

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar Perencanaan Geometrik**

Perencanaan geometrik merupakan hasil dari suatu perencanaan konstruksi jalan, yang meliputi rancangan pola arah dan visualisasi dimensi nyata dari suatu trase jalan beserta bagian-bagiannya, disesuaikan dengan persyaratan parameter pengendara, kendaraan dan lalu lintas.

Melalui perencanaan geometrik, diusahakan untuk dapat menciptakan hubungan yang serasi antara faktor-faktor yang berkaitan dengan parameter tersebut diatas, sehingga arah dihasilkan suatu efisiensi, keamanan serta kenyamanan yang paling optimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak.

Perencanaan geometrik secara umum, menyangkut aspek-aspek perencanaan elemen jalan seperti lebar jalan seperti lebar jalan, tikungan, kelandaian jalan, dan jarak pandangan serta kombinasi dari bagian-bagian tersebut, baik untuk satu ruas jalan, maupun untuk perlintasan diantara dua lebih ruas-ruas jalan. (Hamirhan Saodang, 2010)

Perencanaan Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan, drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (Silvia Sukirman, 1999).

## 2.2 Klasifikasi Jalan

### 2.2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi jalan fungsional di Indonesia berdasarkan peraturan perundangan yang berlaku adalah:

1. Jalan Arteri

Merupakan 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

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan Lokal

Merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

4. Jalan lingkungan, merupakan jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

### 2.2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1. Klasifikasi menurut kelas jalan (Pasal 11, PP. No.43/1993)

Fungsi	Kelas	MTS (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	8
Lokal	III C	8

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga 1997).

Pengelompokkan jalan menurut kelas jalan, terdiri dari:

- a) Jalan Kelas I, yaitu jalan arteri dan kolektor yang dapat dilalui kendaraan bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 10 (sepuluh) ton;
- b) Jalan Kelas II, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 12.000 (dua belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton;
- c) Jalan Kelas III, yaitu jalan arteri, kolektor, lokal, dan lingkungan yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar tidak melebihi 2.100 (dua ribu seratus) milimeter, ukuran panjang tidak melebihi 9.000 (sembilan ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 3.500 (tiga ribu lima ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat 8 (delapan) ton; dan
- d) Jalan kelas khusus, yaitu jalan arteri yang dapat dilalui Kendaraan Bermotor dengan ukuran lebar melebihi 2.500 (dua ribu lima ratus) milimeter, ukuran panjang melebihi 18.000 (delapan belas ribu) milimeter, ukuran paling tinggi 4.200 (empat ribu dua ratus) milimeter, dan muatan sumbu terberat lebih dari 10 (sepuluh) ton.

(Sumber: Undang - Undang Republik Indonesia No 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan jalan. Pasal 19).

### **2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan**

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Berbukit	B	3-25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga 1997).

### 2.3 Bagian – Bagian Jalan

Suatu jalan raya terdiri dari bagian-bagian jalan, dimana bagian-bagian jalan tersebut, dibedakan berdasarkan:

#### 1. Ruang manfaat jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan (Rumaja) yaitu ruang yang meliputi seluruh badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. Ruang manfaat jalan (Rumaja) dibatasi antara lain oleh :

- a. Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan dikedua sisi jalan.
- b. Tinggi 5 meter diatas permukaan jalan perkerasan pada sumbu jalan.
- c. Kedalaman ruang bebas 1,5 m dibawah permukaan jalan.

#### 2. Ruang milik jalan (Rumija)

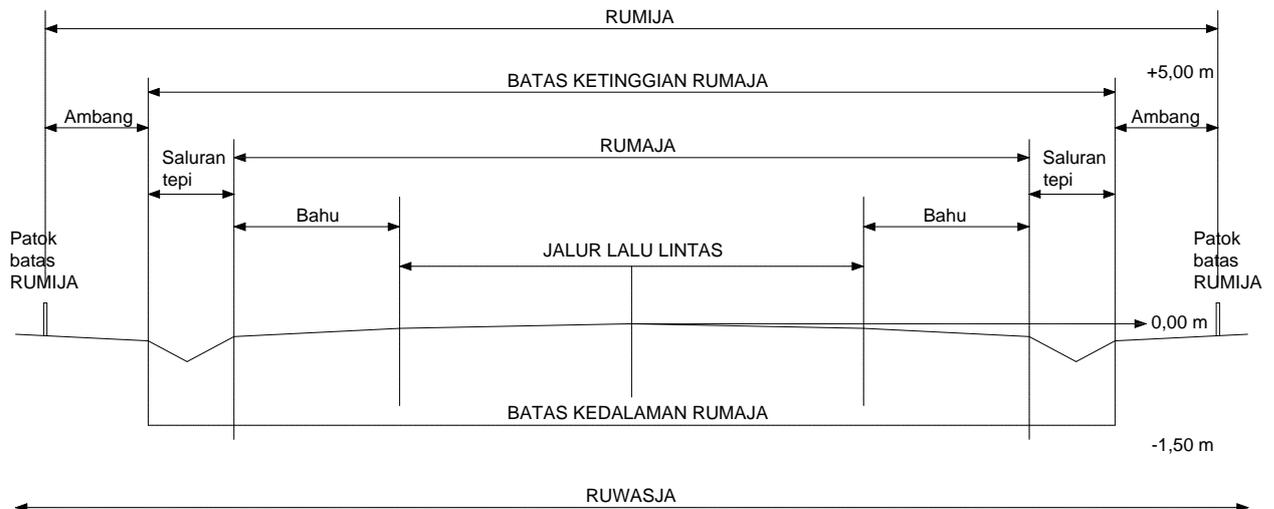
Ruang milik jalan (Rumija) adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan Rumaja ditambah dengan ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

#### 3. Ruang pengawasan jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan (Ruwasja) adalah ruang sepanjang jalan diluar Rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu, dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Jalan arteri minimum 20 meter
- b. Jalan kolektor minimum 15 meter
- c. Jalan lokal minimum 10 meter

Untuk keselamatan pengguna jalan Ruwasja didaerah tikungan ditentukan oleh jarak pandang bebas.



Arteri : min 20.0 m  
 Kolektor : min 15.0 m  
 Lokal : min 10.0 m

Gambar 2.1 Bagian-Bagian Jalan

## 2.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

### 2.4.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana merupakan kendaraan yang dipakai dimension dan radius putarnya sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam kategori :

- Kendaraan kecil, diwakilkan mobil penumpang.
- Kendaraan sedang, diwakilkan oleh truk as 3 tandem dan bus besar 2 as.
- Kendaraan besar, diwakilkan oleh truk semi trailer.

Tabel 2.3 Dimensi kendaraan rencana

Kategori kendaraan rencana	Dimensi Kendaraan ( cm )			Tonjolan ( cm )		Radius Putar ( cm )		Radius Tonjolan ( cm )
	tinggi	Lebar	panjang	depan	blkang	min	maks	
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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar Kota, Dirgen Bina Marga, 1997 )

### 2.4.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan Rencana Kecepatan rencana,  $V_R$ , pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan 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.

Tabel 2.4 Kecepatan rencana ( $V_R$ ) sesuai klasifikasi fungsi dan 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 : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, dirgen binamarga 1997)

### 2.4.3 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari.

Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLRH \times \frac{K}{F}$$

Ket.

K (faktor K) = faktor volume lalu lintas jam sibuk,

F (disebut faktor F) = faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempat jam dalam satu jam.

VJR = digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.5 Penentuan faktor-K dan faktor-F berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata.

VLHR	FAKTOR-K (%)	FAKTOR-F (%)
> 50.000	4-6	0,9 - 1
30.000 - 50.000	6-8	0,8-1
10.000 - 30.000	6-8	0,8 -1
5.000 - 10.000	8-10	01,6-0,8
1.000 - 5.000	10 - 12	0,6-0,8
< 1.000	12 - 16	< 0,6

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota, dirgen binamarga 1997)

#### 2.4.4 Tingkat Pelayanan Jalan

Pada suatu keadaan dengan volume lalu lintas yang rendah pengemudi akan merasa lebih nyaman mengendarai kendaraan dibandingkan jika dia berada pada daerah tersebut dengan volume lalu lintas yang lebih besar. Kenyamanan akan berkurang sebanding dengan bertambahnya volume lalu lintas. Dengan perkataan lain rasa nyaman dan volume arus lalu lintas tersebut berbanding terbalik. Tetapi kenyamanan dari kondisi arus lalu lintas yang ada tak cukup hanya digambarkan dengan volume lalu lintas tanpa disertai data kapasitas jalan dan kecepatan pada jalan tersebut.

#### 2.4.5 Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan.

Jarak pandangan berguna untuk :

1. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup

besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan pada lajur jalannya.

2. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur disebelahnya.
3. Menambah efisiensi jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
4. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan

Adapun jarak pandang di bagi menjadi 2 :

a. Jarak pandang henti

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak pandang henti diformulasikan berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diatas permukaan jalan. Jarak pandang henti (Jh) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p}$$

Ket :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$f_p$  = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L}$$

Ket :

$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$V_R$  = Kecepatan Rencana (km/jam)

$f_p$  = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

$L$  = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Nilai jarak pandang henti (  $J_h$  ) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai  $V_R$  pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.6 Jarak Pandang Henti Minimum

V ( km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

b. Jarak pandang mendahului (  $J_d$  )

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.

Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan  $V_R$  dapat dilihat pada tabel 2.7 dan 2.8 dibawah ini :

Tabel 2.7 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

V (km/jam)	50 – 65	65 - 80	80 - 95	95 – 100
Jh Minimum (m)	30	55	75	90

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997).

Tabel 2.8 Panjang Jarak Pandang Mendahului berdasarkan  $V_R$

V ( km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_d$	800	675	550	350	250	200	150	100

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului (  $J_d$  ), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = 0,278 t_1 \left( V - m + \frac{al_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot t_2$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ meter}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

Dimana :

$d_1$  = Jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

$d_2$  = Jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

$d_3$  = Jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

$d_4$  = Jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan  $2/3 d_2$  (m)

## 2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Silvia Sukirman, 1999).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan).

### 2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus

Pada bagian elemen geometrik berupa alinyemen horizontal, dimana topografi berupa daerah datar, dapat terjadi bagian lurus (tangen) menjadi sangat panjang.

Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus perlu mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu 2,5 menit (sesuai  $V_r$ ).

Tabel 2.9 Panjang bagian lurus maksimum

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

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

## 2.5.2 Ketentuan Komponen Tikungan

### 1. Jari-Jari Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.10 dibawah ini :

Tabel 2.10 Panjang jari-jari minimum untuk  $e_{maks} = 10\%$

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$R_{min}$ (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997).

Jari-jari tikungan minimum ( $R_{min}$ ) ditetapkan sebagai berikut:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127 e_{maks} + f_{maks}} \dots\dots\dots (m)$$

Ket :

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

$e_{maks}$  = Superelevasi maksimum

f = Koefisien

### 2. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Telah dijelaskan bahwa, kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul kerana kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak diadakan kemiringan.

Tabel 2.11 Jari-jari yang diijinkan tanpa superelevasi (Lengkung Peralihan)

Kecepatan Rencana – Vr (Km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar kota No. 38/T/BM/1997)

### 3. Lengkung Peralihan

Perubahan arah, yang harus diikuti oleh suatu kendaraan yang melintasi bagian lurus menuju suatu lengkungan berupa busur lingkaran, secara teoritis harus dilakukan dengan mendadak, yaitu R tidak berhingga menuju R tertentu.

Secara praktis hal ini tidak mungkin dilakukan oleh ban kendaraan, karena harus membuat sudut belokan tertentu pengemudi memerlukan jangka waktu tertentu, berarti perlu jarak tertentu pula. Demikian pula gaya sentrifugal akan timbul secara mendadak yang akan membahayakan pengemudi.

Oleh sebab itu agar kendaraan tidak menyimpang dari lajunya, dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari  $R = \infty$  ke  $R = R_c$  yang disebut lengkung peralihan.

Adapun nilai yang diambil adalah

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R.C} - 2,727 \frac{V_R^e}{C}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan ke;andaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e}$$

Ket :

T = Waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

$V_R$  = Kecepatann rencana (km/jam)

e = Superelevasi

C = Perubahan percepatan diambil 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det<sup>2</sup>

R = Jari-jari busur lingkaran (m)

- $e_m$  = Superelevasi maksimum  
 $e_n$  = Superelevasi Normal  
 $r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan  
 (m/m./detik)

Untuk  $V = 70$  km/jam,  $e = 0,035$  m/m/dt

Untuk  $V_R = 80$  km/jam,  $e = 0,025$  m/m/dt

Tabel 2.12 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

VR (Km/ jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Jalan kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

#### 4. Bentuk-bentuk Tikungan

Di Indonesia yang sesuai standar Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga, tikungan terbagi tiga jenis, yaitu :

##### a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Jenis tikungan ini biasanya digunakan pada jalan yang tikungannya berjari-jari besar serta dengan sudut tangen yang relatif kecil, atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Lengkung peralihan
2. Kemiringan melintang (*superelevasi*)
3. Pelebaran perkerasan jalan
4. Kebebasan samping

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

Jenis tikungan *Full Circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan. Bagi pengendara dan kendaraannya, karena sudut tikungnya tidak terlalu tajam. Tetapi apabila

ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Untuk tikungan yang jari-jari lebih kecil dari harga diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral-circle-spiral*.

Disamping ketentuan jari-jari lengkung minimum diatas ada ketentuan lain yang harus kita penuhi, yaitu :

$$T_c = R \cdot T_g \cdot \frac{1}{2}$$

$$E_c = T \cdot T_g \cdot \frac{1}{4}$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot R$$

Ket :

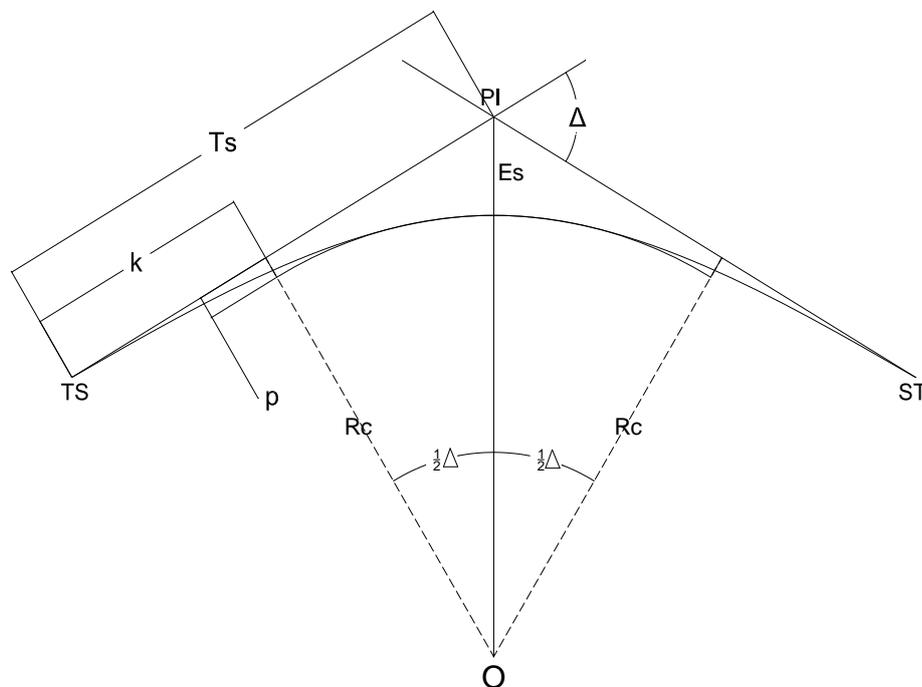
$\Delta$  = sudut tikungan atau sudut tangent ( $^{\circ}$ )

$T_c$  = Jarak  $T_c$  dan P1 (m)

$R$  = Jari-jari (m)

$L_c$  = Panjang Tikungan (m)

$E_c$  = Jarak P1 ke lengkungan peralihan



Gambar 2.2 Tikungan *Full Circle*

Ket :

= Sudut tikungan

Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT

R = Jari-jari lingkaran

L' = Panjang busur lingkaran

Ec = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

*Spiral circle spiral* adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke *circle* yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya *sentrifugal* dari nol sampai ada nilai gaya *sentrifugal*.

Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perencanaan suatu jalan, karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah-daerah perbukitan atau pegunungan, karena tikungan jenis ini memiliki lengkung peralihan yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu :

1. Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10

2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,18

Rumus :

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots(m)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(m)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R} \dots\dots\dots(m)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(m)$$

$$c = -2\theta_s \dots\dots\dots(^{\circ})$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(m)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(m)$$

$$L_c = \frac{\Delta c}{180} R \dots\dots\dots(m)$$

$$L = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(m)$$

$$s = \frac{90L_s}{R} \dots\dots\dots(^{\circ})$$

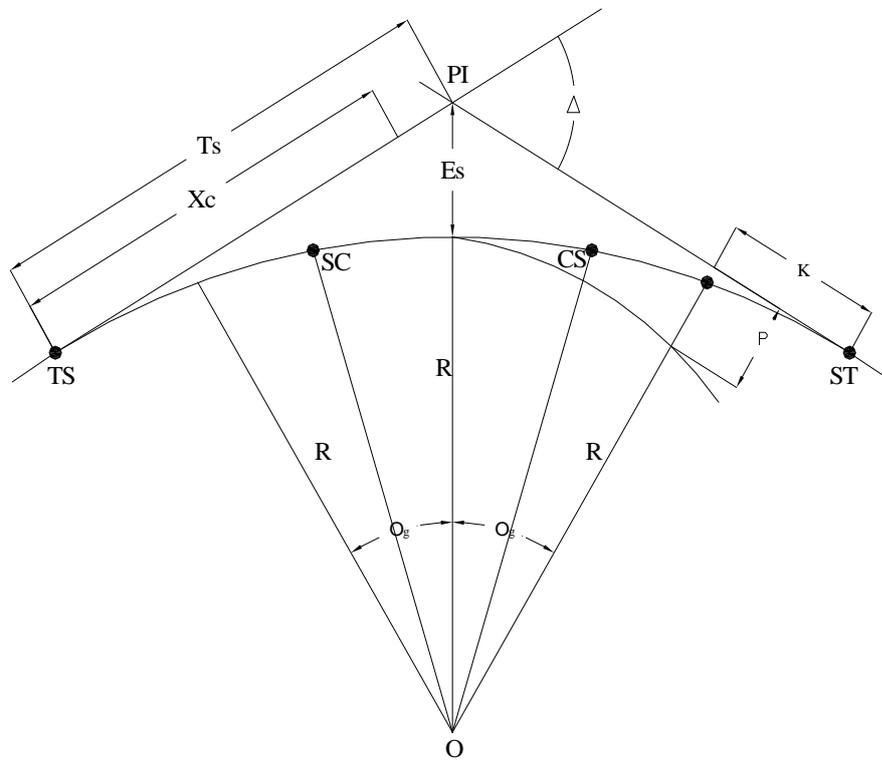
Keterangan:

- $X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC  
(jarak lurus lengkung peralihan), (m)
- $Y_s$  = Kordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)
- $L_s$  = Panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)
- $L_c$  = Panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)
- $T_s$  = Jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
- $E_s$  = Jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)  
= Sudut tikungan, ( $^{\circ}$ )
- $c$  = Sudut lengkung *circle* ( $^{\circ}$ )
- $s$  = Sudut lengkung spiral, ( $^{\circ}$ )
- $R$  = Jari-jari tikungan, (m)
- $p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- $k$  = Absis p pada garis tangen spiral, (m)
- $L$  = panjang tikungan SCS, (m)

Kontrol :

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m , maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika P yang di hitung dengan rumus :

$$P = \frac{L_s^2}{24 \cdot R_c} < 0.25 \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$



Gambar 2.3 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Keterangan :

- $X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dan titik TS ke SC
- $Y_s$  = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen
- $L_s$  = Panjang Lengkung Peralihan
- $L'$  = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS)
- $T_s$  = Panjang tangen (dari titik P1 ke TS atau ke ST)
- TS = Titik dari tangen ke *spiral*
- SC = Titik dari *spiral* ke lingkaran
- Es = Jarak dari P1 ke lingkaran
- R = Jari-jari Lingkaran
- P = Pergesekan tangen terhadap *spiral*
- K = Absis dari P pada garis tangen *spiral*
- = Sudut tikungan atau sudut tangen
- s = Sudut lengkung *spiral*

c. Tikungan *Spiral spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung Horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral Circle Spiral*, yaitu :

Rumus :

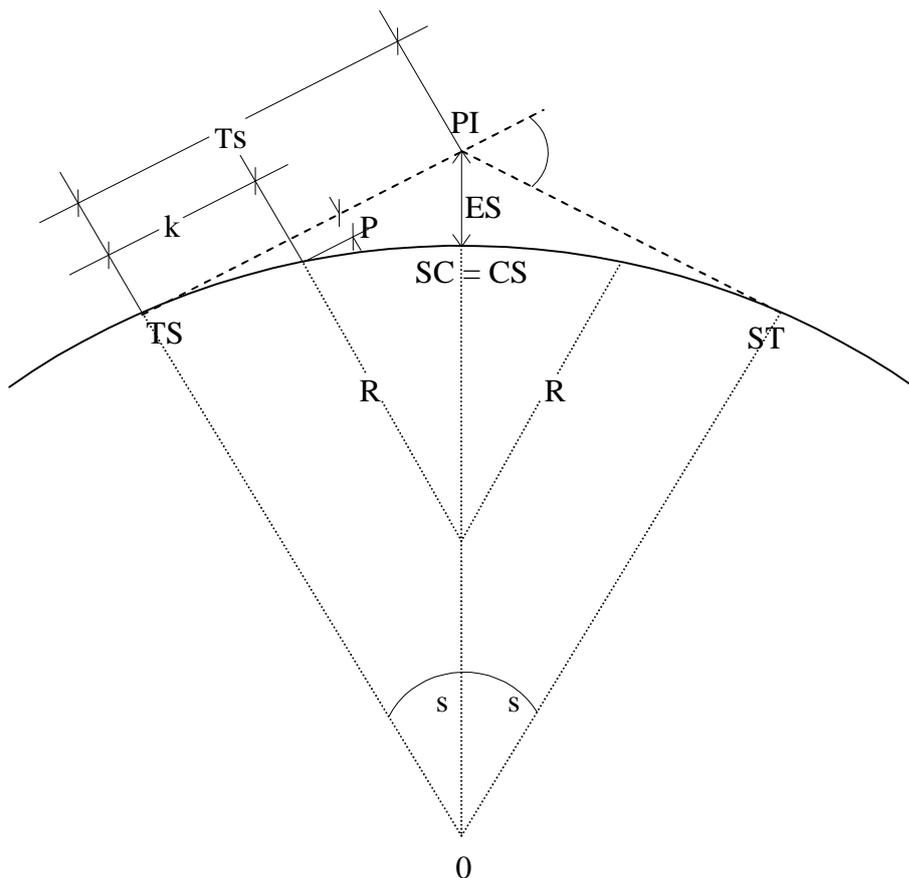
$$L_s = \frac{s \cdot R}{28,648}$$

$$L = 2 \cdot L_s$$

$$K = k^* \cdot L_s$$

$$T_s = (R + P) \operatorname{Tg} \frac{1}{2} + K \quad P = p^* \cdot L$$

$$E_s = \frac{(R + P) - R}{\operatorname{Cos} \frac{1}{2}}$$



Gambar 2.4 Tikungan *Spiral Spiral*

Ket :

Es = Jarak dari P1 ke lingkaran

TS = Titik dari tangen ke *spiral*

Ts = Panjang Tangen dari titik P1 ke titik TS atau ke titik ST

Sc = Titik dari *spiral* ke lingkaran

R = Jari-jari Lingkaran

K = Absis dari P pada garis tangen *spiral*

P = Pergesekan tangen terhadap *spiral*

Tabel 2.13 Tabel p dan k untuk  $L_s = 1$

qs (*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*	qs(*)	P*	K*
0,5	0,0007272	0,4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057

8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322
10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	37.5	0.0602997	0.4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

#### d. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal ( $e_n$ ) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif ( $L_s'$ ).

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier mulai dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC, pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian *spiral*.

Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari (R) cukup besar untu itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

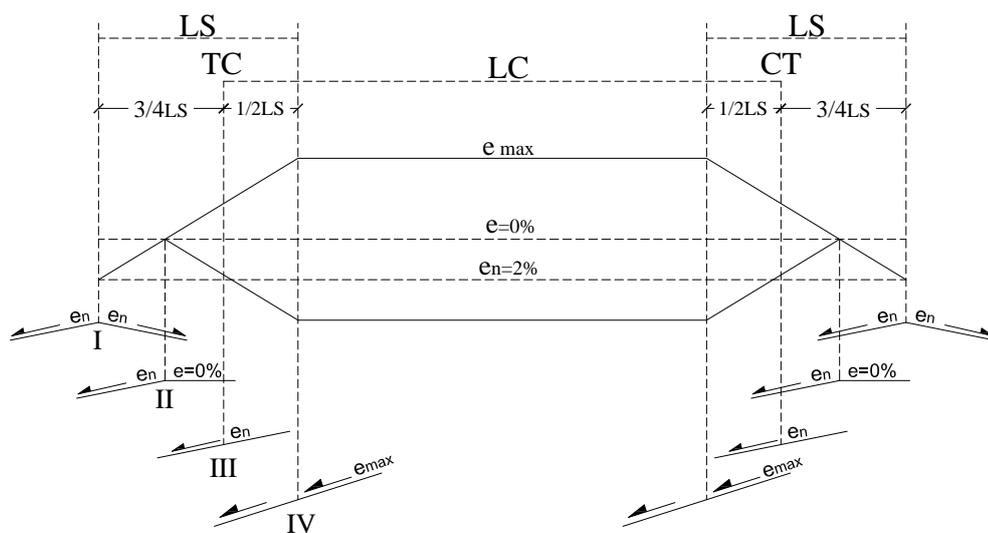
Tabel 2.14 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ( $e_{maks} = 10\%$ , metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	Lp	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75
1.750	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			

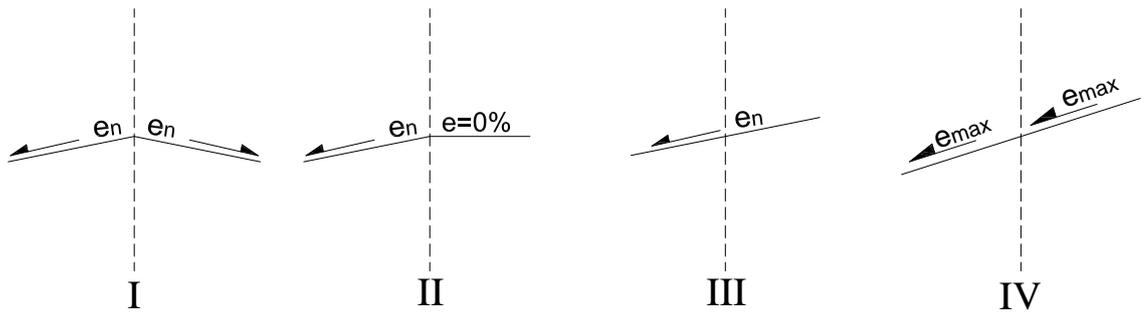
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60
9.000	179	0.074	45	0.091	60	0.099	60
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12	
11.000	130	0.083	45	0.098	60		
12.000	119	0.087	45	0.100	60		
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79			
14.000	102	0.093	45				
15.000	96	0.096	45				
16.000	90	0.097	45				
17.000	84	0.099	45				
18.000	80	0.099	45				
19.000	75	D maks = 18,8					

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

a. Tikungan *Full Circle* ( FC )

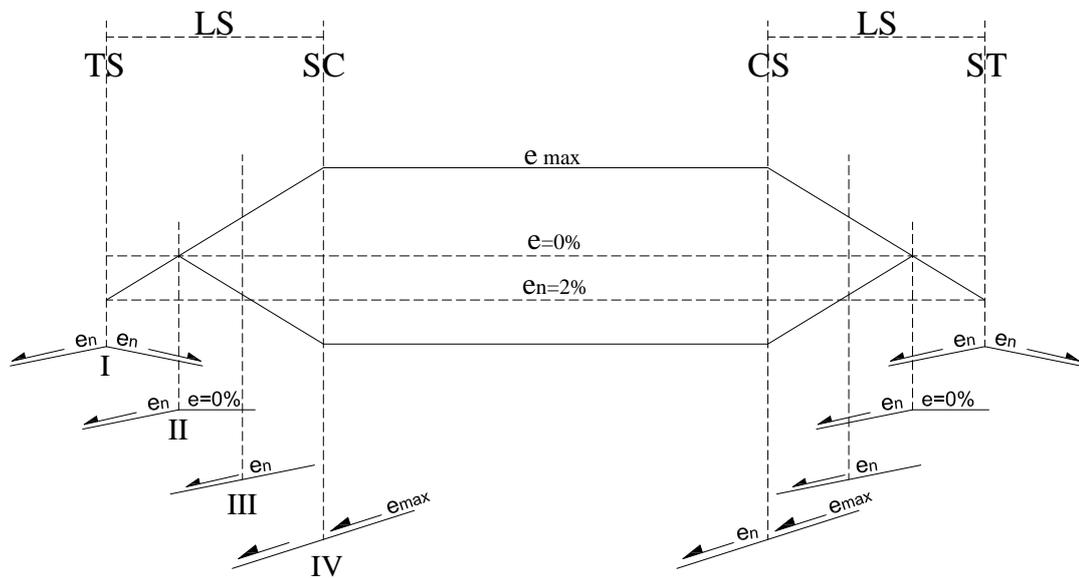


Gambar 2.5 Superelevasi *Full Circle*

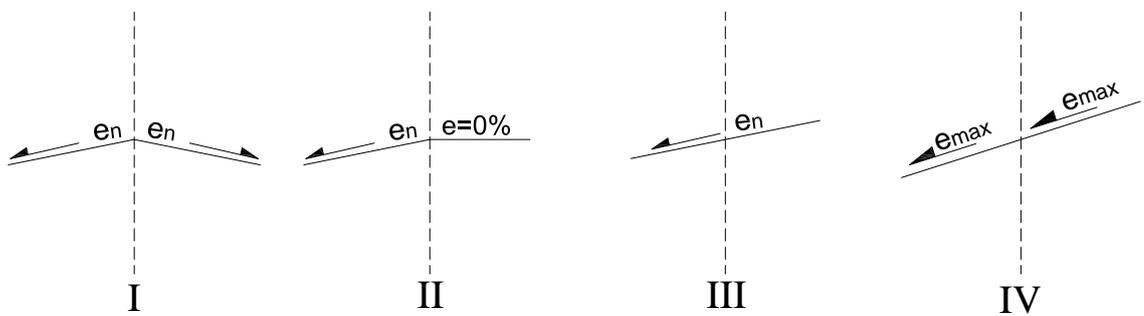


Gambar 2.6 Potongan Superelevasi *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* ( SCS )

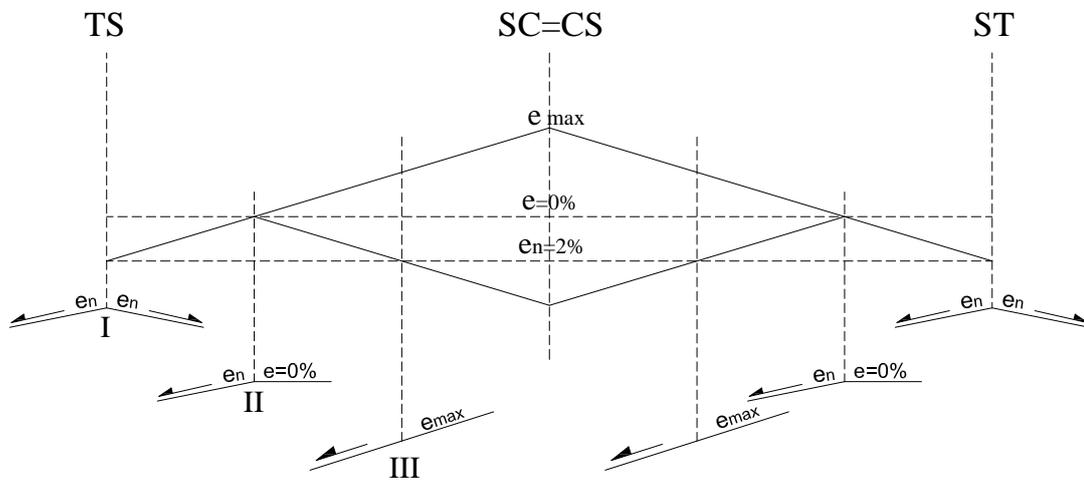


Gambar 2.7 Superelevasi *Spiral Circle Spiral*

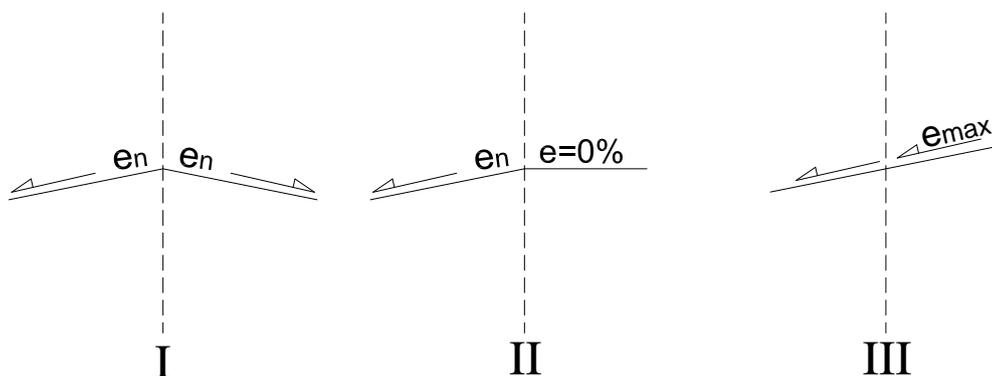


Gambar 2.8 Potongan Superelevasi *Spiral Circle Spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)



Gambar 2.9 Superelevasi *Spiral Spiral*



Gambar 2.10 Potongan Superelevasi *Spiral Spiral*

### 2.5.3 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} + 64 - \sqrt{Rc^2 - 64 + 1,25} \dots\dots\dots(m)$$

Ket :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(m)$$

Ket :

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$Bt = n ( B + C ) + Z \dots\dots\dots(m)$$

Ket :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan = 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

$$b = Bt - Bn$$

b = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (m)$$

Ket :

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

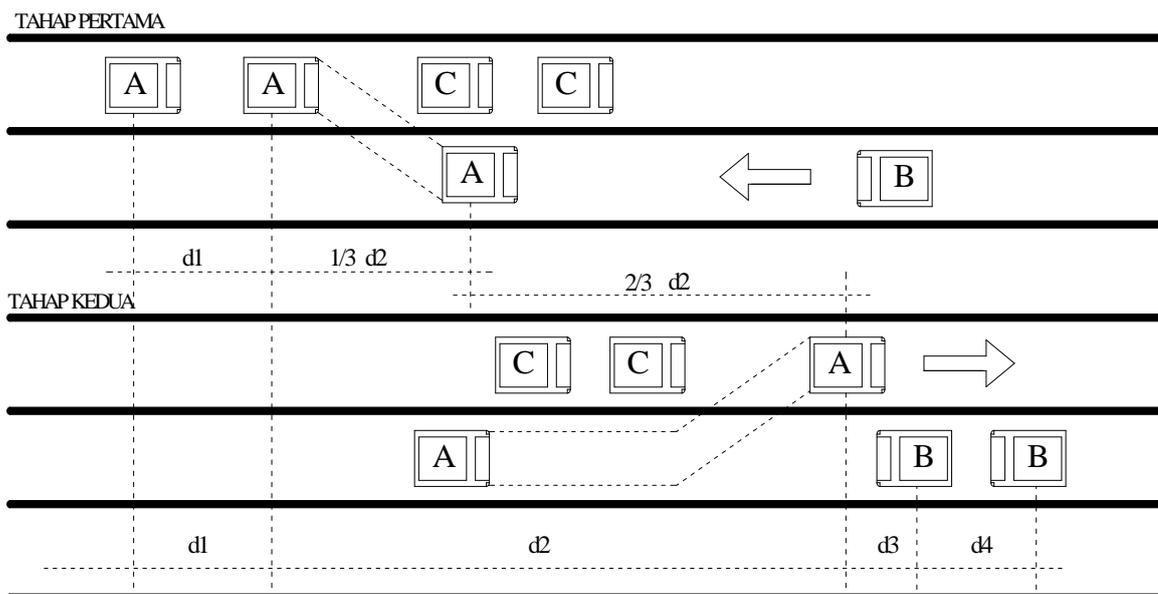
R = Jari-jari tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

#### 2.5.4 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas.



Ket :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.11 Jarak Pandang Mendahului

Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan Jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

### 2.5.5 Kebebasan Samping pada Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan Jh.

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Jika  $J_h < L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

Ket :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

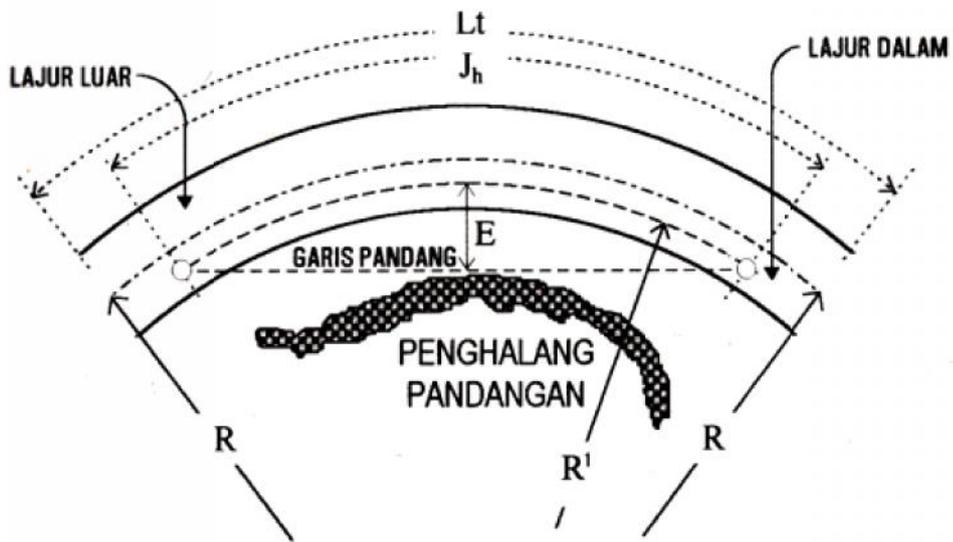
Jh = jarak pandang henti (m)

Lt = panjang Tikungan (m)

Tabel 2.15 Nilai E untuk  $J_h < L_t$ 

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	J = 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	$R_{\max} = 500$
300					2,3	6,0	$R_{\max} = 350$	
250				1,5	2,8	7,1		
200				1,9	3,5	$R_{\max} = 210$		
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	$R_{\max} = 115$			
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{\max} = 80$				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{\max} \times 50$					
30		$R_{\max} = 30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{\max} = 15$							

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997).



Gambar 2.12 Daerah bebas samping ditikungan untuk  $J_h < L_t$

b. Jika  $J_h > L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

Ket :

$E$  = Jarak bebas samping (m)

$R$  = Jari-jari tikungan (m)

$R'$  = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

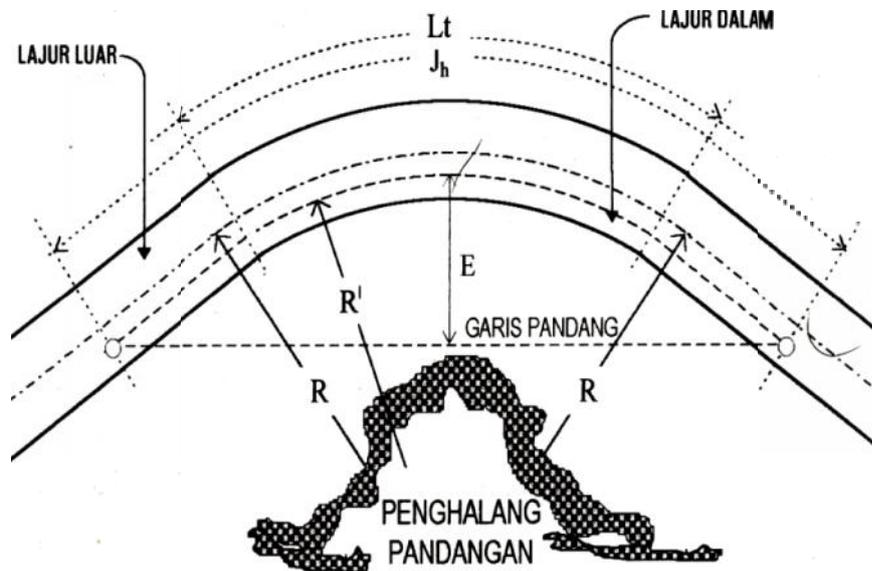
$J_h$  = Jarak pandang henti (m)

$L_t$  = Panjang Tikungan (m)

Tabel 2.16 Nilai E untuk  $J_h > L_t$ 

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J = 16$	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	$R_{max} = 500$
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{max} = 350$	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	$R_{max} = 210$		
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	$R_{max} = 115$			
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	$R_{max} = 80$				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{max} \times 50$					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{max} = 30$						
15	8,4							
	$R_{max} = 15$							

(sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)



Gambar 2.13 Daerah bebas samping ditikungan untuk  $J_h > L_t$

Keterangan Rumus :

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta$$

Ket :

$M$  = jarak dari sumbu penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

$\theta$  = setengah sudut pusat sepanjang  $L$  (°)

$R$  = radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

$S$  = jarak pandangan (m)

$L$  = panjang tikungan (m)

## 2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan rendah.

### 2.6.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya jarak pendek.

Tabel 2.17 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
$V_R$ ( km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

( Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997 )

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana ( $V_R$ ). Lama perjalanan tersebut tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)

Tabel 2.18 Tabel Panjang Kritis

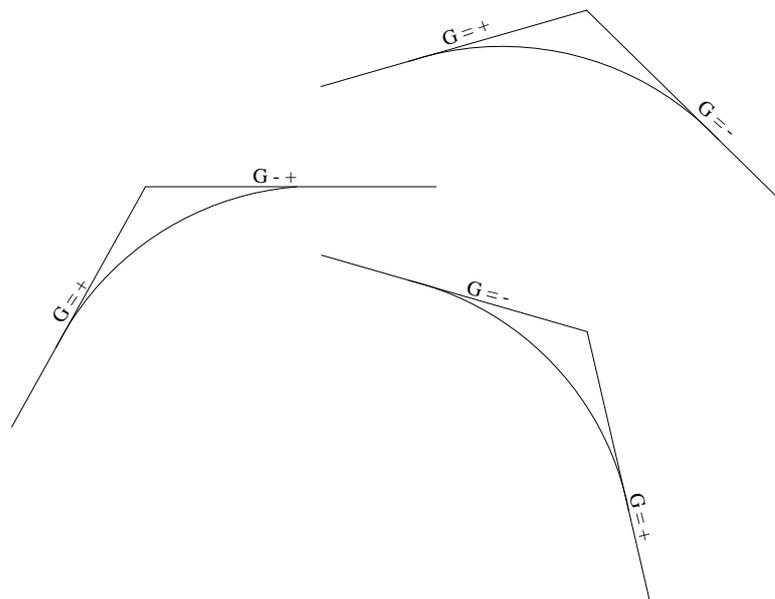
Kecepatan pada awal tanjakan (Km/Jam)	Kelandaian Maksimum (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Geometrik Jalan, Hamirhan Saodang, 2004 )

### 2.6.2 Lengkung Vertikal

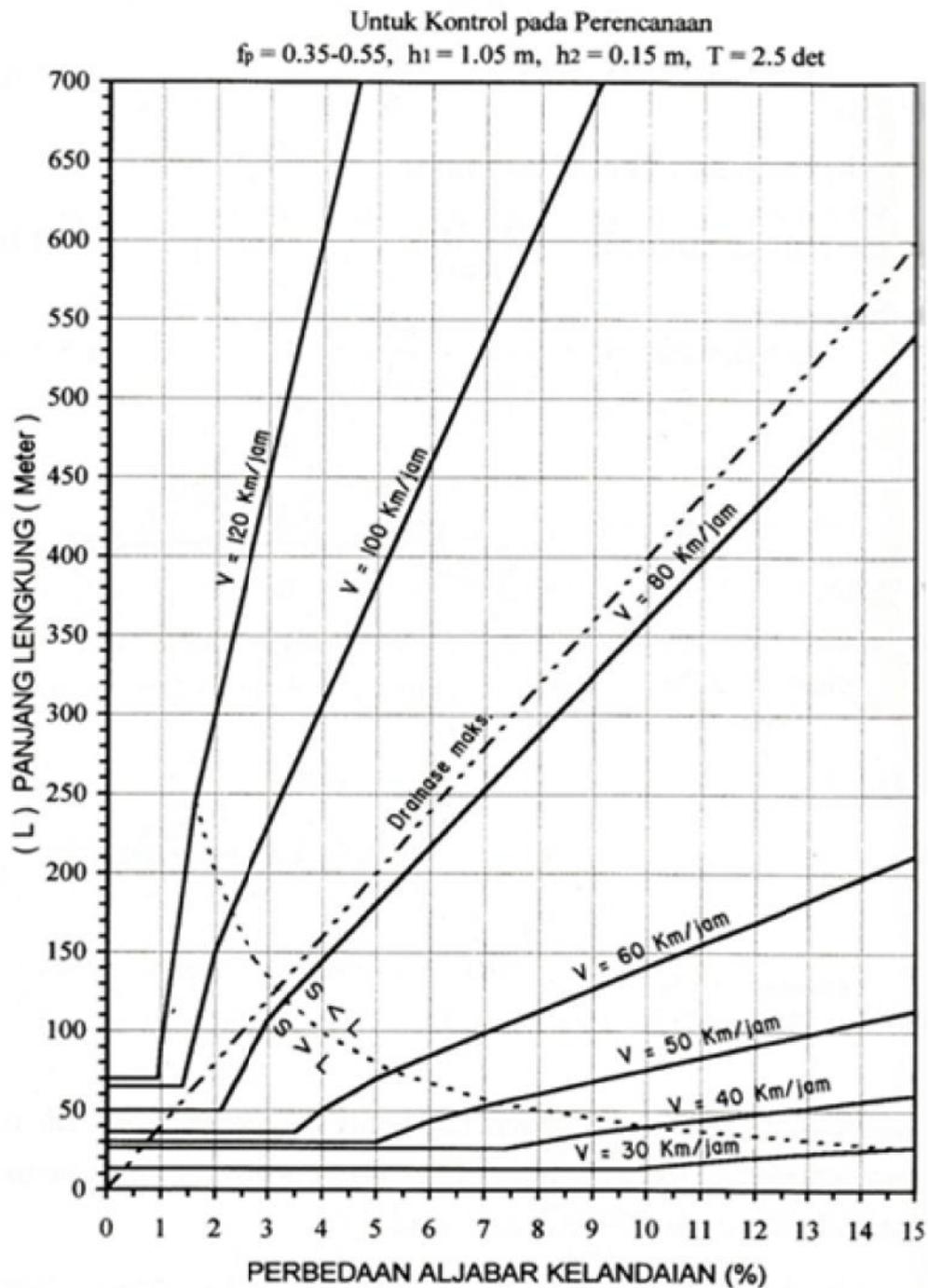
Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai kelandai berikutnya.



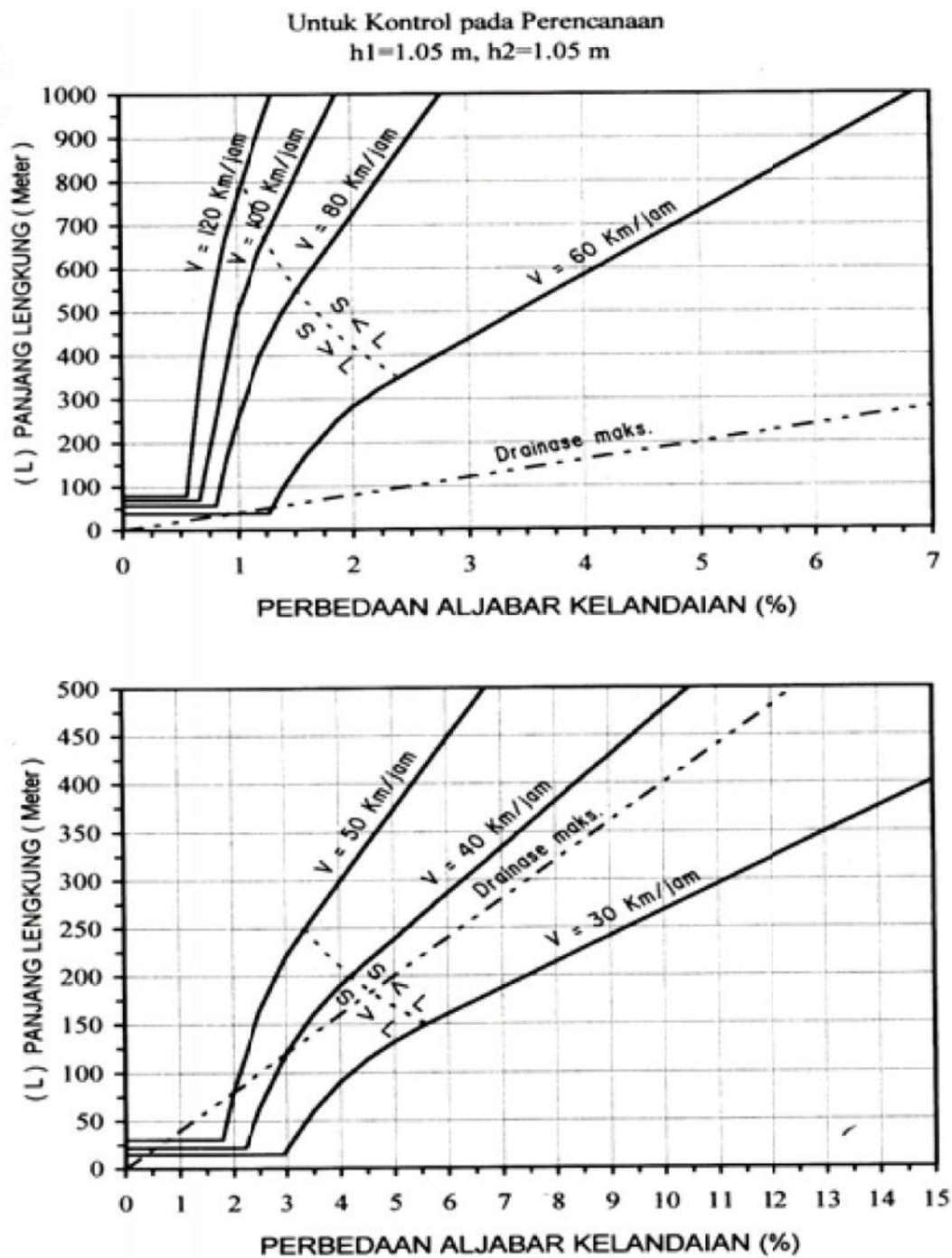


Gambar 2.15 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung ( $L_v$ ) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.19 (untuk jarak pandang henti).



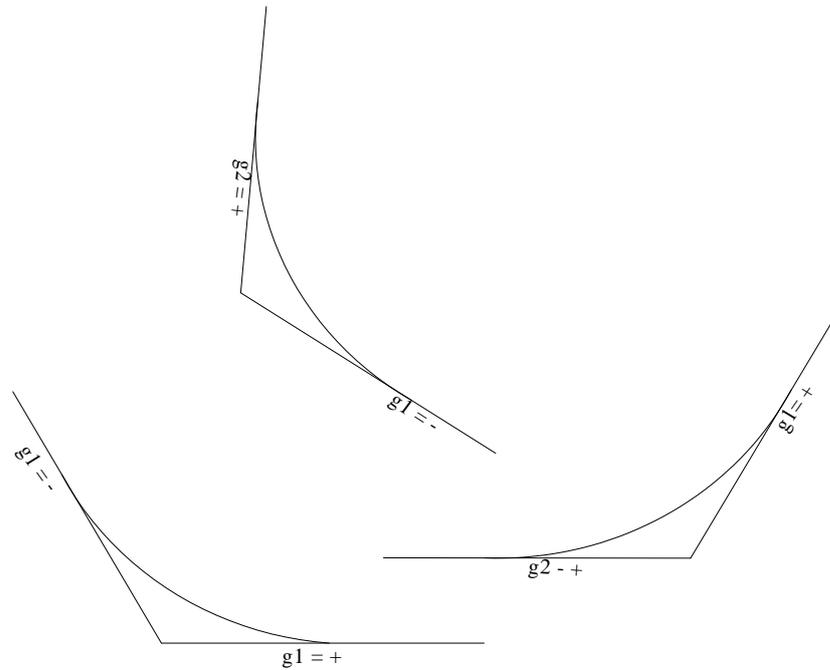
Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti ( $J_h$ )



Gambar 2.17 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd)

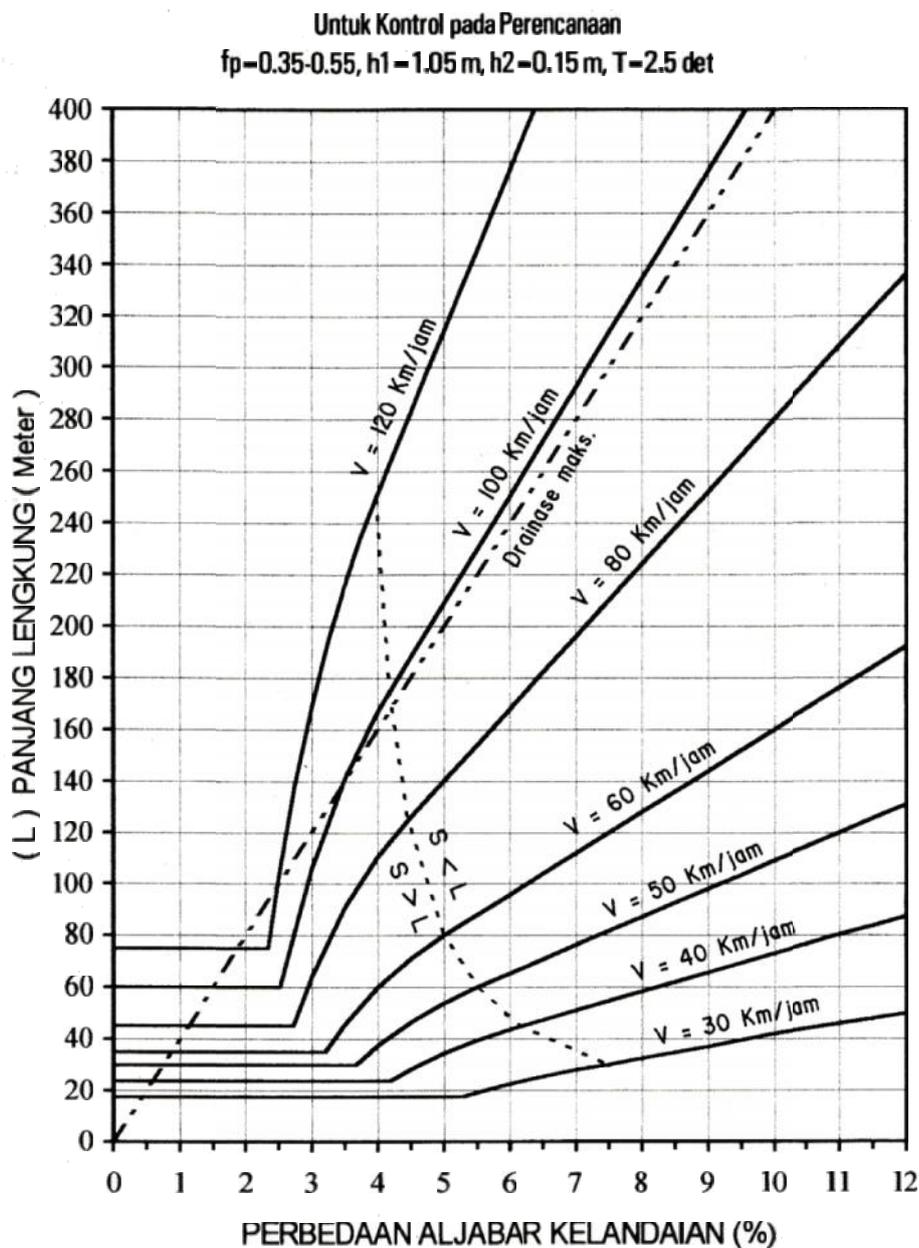
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.18 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada Gambar



Gambar 2.19 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

## 2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atau badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan

perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi dua kategori, yaitu :

a. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

b. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku.

c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan menggunakan dua bahan, maksudnya menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

### 2.7.1 Kriteria Perencanaan

a. Jumlah lajur dan tebal lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan, yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.19 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan ( L )	Jumlah Lajur
L < 4,5 m	1
4,5 m L < 8,00 m	2
8,00 m L < 11,25 m	3
11,25 m L < 15,00 m	4
15,00 m L < 18,75 m	5
18,75 m L < 22,50 m	6

## b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Tabel 2.20 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana ( $D_L$ )

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *		Kendaraan Berat **	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,600	0,500	0,700	0,500
3	0,400	0,400	0,500	0,475
4	0,300	0,300	0,400	0,450
5	-	0,250	-	0,425
6	-	0,200	-	0,400

Keterangan : \*) Mobil Penumpang

\*\*) Truk dan Bus

## c. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Tabel 2.21 Tingkat Reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi tingkat reliabilitas	
	perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95
Lokal	50 - 80	50 – 80

(Sumber : AASHTO'93)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
3. Pilih deviasi standar ( $S_0$ ) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai  $S_0$  adalah 0,35 – 0

Tabel 2.22 Deviasi Normal Standar  $Z_R$  untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R (%)	Deviasi Normal Standar $Z_R$
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-2,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

#### d. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur palayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (*Surface Drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode *time-to-drain*, *time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

e. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana ( $IP_t$ ), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.23 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada akhir umur rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana ( $IP_t$ )
Bebas Hambatan	2,5
Arteri	2,5
kolektor	2,0

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) untuk beerapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.24 Indeks Pelayanan pada awal Umur Rencana ( $IP_0$ )

Jenis lapis perkerasan	$IP_0$
Lapis beton aspal ( Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi ( Laston Modifikasi/AC-mod)	4
Lapis tipis beton aspal ( Lataston/HRS)	4

### 2.7.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.

Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan

volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan diberbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

a. Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “ *AASHTO – Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.

b. Metode NAASRA, Australia yang dapat dibaca “ *Interin Guide to Pavement Thicknecx Design.*”

c. Metode *Asphalt Institute*

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and Streets, MS-1.*

d. Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponenm SKBI 2.3.26.1987 UDC : 625,73 ( 02 ).

### **2.7.3 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan**

a. Koefisien kekuatan relative (a)

Koefisien kekuatan relative bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 10, maka nilai kekuatan relative bahan (a) dapat menggunakan referensi.

Tabel 2.25 Koefisien Kekuatan Relative bahan jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relative			
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (kPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(Mpa)	(x1000psi)							
1. Lapis permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3200 <sup>(5)</sup>	460	1000				0,414		
- Lapis antara modifikasi	3500 <sup>(5)</sup>	508	1000				0,360		
- Laston									
- lapis aus	3000 <sup>(5)</sup>	435	800				0,400		
- lapis antara	3200 <sup>(5)</sup>	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 <sup>(5)</sup>	340	800				0,350		
2. lapis pondasi									
- lapis pondasi laston modifikasi	3700 <sup>(5)</sup>	536	2250 <sup>(2)</sup>					0,305	
- lapis pondasi laston	3300 <sup>(5)</sup>	480	1800 <sup>(2)</sup>					0,290	
- lapis pondasi lataston	2400 <sup>(5)</sup>	350	800						
- lapis pondasi lapen								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 <sup>(3)</sup>				0,230	
CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 <sup>(4)</sup>				0,145	

Tanah kapur	3900	566		20 <sup>(4)</sup>				0,140	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

Ket :

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
  2. Diameter benda uji 60 inchi
  3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
  4. Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
  5. Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006)
- b. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.26 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.26 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu lintas rencana (juta)	Tipe lapisan beraspal	
	Kecepatan kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan kendaraan 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

c. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

Tabel 2.27 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi Laston	2,4	6,0
- lapis aus	1,6	4,0
- lapis antara Laston	2,4	6,0
- lapis aus	1,2	3,0
2. lapis pondasi		
- lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	1,4	3,5

- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB	6,0	15,0
- CTRB	6,0	15,0
- CMRFB	6,0	15,0
- CTSB	6,0	15,0
- CTRSB	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (selected material)	6,0	15,0

d. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks* Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \frac{IP}{IP_0 - IP_f}}{0,4 + \frac{1094}{SN+1} \cdot 5,19}$$

$$+ 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

$W_{18}$  ( $W_t$ ) = yaitu volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana

$Z_R$  = yaitu deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

$S_0$  = yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

IP = yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana ( $IP_f$ ).

Mr = yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

Ip<sub>f</sub> = yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

e. Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ) adalah sesuai prosedur.

f. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh *drainase*.

g. Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

h. Perhitungan

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Ket :

$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

$D_1 D_2 D_3$  = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

$m_1 m_2$  = Koefisien *drainase* lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

Angka 1-1, 1-2, 2 dan 3 masing-masing untuk lapis permukaan, lapis permukaan antara, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

i. Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama.

Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
2. Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (Ipt) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.
5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi

harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

## **2.8 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

### **a. Daftar Harga Satuan Alat dan Upah**

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

### **b. Analisa Satuan Harga Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisa. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Analisa bahan suatu pekerjaan adalah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

### **c. Perhitungan Volume Pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume

galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan antara lain :

1. Penentuan *stasioning* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang jalan dari alinyemen horizontal (*trase* jalan).
2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
3. Gambarkan potongan melintang (*cross section*) pada titik *stasioning*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
4. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

d. Perhitungan rencana anggaran biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

e. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

f. Rencana kerja (*time schedule*)

Rencana kerja (*time schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Adapun jenis-jenis *schedule* atau rencana kerja, yaitu :

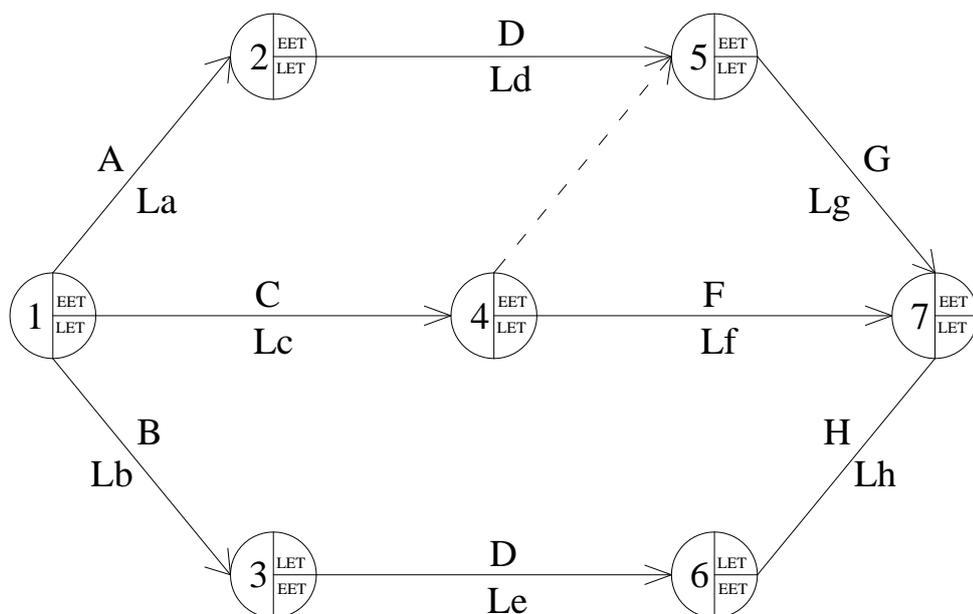
1. Bagan balok (*barchart*)

Bagan Balok (*barchart*) adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

## 2. Jaringan Kerja/ *Network Planning* (NWP)

*Network planning* adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu

- Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat *network planning* pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
- Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
- Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.



Gambar 2.20 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

—→ (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan pekerjaan.

○ (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.

⇒ (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critikcal path*).

- - - - > (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.

1 = Nomor Kejadian

1 | EET  
|  
| LET

EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.

A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

### 3. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya *persentase* pembangunan konstruksi dapat dilihat pada kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.