perencanaan geometrik secara umum, menyangkut aspek-aspek perencanaan elemen jalan seperti lebar jalan, tikungan, kelandaian jalan, dan jarak pandangan serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut, baik untuk suatu ruas jalan, maupun perlintasan diantara dua atau lebih ruas jalan *(Saodang, 2004)*.

2.2 Fungsi Jalan

Berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004 tentan jalan, jalan umum menurut fungsinya dikelompokan ke dalam jalan arteri, jalan kolektor, dan jalan lokal. Klasifikasi fungsi jalan diuraikan sebagai berikut:

1. Jalan arteri adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan utama dengan ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara berdaya guna.
2. Jalan kolektor adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan lokal adalah jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*.

2.3 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

1. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No.013/1990.
2. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, RSNI 2004.
3. Tata Cara Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997

(Saodang, 2004).

Beberapa hal yang harus diperhitungkan dalam perencanaan geometrik jalan adalah sebagai berikut:

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

1. Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
2. Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
3. Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1. Dimensi Kendaraan Rencana

KATEGORI KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR (cm)		RADIUS TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Maks.	Min.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana (V_R) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan, yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu lintas lengang dan pengaruh samping jalan tidak berarti.

Untuk perencanaan jalan antar kota, nilai V_R ditetapkan dengan berdasar pada klasifikasi (fungsi) dan medan jalan, sebagaimana disajikan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kecepatan Rencana, V_R, sesuai klasifikasi fungsi dan klasifikasi medan jalan

FUNGSI JALAN	KECEPATAN RENCANA (V_R - km/jam)		
	DATAR	BUKIT	GUNUNG
Arteri	70 – 120	60 - 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 - 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 - 50	20 – 30

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.3 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghidari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua jarak pandang, yaitu jarak pandang henti (J_h) dan jarak pandang mendahului (J_d).

2.3.3.1 Jarak Pandang Henti (J_h)

J_h adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi J_h. J_h diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. J_h terdiri atas 2 elemen jarak *(Saodang, 2004)*, yaitu:

1. Jarak tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman (J_{hr},) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

J_h, dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \quad \text{.....(2.1)}$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6}.T + \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2.g.f} \quad \text{.....(2.2)}$$

di mana :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det^2

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

Tabel 2.3 berisi J_h minimum yang dihitung berdasarkan persamaan (2.1b) dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai V_R

Tabel 2.3. Jarak Pandang Henti (J_h) minimum

V_R (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.3.2 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

J_d adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. J_d diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. J_d yang sesuai dengan V_R ditetapkan dari Tabel 2.4

Tabel 2.4. Panjang Jarak Pandang Mendahului

V_R (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.4 Gaya Sentrifugal

Apabila suatu kendaraan bergerak dengan kecepatan tetap V pada bidang datar atau miring dengan lintasan berbentuk suatu lengkung seperti lingkaran, maka pada kendaraan tersebut bekerja gaya kecepatan V dan gaya sentrifugal F. Gaya sentrifugal mendorong kendaraan secara radial keluar dari jalur jalannya, berarah tegak lurus terhadap gaya kecepatan V. Gaya ini menimbulkan rasa tidak nyaman pada si pengemudi *(Sukirman, 1999)*.

Gaya sentrifugal (F) yang terjadi F= m.a

$$F = \frac{G.V^2}{g.R} \quad \text{..... (2.3)}$$

dimana:

m = massa (G/g)

G = berat kendaraan (Kg)

A = percepatan sentrifugal (V^2/R)

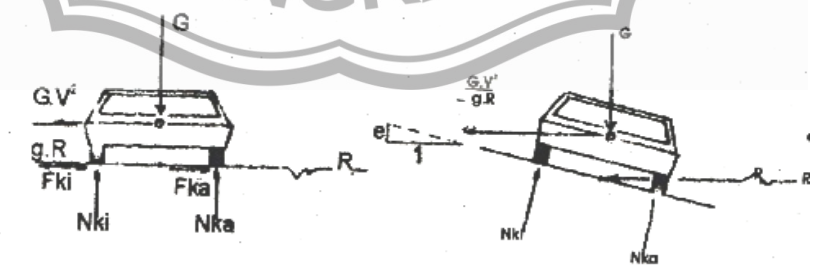
V = kecepatan kendaraan (Km/Jam)

R = jari-jari lengkung lintasan (m)

Dengan demikian besarnya gaya sentrifugal dapat ditulis:

Untuk dapat mempertahankan kendaraan tersebut tetap pada sumbu lajur jalan, maka perlu diadakan suatu gaya yang dapat mengimbangi gaya tersebut, sehingga akan terjadi suatu keseimbangan. Gaya yang mengimbangi terhadap gaya sentrifugal dapat berasal dari:

1. Gaya gesekan melintang antara ban kendaraan dengan permukaan jalan.
2. Komponen berat kendaraan akibat kemiringan melintang permukaan jalan.



Gambar 2.1. Gaya Sentrifugal Pada Kendaraan

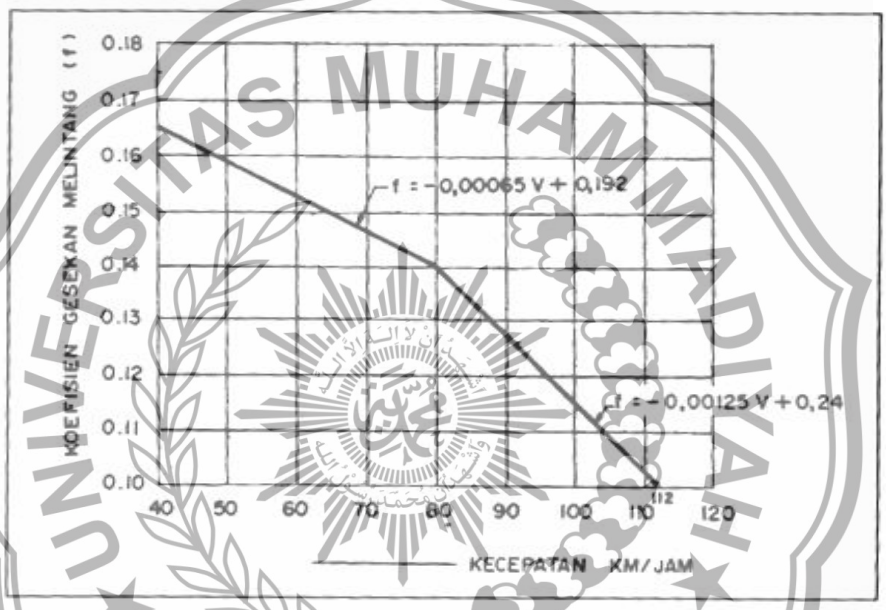
Sumber: *(Sukirman, 1999)*

Dari gambar 2.1 pada permukaan datar akan didapatkan hubungan antara gaya geser melintang F_s, gaya normal antara perkerasan dan ban N, dan gaya sentrifugal, seperti berikut ini:

$$\frac{G.V^2}{g.R} = (N_{kiri}+N_{kanan})F_s = W.F_s \quad \text{..... (2.4)}$$

$$F_s = \frac{V^2}{g.R} \quad \text{..... (2.5)}$$

Perbandingan antara gaya gesekan melintang dan gaya normal yang bekerja disebut koefisien gesekan melintang (f). Koefisien gesekan maksimum akan terjadi pada saat ban akan mengalami selip *(Saodang, 2004)*.



Gambar 2.2. Koefisien Gesek Melintang Maksimum Untuk Perencanaan

Sumber: *Traffic Engineering Handbook (dalam satuan SI)*

(Saodang, 2004)

f_1 = -0,00065V+0,192, berlaku untuk kecepatan V< 80 km/jam, sedangkan

f_2 = -0,00125V+0,24, berlaku untuk kecepatan antara 80 -112 km/jam.

Adapun rumus dasar dari kendaraan yang melintasi tikungan menurut Bina Marga sebagai berikut:

$$e + f = \frac{V^2}{g.R} \quad \text{..... (2.6)}$$

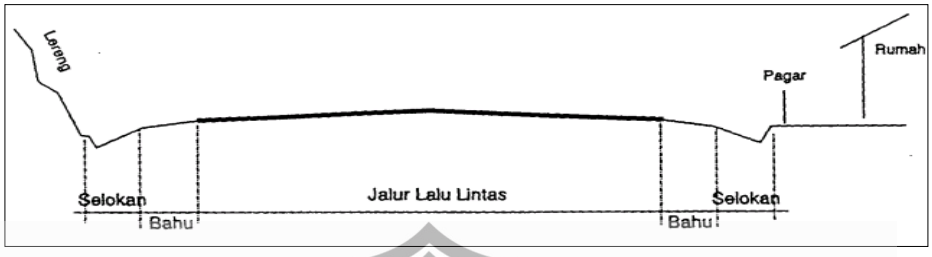
dimana:

e = superelevasi

f = faktor gesekan melintang

2.3.5 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan adalah potongan melintang tegak lurus sumbu jalan. Dan penampang melintang jalan dapat dilihat komponen-komponen dan elemen dari jalan, seperti pada gambar 2.3 *(Saodang, 2004)*.



Gambar 2.3. Penampang Melintang Jalan Tipikal

Sumber: *(Saodang, 2004)*

2.3.5.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas adalah bagian jalan yang dipergunakan untuk lalu lintas kendaraan yang secara fisik berupa perkerasan jalan. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa lajur *(Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)*.

2.3.5.2 Lajur Lalu Lintas

Lajur adalah bagian jalur lalu lintas yang memanjang, dibatasi oleh marka lajur jalan, memiliki lebar yang cukup untuk dilewati suatu kendaraan bermotor sesuai kendaraan rencana. Lebar lajur tergantung pada kecepatan dan kendaraan rencana, yang dinyatakan dengan fungsi dan kelas jalan seperti ditetapkan dalam Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Lebar Lajur Jalan Ideal

Fungsi	Kelas	Lebar Lajur Ideal (m)
Arteri	I	3,75
	II, III A	3,50
Kolektor	III A, III B	3,00
Lokal	III C	3,00

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.5.3 Bahu Jalan

Bahu Jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Yang berfungsi sebagai lajur lalu lintas darurat, tempat berhenti sementara, dan atau tempat parkir darurat, ruang bebas samping bagi lalu lintas, dan penyangga sampai untuk kestabilan perkerasan jalur lalu lintas. Kemiringan bahu jalan normal antara 3 - 5% *(Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)*.

2.4 Alinyemen Horisontal

Alinyemen horisontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horisontal. Alinyemen horisontal dikenal juga dengan nama "situasi jalan" atau "trase jalan". Alinyemen horisontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut "tangen"), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung (*Saodang, 2004*).

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horisontal adalah tikungan, dimana terdapat gaya yang akan melempar kendaraan keluar daerah tikungan yang disebut "Gaya Sentrifugal". Sedangkan "Gaya Sentripetal" merupakan gaya yang akan melemparkan kendaraan ke dalam daerah tikungan, tidak perlu diperhitungkan karena pengaruhnya sangat kecil dalam perencanaan alinyemen horisontal *(Sukirman, 1999)*.

Atas dasar ini, maka perencanaan tikungan diusahakan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan, sehingga perlu dipertimbangkan hal-hal berikut:

2.4.1 Bagian Lurus

Panjang maksimum bagian lurus, harus dapat ditempuh dalam waktu ≤ 2,5 menit (sesuai V_R), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.6

Tabel 2.6. Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang bagian lurus maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.4.2 Tikungan

2.4.2.2 Jari-Jari Tikungan

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum (R_{min}) yang ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V_R^2}{127\,(e_{max} \cdot f)} \quad \text{.....(2.7)}$$

di mana : R_{min} = Jari jari tikungan minimum (m)

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

e_{max} = Superelevasi maximum (%)

f = Koefisien gesek, untuk perkerasan aspal f = 0,14 - 0,24

Tabel 2.7 dapat dipakai untuk menetapkan Rmin

Tabel 2.7. Panjang Jari-Jari Minimum/dibulatkan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari jari Minimum, R_{min} (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.2.2 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.

Panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai terbesar dari 3 persamaan berikut:

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \quad \text{.....(2.8)}$$

di mana: T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_S = 0{,}022 \frac{V_R^3}{RC} - 2{,}727 \frac{V_R e}{C} \quad \text{.....(2.9)}$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_S = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3{,}6\ r_e} \quad \text{.....(2.10)}$$

di mana: V_R = kecepatan rencana (km/jam)

e_m = superelevasi maximum

e_n = superelevasi normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

(untuk $V_R \leq 70$ km/jam = $r_{e\ maks}$ = 0,035 m/m/det)

(untuk $V_R \geq 70$ km/jam = $r_{e\ maks}$ = 0,025 m/m/det)

Tabel 2.8. Panjang Lengkung Peralihan (Ls) dan panjang pencapaian superelevasi (Le) untuk jalan l jalur – 2 lajur – 2 arah

V_R	Superelevasi,e (%)									
	2		4		6		8		10	
(km/Jam)	L_s	L_c	L_s	L_c	L_s	L_c	L_s	L_c	L_s	L_c
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-
									-	
									-	

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

Tikungan dengan R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada Tabel 2.9, tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.9. Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkungan peralihan

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

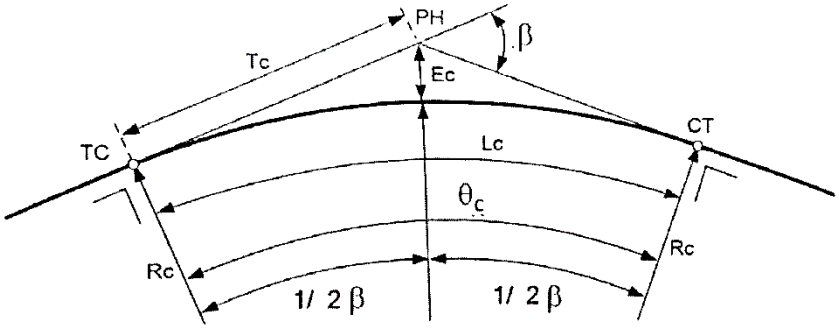
Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.3.2.3 Jenis-Jenis Tikungan

Bagian lengkung atau umum disebut tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu:

1. Tikungan Tipe FC (*Full Circle*)

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 *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.



Gambar 2.4. Tikungan *Full Circle*

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

Keterangan :

Tc : jarak antar TC-PH (m)

Ec : jarak PH ke busur lingkaran (m)

Lc : panjang busur lingkaran (m)

Rc : jari-jari lingkaran (m)

β : sudut perpotongan (derajat)

Rumus-rumus yang diperlukan untuk lengkung tipe ini *(Suwardo dan Haryanto, 2016)* adalah:

a) Tc = Rc. Tan 1/2 β ..... (2.11)

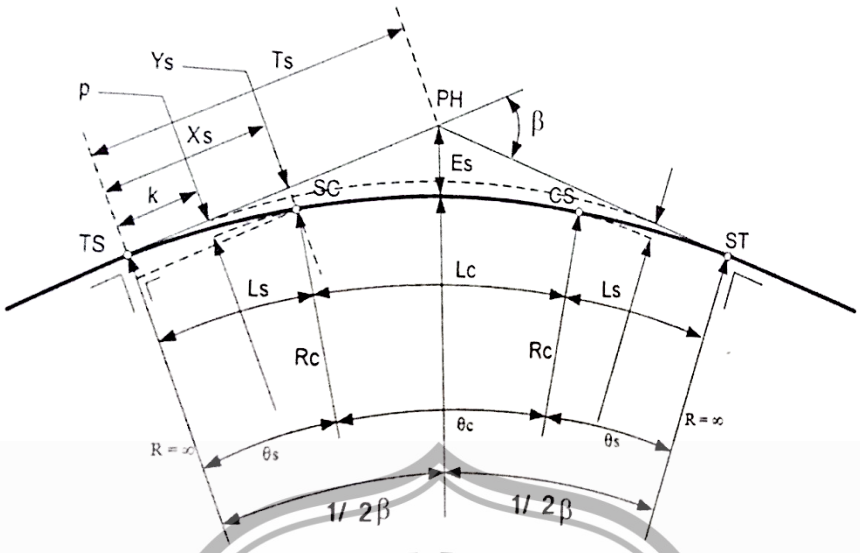
b) Ec = Tc. tan 1/4 β ..... (2.12)

c) Lc = $\frac{2\pi}{360} \times Rc \times \beta$ ..... (2.13)

2. Tikungan Tipe S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*)

S-C-S adalah jenis tikungan yang terdiri dari bagian lengkungan (*Circle*), dan bagian peralihan (*Spiral*) yang diletakkan pada sebelum dan sesudah bagian lengkungan *(Saodang, 2004)*.

Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral yang menghubungkan bagian lurus dengan bagian radius tak terhingga di awal spiral dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius = Rc di akhir spira. Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titk SC adalah titik peralihan bagian spiral ke bagian lingkaran *(Suwardo dan Haryanto, 2016).*



Gambar 2.5. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

Keterangan:

Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)

Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

p = pergeseran busur lingkaran terhadap tangen asli

k = jarak antara TS atau ST terhadap tangen asli (m)

β = besar sudut antar tangen (derajat)

Ts = jarak TS ke PH (m)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Es = jarak PH ke busur lingkaran (m)

Ls = panjang lengkung spiral (m)

Rc = jari-jari rencana (m)

θc = sudut pusat busur lingkaran (derajat)

θs = besar sudut spiral TS-SC (derajat)

L_{tot} = panjang lengkung total (m)

Rumus-rumus yang diperlukan untuk lengkung tipe ini adalah:

$$Xs = Ls - \frac{Ls^3}{40.Rc^2} \quad \text{..... (2.14)}$$

$$Ys = \frac{L^2}{6.Rc} \quad \text{..... (2.15)}$$

$\theta s = \frac{Ls}{2.Rc}$ ..... (2.16)

$\theta c = \beta - 2 \times \theta s$ ..... (2.17)

$Es = \frac{(Rc+p)}{\cos\frac{1}{2}\beta} - Rc$ ..... (2.18)

$Ts = (Rc + p) \times \tan ½ \beta + k$ ..... (2.19)

$Lc = Rc \times \theta c \times \frac{2\pi}{360}$ ..... (2.20)

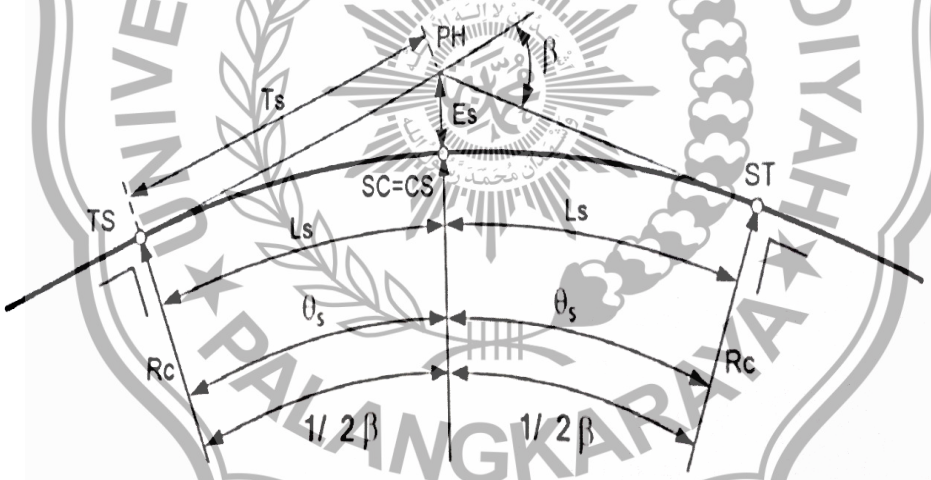
$L_{tot} = Lc + 2 \times Ls$ ..... (2.21)

$P = Ys - Rc (1- \cos \theta s)$ ..... (2.22)

$k = Xs - Rc \sin \theta s$ ..... (2.23)

Jika diperoleh Lc < 20 m, sebaiknya tidak digunakan bentuk *Spiral-Circle-Spiral*, tetapi digunakan lengkung *Spiral-Spiral*, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung peralihan *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*.

3. Tikungan Tipe S-S (*Spiral-Spiral*)



Gambar 2.6. Tikungan *Spiral –Spiral*

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

Rumus-rumus yang diperlukan untuk lengkung tipe ini adalah:

$\theta s = 1/2 \beta$ ..... (2.24)

$Ltot = 2.Ls$ ..... (2.25)

Untuk menentukan θs dapat menggunakan rumus (2.16)

$Ls = \frac{\pi}{90} \times Rc \times \theta c$ ..... (2.26)

Keterangan:

θs = besarnya sudut spiral TS - SC/CS (derajat)

L_{tot} = panjang lengkung total (m)

Ls = panjang lengkung spiral (m)

Rc = jari-jari rencana (m)

θc = sudut pusat busur lingkaran (derajat) = 0

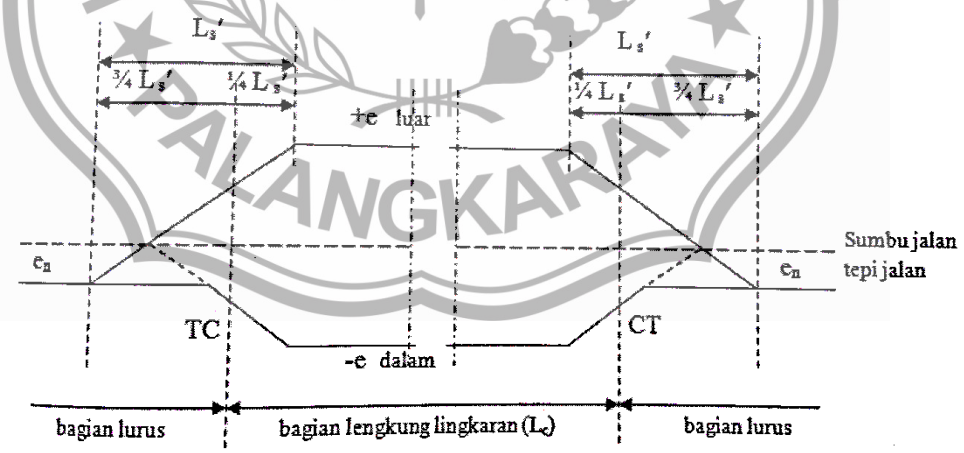
Nilai p, k, Ts, dan Es, dapat menggunakan rumus-rumus (2.22), (2.3), (2.19), dan (2.18) *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*.

2.4.2.4 Diagram Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan maksimum (superelevasi) pada bagian lengkung jalan. Dengan mempergunakan diagram superelevasi, dapat ditentukan bentuk penampang melintang pada setiap titik di suatu lengkung horisontal yang direncanakan.

Diagram superelevasi digambar berdasarkan elevasi sumbu jalan sebagai garis nol. Elevasi tepi perkerasan diberi tanda positif atau negatif ditinjau dari ketinggian sumbu jalan. Tanda positif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih tinggi dari sumbu jalan dan tanda negatif untuk elevasi tepi perkerasan yang terletak lebih rendah dari sumbu jalan *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.

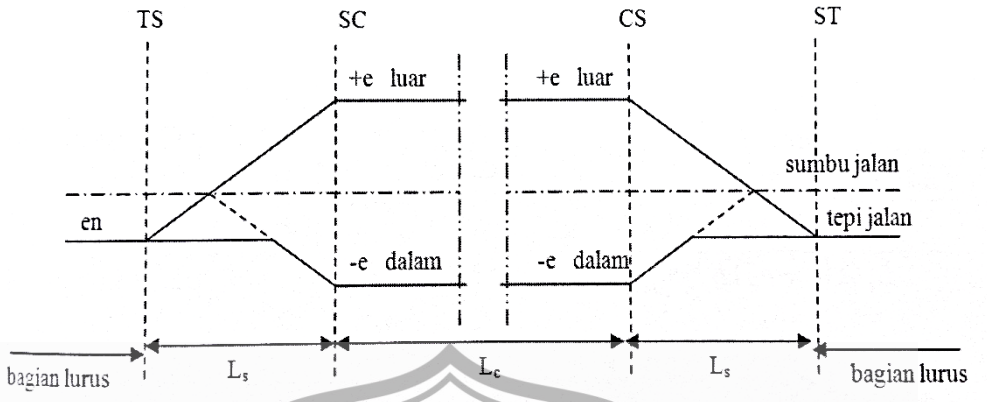
1. Diagram Superelevasi FC (*Full Circle*)



Gambar 2.7. Diagram Superelevasi berdasarkan Bina Marga untuk lengkung busur lingkaran sederhana

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

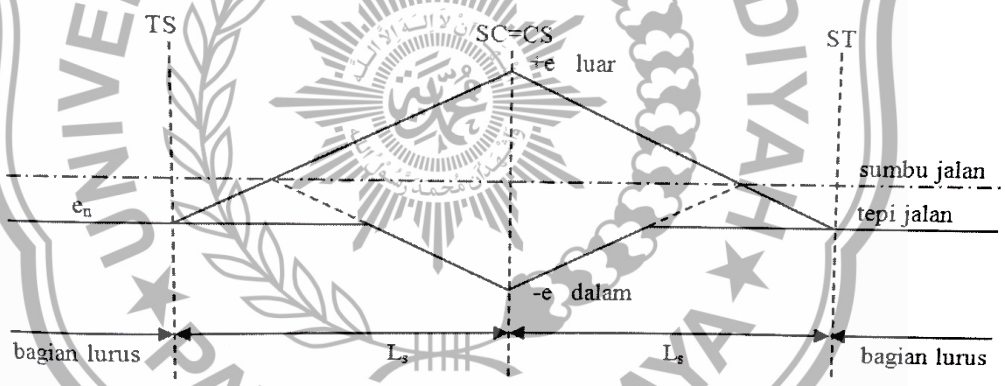
2. Diagram Superelevasi S-C-S (*Spiral-Circle-Spiral*)



Gambar 2.8. Diagram Superelevasi Pada lengkung S-C-S

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

3. Diagram Superelevasi S-S (*Spiral-Spiral*)



Gambar 2.9. Diagram Superelevasi Pada lengkung S-S

Sumber: *(Suwardo dan Haryanto, 2016)*

2.4.2.5 Pelebaran di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*. Besaran lebar untuk pelebaran di tikungan dapat menggunakan Tabel 2.10.

Tabel 2.10. Pelebaran di Tikungan per lajur (m) untuk lebar jalur 2x(B)

R (m)	Kecepatan Rencana, V_R (km/jam)														
	50		60		70		80		90		100		110		120
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5			
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5		0.5					
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6							
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4								
150	1.3	0.7	1.4	0.8											
140	1.3	0.7	1.4	0.8											
130	1.3	0.7	1.4	0.8											
120	1.3	0.7	1.4	0.8											
110	1.3	0.7													
100	1.4	0.8													
90	1.4	0.8													
80	1.6	1.0													
70	1.7	1.0													

Keterangan :
Kolom 1 , untuk (B) = 3,00 m
Kolom 2 , untuk (B) = 3,50 m

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.4.2.6 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi *(Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)*.

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Jika $J_h < L_t$

$$E = R\left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right)\right) \quad \text{.....(2.27)}$$

Tabel 2.11. E (m) untuk Jh<Lt, VR (km/jam) dan Jh (m)

R (m)	V_R=20	30	40	50	60	80	100	120
	J_h=16	27	40	55	75	120	175	250
5000								1.6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	R_{min}=500
300					2,3	6,0	R_{min}=350	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	R_{min}=210		
175				2,2	4,0			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	R_{min}=115			
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	R_{min}=80				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	R_{min}=50					
30		R_{min}=30						
20	1,6							
15	2,1							
	R_{min}=15							

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

Gambar 2.10. Daerah Bebas Samping Di Tikungan, untuk Jh < Lt

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2. Jika $J_h > L_t$

$$E = R\left(1 - \cos\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right)\right) + \frac{1}{2}\left(J_h - L_t\right)\sin\left(\frac{90^\circ J_h}{\pi R}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2.28)$$

di mana: R = Jari-jari tikungan J_h = Jarak pandang henti, L_t = Panjang tikungan (dalam m).

Tabel 2.12. E (m) untuk Jh>L,, VR (km/jam) dan Jh (m), di mana Jh-Lt 25 m

R(m)	V_R=20	30	40	50	60	80	100	120
	J_h=16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1.9
3000							1.6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1.5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R_{min}=500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R_{min}=350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R_{min}=210		
175		1.5	2,6	4,1	6,7			
150		1.7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	R_{min}=115			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1.5	2,9	5,0	7,9				
80	1.6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	R_{min}=80				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	R_{min}=50					
30	4,4	8,4						
20	6,4	R_{min}=30						
15	8,4							
	R_{min}=15							

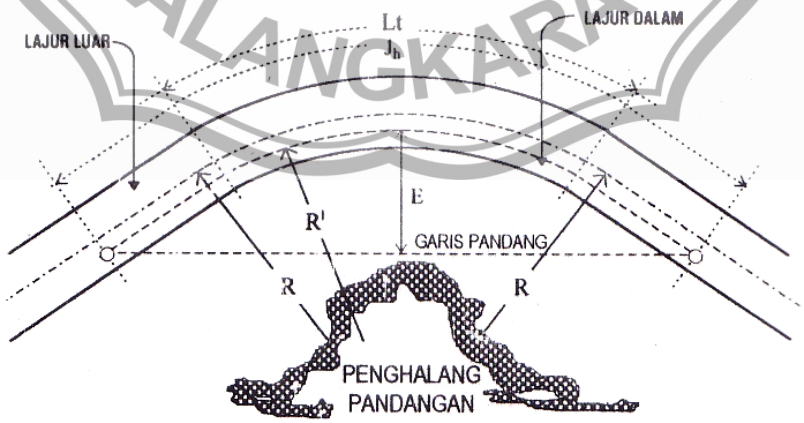
Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALANGKARAYA

Tabel 2.13. E (m) untuk Jh>Lt, VR (km/jam) dan Jh (m), di mana J.-L,=50 m

R (m)	V_R=20	30	40	50	60	80	100	120
	J_h=16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,8
5000								2,2
3000							2,0	3,6
2000						1,6	3,0	5,5
1500						2,2	4,0	7,3
1200						2,7	5,0	9,1
1000					1,6	3,3	6,0	10,9
800					2,1	4,1	7,5	13,6
600				1,8	2,7	5,5	10,0	18,1
500				2,1	3,3	6,6	12,0	21,7
400			1,7	2,7	4,1	8,2	15,0	R_{min}=500
300			2,3	3,5	5,5	10,9	R_{min}=350	
250		1,7	2,8	4,3	6,5	13,1		
200		2,1	3,5	5,3	8,2	R_{min}=210		
175		2,4	4,0	6,1	9,3			
150	1,5	2,9	4,7	7,1	10,8			
130	1,8	3,3	5,4	8,1	12,5			
120	1,9	3,6	5,8	8,8	13,5			
110	2,1	3,9	6,3	9,6	R_{min}=115			
100	2,3	4,3	7,0	10,5				
90	2,6	4,7	7,7	11,7				
80	2,9	5,3	8,7	13,1				
70	3,3	6,1	9,9	R_{min}=80				
60	3,9	7,1	11,5					
50	4,6	8,5	13,7					
40	5,8	10.5	R_{min}=50					
30	7,6	13,9						
20	11,3	R_{min}=30						
15	14,8							
	R_{min}=15							

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*



Gambar 2.11. Daerah Bebas Samping Di Tikungan, untuk Jh > Lt

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.4.2.7 Tikungan Gabungan

Pada perencanaan alinyemen horisontal, kemungkinan akan ada/ditemui perencanaan tikungan gabungan karena kondisi topografi pada route jalan yang akan direncanakan sedemikian rupa sehingga terpaksa (tidak dapat dihindari) harus dilakukan rencana tikungan gabungan, yang terdiri dari tikungan gabungan searah dan tikungan gabungan berbalik *(Shirley L. Hendarsin, 2000).*

1. Tikungan Gabungan Searah

Tikungan gabungan searah, yaitu gabungan dua atau lebih tikungan dengan arah putaran yang sama tetapi dengan jari jari yang berbeda.

Tikungan gabungan searah sebaiknya dihindari, jika R1:R2 > 2:3.

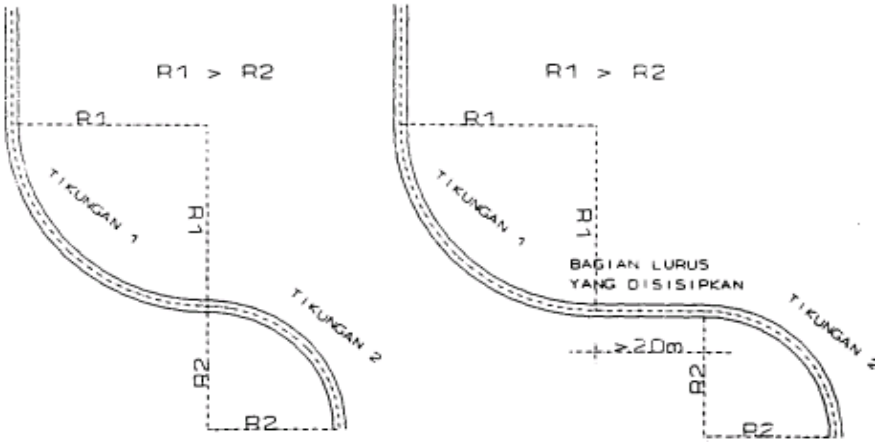
Jika R1:R2 < 2:3, tikungan gabungan harus dilengkapi sisipan bagian lurus atau clothoide, sepanjang paling tidak 20 meter.

Gambar 2.12. Tikungan Gabungan Searah Tanpa dan Dengan Sisipan

Sumber*: (Shirley L. Hendarsin, 2000)*

2. Tikungan Gabungan Berbalik

Tikungan gabungan balik arah, yaitu gabungan dua tikungan dengan arah putaran yang berbeda. Setiap tikungan gabungan balik arah harus dilengkapi dengan bagian lurus di antara kedua tikungan sepanjang paling tidak 30 m.



Gambar 2.13. Tikungan Gabungan Berbalik Tanpa dan Dengan Sisipan

Sumber*: (Shirley L. Hendarsin, 2000)*

2.4.2.8 Persyaratan Alinyemen Horisontal

Adapun persyaratan alinyemen horisontal sesuai dengan tujuannya untuk memberikan rasa aman dan nyaman adalah sebagai berikut *(Sukirman, 1999)*.

1. Alinyemen jalan sedapat mungkin dibuat lurus, mengikuti keadaan topografi.
2. Pada alinyemen jalan yang relatif lurus dan panjang jangan tiba–tiba terdapat lengkung yang tajam yang akan mengejutkan pengemudi. Jika terpaksa diadakan, sebaiknya didahului oleh lengkung yang lebih tumpul.
3. Sedapat mungkin menghindari penggunaan radius minimum untuk kecepatan rencana tertentu, sehingga jalan tersebut lebih mudah disesuaikan dengan perkembangan lingkungan dan fungsi jalan.
4. Sedapat mungkin menghindari tikungan ganda, yaitu gabungan tikungan searah dengan jari–jari yang berlainan. Jika terpaksa diadakan, sebaiknya masing– masing tikungan mempunyai lengkung peralihan (lengkung berbentuk s–c–s), sehingga terdapat tempat penyesuaian keadaan.
5. Hindarkan sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak. Jika terpaksa dibuatkan tikungan berbalik, maka sebaiknya mempergunakan lengkung dengan lengkung peralihan (lengkung berbentuk s–c–s), atau di antara kedua lengkung terdapat bagian lurus yang pendek.
6. Pada sudut–sudut tikungan yang kecil, panjang lengkung yang diperoleh dari perhitungan sering kali tidak cukup panjang. Sehingga memberi kesan patahnya jalan tersebut. Untuk sudut lingkaran 5°, panjang lengkung sebaiknya dibuat lebih besar dari 150 m dan setiap penurunan sudut lengkung 1°, panjang lengkung ditambah 25 m.

7. Sebaiknya hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan *(Saodang, 2004)*.

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping kedua lengkung tersebut ditemui pula kelandaian = 0 (datar). Kondisi tersebut dipengaruhi oleh keadaan topografi yang dilalui oleh route jalan rencana *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.

2.5.1 Kelandaian Minimum

Pada jalan yang menggunakan kerb pada tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5% untuk keperluan kemiringan saluran samping, karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.

2.5.2 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan 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 menggunakan gigi rendah.
Kelandaian maksimum untuk berbagai V_R dapat dilihat dalam Tabel 2.14

Tabel 2.14. Kelandaian Maksimum Yang Diizinkan

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

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.5.3 Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh V_R. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. Panjang kritis dapat ditetapkan dari Tabel 2.15

Tabel 2.15. 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: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.5.4 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi goncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan, dan kenyamanan *(Shirley L. Hendarsin, 2000)*.

Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu:

1. Lengkung Vertikal Cembung
2. Lengkung Vertikal Cekung

Rumus umum:

$A = g_1 \pm g_2$ ..... (2.29)

$Ev = A.L/800$ ..... (2.30)

[jika Ev (+) maka cembung, Ev (-) maka cekung]

Dimana: g_1 = kelandaian tangen di titik 1 (%)

g_2 = kelandaian tangen di titik 2 (%)

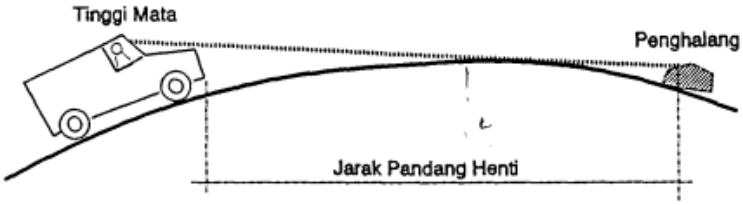
A = Perbedaan aljabar untuk kelandaian (%)

L = Panjang lengkung vertikal (m)

Kelandaian menaik (pendakian), diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan), diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari sebelah kiri ke kanan *(Saodang, 2004)*.

1. Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan (*Saodang, 2004)*.

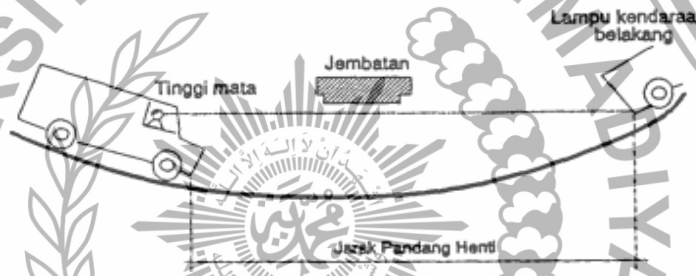


Gambar 2.14. Lengkung Vertikal Cembung

Sumber: (*Saodang, 2004)*

2. Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan (*Saodang, 2004*).



Gambar 2.15. Lengkung Vertikal Cekung

Sumber: (*Saodang, 2004)*

Panjang lengkung vertikal dapat ditentukan dengan rumus sebagai berikut.

a. Panjang lengkung vertikal cembung

Berdasarkan jarak pandang henti (J_h)

$Jh < L$, maka $L = A.J_h^2/399$ ..... (2.31)

$Jh > L$, maka $L = 2.J_h – (399/A)$..... (2.32)

Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

$Jd < L$, maka $L = A.J_d^2/840$ ..... (2.33)

$Jd > L$, maka $L = 2.J_d – (840/A)$ ..... (2.34)

Berdasarkan keluwesan bentuk jalan

$L = 0,6.V$ ..... (2.35)

di mana : V = kecepatan rencana (km/jam)

b. Panjang lengkung vertikal cekung

Berdasarkan jarak penyinaran lampu depan kendaraan

$S < L$, maka $L = A.S^2/(150 + 3{,}5\ S)$ ..... (2.36)

$S > L$, maka $L = 2.S - [(150 + 3{,}5\ S)/A]$ ..... (2.37)

Berdasarkan jarak pandangan bebas di bawah bangunan

$S < L$, maka $L = A.S^2/3480$ ..... (2.38)

$S > L$, maka $L = 2.S - (3480/A)$ ..... (2.39)

Berdasarkan kenyamanan mengemudi

$L = A.\ V^2/390$ ..... (2.40)

Panjang lengkung vertikal dapat ditentukan langsung sesuai Tabel 2.16 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2.16. Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

Sumber: *Departemen Pekerja Umum (Anonim, 1997)*

2.5.5 Persyaratan Alinyemen Vertikal

Perencanaan alinyemen vertikal harus dapat memberikan rasa aman dan kenyamanan kepada pengguna jalan. Untuk mencapai hal tersebut perlu diperhatikan persyaratan-persyaratan sebagai berikut:

1. Pada alinyemen vertikal yang relatif datar dan lurus, sebaiknya dihidari hidden dip, yaitu lengkung-lengkung vertikal cekung yang pendek dan tidak terlihat dari jauh.
2. Pada landai menurun yang panjang dan tajam, sebaiknya diikuti oleh pendakian, sehingga kecepatan kendaraan yang telah bertambah besar dapat segera dikurangi.
3. Jika direncanakan serangkaian kelandaian, maka sebaiknya kelandaian yang paling curam diletakkan di bagian awal, diikuti kelandaian yang lebih kecil.
4. Sedapat mungkin dihindari perencanaan lengkung vertikal yang sejenis (cembung atau cekung) dengan hanya dipisahkan oleh tangen yang pendek *(Sukirman, 1999).*

2.6 Penelitian terdahulu

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dari Arbaiyah, (2013) yang berjudul *Analisis Geometrik Tikungan padangluhong Pasir Pengairan.* Dari hasil penelitian yang didapatkan pengukuran pada tikungan padangluhong yang berada disamping Hotel Sapadia tersebut belum memenuhi kriteria perencanaan karena banyak parameter-parameter perencanaan jalan yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan oleh Bina Marga seperti superelevasi yang melebihi standar, tidak adanya pelebaran perkerasan pada tikungannya, serta daerah sisipan garis lurus antara tikungan tersebut tidak mencapai panjang 20 m. Dalam penelitian ini juga mencoba menghitung tikungan tersebutdengan menggunakan trase jalan Eksisting, tetapi dalam perencanaan tersebut perhitungannya melebihi jalan yang ada sehingga penulis perlu merubah trase jalan tersebut untuk mendapatkan perhitungan tikungan yang memenuhi standa yang telah ditetapkan.

Kurniawan, Sudarno (2018) melakukan penelitian yang berjudul *Analisis Geometrik Pada Tikungan Ruas Jalan Raya Magelang-Kopeng Dan Raya Soekarno-Hatta (Pertigaan Canguk).* Hasil penelitian ini menghasilkan perhitungan bahwa tikungan di Pertigaan Canguk Kota Magelang direncanakan secara teknis menggunakan alinyemen horizontal dengan jenis tikungan Spiral Circle Spiral dan dibutuhkan pelebaran tikungan sebesar 1,91 m serta super elevasi harus diperbaiki sehingga pengguna jalan dapat melintas dengan aman dan nyaman.

Akri, dkk (2019) melakukan penelitian yang berjudul *Evaluasi Geometrik Jalan Pada Ruas Jalan Pontianak – Sungai Raya Kepulauan, Kabupaten Bengkayang, Kalimantan Barat*. Tikungan yang ditinjau terpilih 6 tikungan yang dianggap ekstrim dan dilakukan pengukuran kerangka horizontal maupun titik detail yaitu tikungan 1, 2, 3, 4, 5, dan 6. Berdasarkan hasil analisa bahwa kondisi eksisting desain tikungan belum memenuhi syarat dan ketentuan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.38/1997 Direktorat Bina Marga. Kondisi eksisting tikungan 2, 4, 5, dan 6 tidak memenuhi kecepatan minimal 50 km/jam karena jari jari tikungan terlalu kecil, sedangkan yang sudah memenuhi kecepatan minimal, superelevasi dan panjang lengkung horizontalnya belum memenuhi standar ketentuan berlaku. Untuk evaluasi tikungan maka dilakukan perencanaan ulang dan hasilnya karakteristik eksisting tikungan 1, 3, 4, 5, dan 6 lebih cocok bentuk S-C-S sedangkan untuk tikungan 2 lebih cocok pada bentuk S-S. Selain itu

dilakukan peningkatan kecepatan rencana 60 km/jam untuk tikungan 6 dan kecepatan rencana 70 km/jam untuk tikungan 1, 2, 3, 4, dan 5 sehingga berpengaruh pada jari jari, superelevasi, jarak pandang henti, kebebasan samping dan pelebaran pada tikungan.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALANGKARAYA