

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute 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 berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Geometrik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus :

- a. Memenuhi aspek-aspek keselamatan, kenyamanan dan kelancaran lalu lintas yang diperlukan;
- b. Mempertimbangkan aspek-aspek lalu lintas yang akan digunakan sebagai jalan tol, tingkat pengembangan jalan, standar desain, pemeliharaan, kelas dan fungsi jalan, dan jalan masuk/jalan keluar;
- c. Memenuhi ketentuan standar geometrik yang khusus dirancang untuk jalan bebas hambatan dengan sistem pengumpul tol;
- d. Mempertimbangkan faktor teknis, ekonomis, financial dan lingkungan;
- e. Memenuhi kelas dan spesifikasi yang lebih tinggi dan harus terkendali penuh dari jalan umum yang ada;
- f. Direncanakan untuk dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi;
- g. Dilakukan dengan teknik sedemikian rupa sehingga terbentuk kombinasi antara alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal;
- h. Mempertimbangkan ketersediaan saluran samping yang memadai.

2.2 Klasifikasi Standar Jalan

Klasifikasi standar jalan terbagi menjadi 3 macam, yaitu :

1) Standar menurut fungsi jalan

Standar jalan menurut fungsi jalan berdasarkan sifat dan pola pergerakan pada lalu lintas dan angkutan jalan. Klasifikasi jalan bebas hambatan untuk jalan tol menurut fungsi jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Fungsi Jalan	Jenis Angkutan yang Dilayani	Jarak Perjalanan	Kecepatan Rata-rata	Jumlah Jalan Masuk
Arteri	Utama	Jauh	Tinggi	Dibatasi
Kolektor	Pengumpul atau Pembagi	Sedang	Sedang	Dibatasi

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2) Standar menurut kelas jalan

- Standar kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan

Kelas bebas hambatan untuk jalan tol didesain dengan jalan kelas 1, tetapi untuk kasus khusus dimana jalan tol tersebut melayani kawasan berikat ke jalan menuju dermaga atau ke stasiun kereta api, dimana kendaraan yang dilayani lebih besar dari standar yang ada, maka harus didesain dengan menggunakan jalan kelas khusus.

Standar kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.2 Standar kelas jalan berdasarkan fungsi, dimensi kendaraan dan Muatan Sumbu Terberat (MST)

Kelas Jalan	Fungsi Jalan	Dimensi Kendaraan Maksimum yang Diizinkan			Muatan Sumbu Terberat yang Diizinkan
		Lebar (mm)	Panjang (mm)	Tinggi (mm)	
I	Arteri dan Kolektor	2.500	18.000	4.200	10
Khusus	Arteri	>2.500	>18.000	4.200	>10

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

- Standar kelas jalan berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan

Klasifikasi kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan spesifikasi penyediaan prasarana jalan adalah jalan bebas hambatan, karena :

- Jalan tol melayani arus lalu lintas jarak jauh;
- Tidak ada persimpangan sebidang;
- Jumlah jalan masuk dibatasi dan harus terkendali secara penuh;
- Jumlah lajur minimal dua lajur per arah;
- Menggunakan pemisah tengah atau median;
- Harus dilakukan pemagararan.

3) Klasifikasi medan jalan

Klasifikasi medan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur melintang terhadap sumbu jalan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	< 10,0%
Perbukitan	B	10,0% - 25,0%
Pegunungan	G	>25,0%

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan direncanakan berdasarkan karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping itu juga harus memperhatikan faktor-faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Hal ini harus dipertimbangkan karena jalan harus bisa menampung berbagai jenis kendaraan yang lewat, memberikan kemudahan para pengendara dan layak dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana agar jalan menjadi nyaman, aman, ekonomis dan aksesibilitasnya tinggi. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Berikut ini adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perencanaan geometrik jalan tol, yaitu sebagai berikut :

2.3.1 Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan suatu geometrik jalan. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Dimensi kendaraan rencana desain geometrik jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 2.4 Dimensi kendaraan rencana

Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	9,2	1,2	1,8	12,80
Truk 3 as	4,1	2,4	12,0	1,2	1,8	
Truk 4 as	4,1	2,4	13,9	0,9	0,8	12,20
Truk 5 as	4,1	2,5	16,8	0,9	0,6	13,72

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.3.2 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana 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. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Kecepatan rencana jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi kriteria sebagaimana ditetapkan pada tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Kecepatan rencana (V_R)

Medan Jalan	V_R (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80-100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.3.3 Jumlah Lajur

Standar minimal jumlah lajur adalah 2 (dua) lajur per arah atau 4/2 D dan ditentukan berdasarkan tipe alinyemen sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.6 dan prakiraan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.7 sebagai berikut :

Tabel 2.6 Tipe alinyemen

Tipe alinyemen	Naik + turun (m/km)	Lengkung horisontal (rad/km)
Datar	< 10	< 1,0
Perbukitan	10-30	1,0 - 2,5
Pegunungan	>30	> 2,5

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Tabel 2.7 Jumlah lajur berdasarkan arus lalu lintas

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas per Arah (kend/jam)	Jalur Lajur (Minimal)
Datar	2.250	4/2 D
	3.400	6/2 D
	5.000	8/2 D
Perbukitan	1.700	4/2 D
	2.600	6/2 D
Pegunungan	1.450	4/2 D
	2.150	6/2 D

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Keterangan : D artinya pemisahan lajur

Dalam menghitung LHR, karena pengaruh berbagai jenis kendaraan, digunakan faktor ekivalen mobil penumpang (emp). Nilai emp untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.8 sebagai berikut :

Tabel 2.8 Ekivalensi mobil penumpang (emp)

Tipe alinyemen	Arus lalu lintas per arah (kend/jam)		emp		
	4/2 D	6/2D	MHV	LB	LT
Datar	2.250	3.400	1,6	1,7	2,5
	2.800	4.150	1,3	1,5	2,0
Perbukitan	1.700	2.600	2,2	2,3	4,3
	2.250	3.300	1,8	1,9	3,5
Pegunungan	1.450	2.150	2,6	2,9	4,8
	2.000	3.000	2,0	2,4	3,8

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.3.4 Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah taksiran atau prakiraan volume lalu lintas harian untuk masa yang akan datang pada bagian jalan tertentu. Prakiraan volume lalu lintas selama umur rencana jalan yang diperlukan disebut volume jam rencana (VJR). Volume jam rencana dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{100}$$

Keterangan :

VLHR : Prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas (smp/hari)

K : Faktor volume lalu lintas jam sibuk (%), disebut faktor K, untuk jalan bebas hambatan K = 11% (MKJI)

2.3.5 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat pelayanan jalan bebas hambatan untuk jalan tol didefinisikan sebagai kemampuan ruas jalan bebas hambatan untuk menampung lalu lintas pada keadaan tertentu. Tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol antarkota adalah B dan tingkat pelayanan minimum untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol perkotaan adalah C. Karakteristik operasi terkait untuk tingkat pelayanan di jalan tol dapat dilihat pada tabel 2.9 sebagai berikut :

Tabel 2.9 Standar pelayanan dan karakteristik operasi

Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasi Terkait
A	<ul style="list-style-type: none"> - Arus bebas - Volume pelayanan 1400 smp/jam pada 2 lajur 1 arah
B	<ul style="list-style-type: none"> - Arus stabil dengan kecepatan tinggi - Volume pelayanan maksimal 2000 smp/jam pada lajur 1 arah

C	<ul style="list-style-type: none"> - Arus masih stabil - Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah <75% kapasitas lajur (yaitu 1500 smp/jam/lajur atau 3000 smp/jam untuk 2 lajur)
---	--

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.3.6 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Lebar lajur dan bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada tabel 2.10 sebagai berikut :

Tabel 2.10 Lebar lajur dan bahu jalan tol

Lokasi Jalan Tol	VR (km/jam)	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Luar Diperkeras		Lebar Bahu Dalam Diperkeras (m)
		Minimal	Ideal	Minimal	Ideal*)	
Antarkota	120	3,60	3,75	3,00	3,50	1,50
	100	3,60	3,60	3,00	3,50	1,50
	80	3,60	3,60	3,00	3,50	1,00
Perkotaan	100	3,50	3,60	3,00	3,50	1,00
	80	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50
	60	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50

*) dibutuhkan pada saat kendaraan besar mengalami kerusakan

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.4 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 atau biasa disebut “tangen”, yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun lingkaran saja. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

2.4.1 Bagian jalan lurus maksimum

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai V_r) ditetapkan menurut tabel 2.11 sebagai berikut :

Tabel 2.11 Panjang bagian lurus maksimum

VR (km/jam)	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)	
	Perhitungan	Pembulatan
140	5833,3	5850
120	5000,0	5000
100	4166,7	4200
80	3333,3	3350
60	2500,0	2500

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.4.2 Jari – Jari Tikungan

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

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

Keterangan :

R_{\min} : Jari – jari tikungan minimum (m)

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

e_{\max} : Superelevasi maksimum (%)

f_{\max} : Koefisien gesek maksimum

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.12 sebagai berikut :

Tabel 2.12 Superelevasi maksimum berdasarkan tata guna lahan dan iklim

Superelevasi Maksimum	Kondisi Yang Digunakan
10%	Maksimum untuk jalan tol antarkota
8%	Maksimum untuk jalan tol antarkota dengan curah hujan tinggi
6%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan
4%	Maksimum untuk jalan tol perkotaan dengan kepadatan tinggi

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Besaran nilai koefisien gesek maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.13 sebagai berikut :

Tabel 2.13 Koefisien gesek maksimum berdasarkan V_R

V_R (km/jam)	Koefisien Gesek Maksimum (f_{max})
120	0,092
100	0,116
80	0,140
60	0,152

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Atau berdasarkan buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman, 1999) nilai f_{max} dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

untuk $V_R < 80$ km/jam, $f_{max} = -0,00065 \times V_R + 0,192$

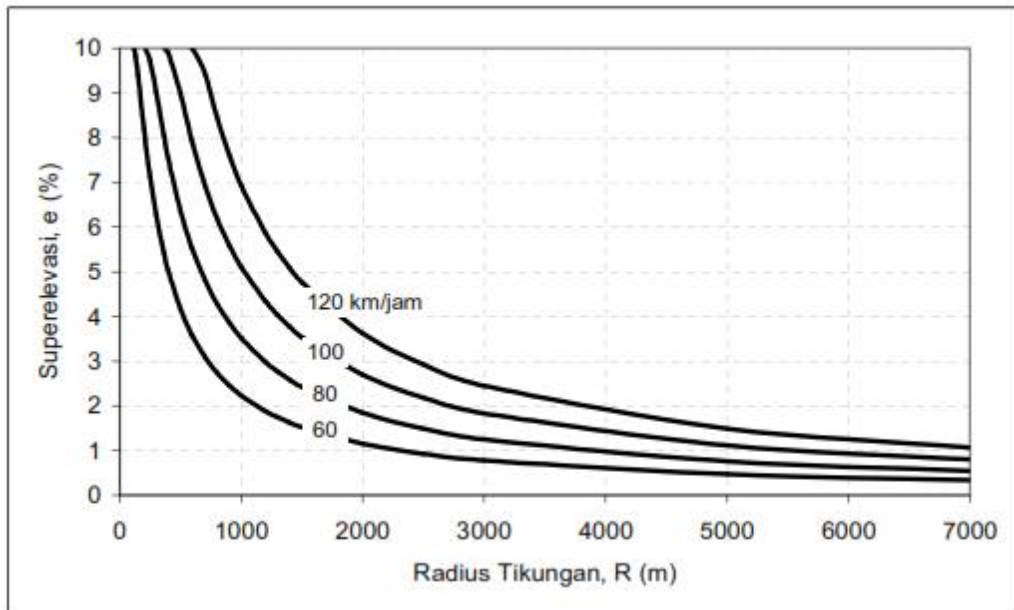
untuk $V_R 80 - 112$ km/jam, $f_{max} = -0,00125 \times V_R + 0,24$

Hasil perhitungan R_{min} ditampilkan pada tabel 2.14 serta distribusi besaran superelevasi berdasarkan nilai R ditambahkan pada gambar 2.1 hingga gambar 2.4 sebagai berikut :

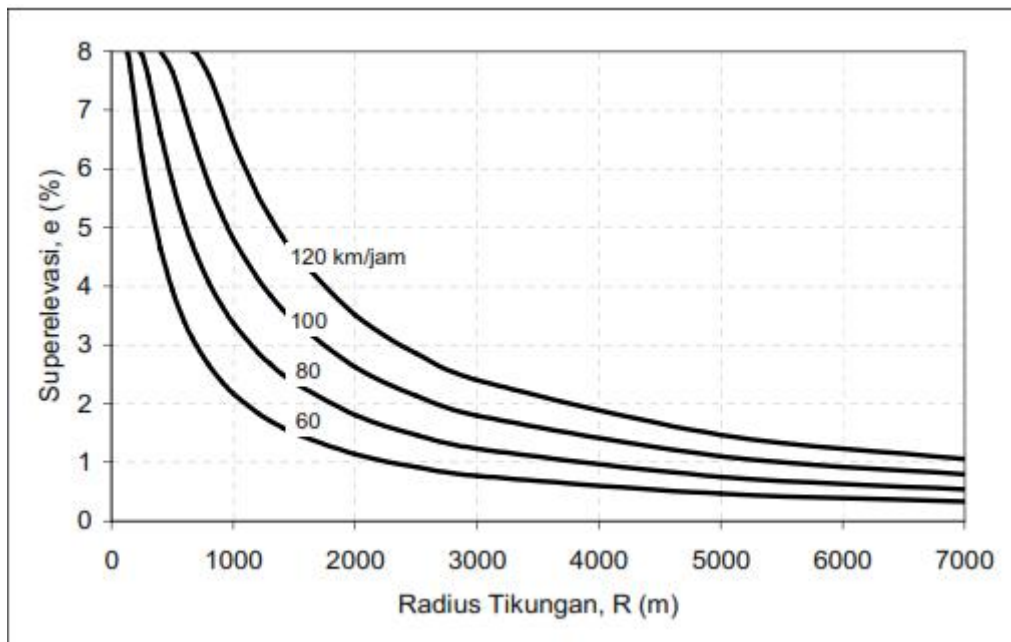
Tabel 2.14 Panjang jari-jari minimum (dibulatkan)

e_{\max} (%)	V_R (km/jam)	f_{\max}	$(e/100+f)$	R_{\min} (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
10,0	100	0,116	0,216	364,5	365
10,0	80	0,140	0,240	210,0	210
10,0	60	0,152	0,252	112,5	110
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
8,0	100	0,116	0,196	401,7	400
8,0	80	0,140	0,220	229,1	230
8,0	60	0,152	0,232	122,2	120
6,0	120	0,092	0,152	746,0	745
6,0	100	0,116	0,176	447,4	445
6,0	80	0,140	0,200	252,0	250
6,0	60	0,152	0,212	133,7	135
4,0	120	0,092	0,132	859,0	860
4,0	100	0,116	0,156	504,7	505
4,0	80	0,140	0,180	280,0	280
4,0	60	0,152	0,192	147,6	150

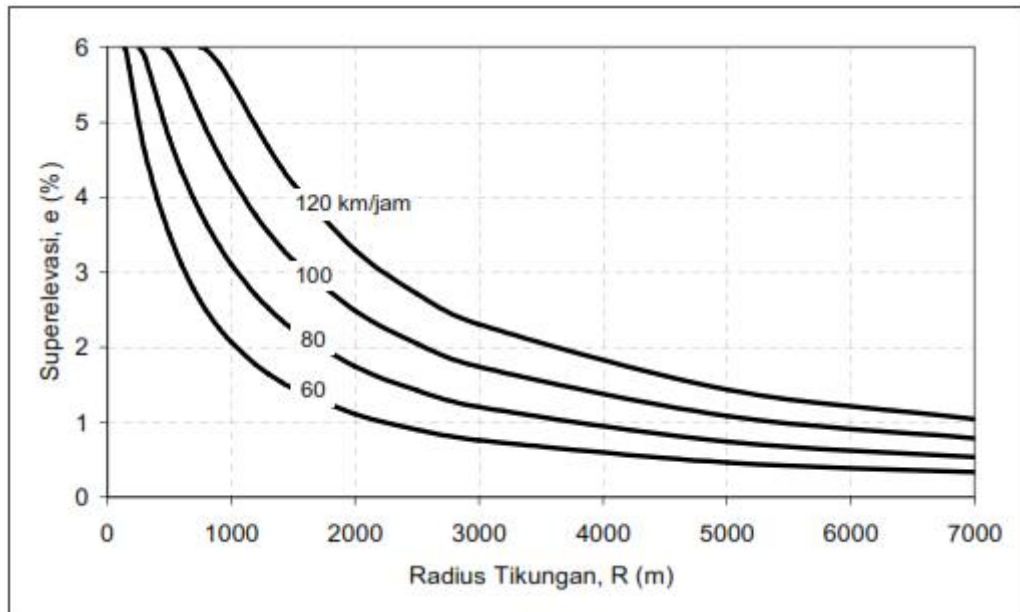
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)



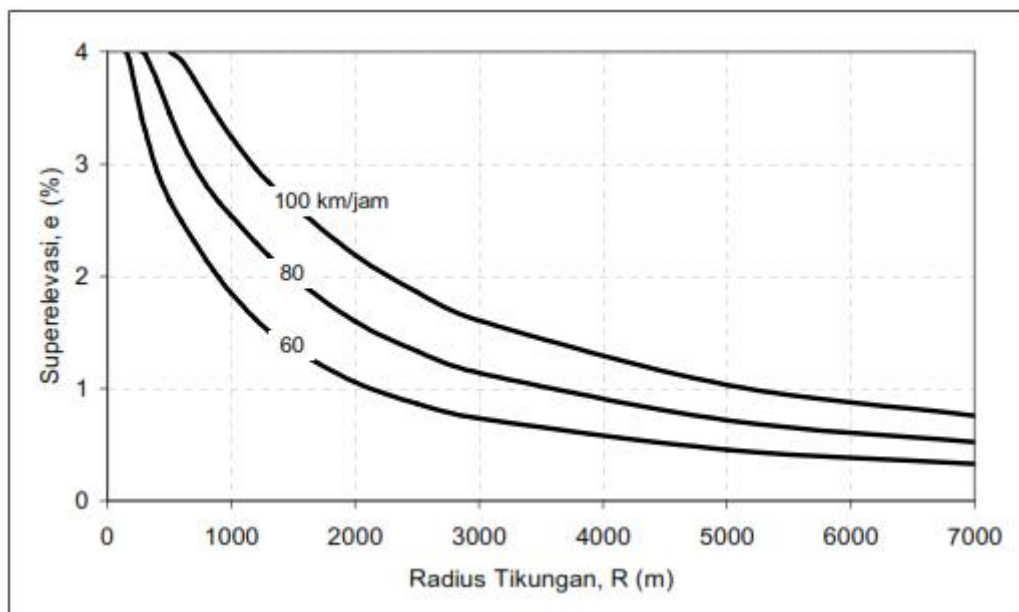
Gambar 2.1 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 10%



Gambar 2.2 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 8%



Gambar 2.3 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 6%



Gambar 2.4 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 4%

Pemilihan R_{\min} atau tikungan dengan e_{\max} untuk suatu tikungan adalah tidak memberikan kenyamanan pada pengguna jalan. Disamping itu, kecepatan kendaraan yang menikung bervariasi, dengan demikian penggunaan R_{\min} hanya untuk kondisi medan jalan yang sulit dan hanya di daerah perkotaan, maka diharuskan menggunakan R yang lebih besar daripada R_{\min} .

2.4.3 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan (L_S) berfungsi untuk memberikan kesempatan kepada pengemudi untuk mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus (R tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan dengan jari-jari R tetap, dengan demikian gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat melintasi tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan.

Ketentuan lengkung peralihan adalah sebagai berikut :

- a. Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk *spiral (clothoide)*
- b. Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut :
 1. Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
 2. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
 3. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
 4. Tingkat perubahan kelandaian relatif
- c. L_S ditentukan yang memenuhi ke empat kriteria tersebut di atas, sehingga dipilih nilai L_S yang terpanjang.

1. Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan

Waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan harus dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak. Kriteria ini dihitung dengan rumus :

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

Keterangan :

V_R = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan 2 detik

Atau digunakan tabel 2.15 sebagai berikut :

Tabel 2.15 L_S min berdasarkan waktu perjalanan

V_R (km/jam)	L_S min (m)
120	67
100	56
80	45
60	34

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2. Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (r_e) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui r_e -max yang ditetapkan sebagai berikut :

a. Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, r_e -max = 0,035 m/m/detik

b. Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, r_e -max = 0,025 m/m/detik

Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_S = \frac{\frac{e_m - e_n}{100} V_R}{3,6r_e}$$

Keterangan :

E_m : Superelevasi maksimum (%)

E_n : Superelevasi normal (%)

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

r_e : tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

atau digunakan tabel 2.16 sebagai berikut :

Tabel 2.16 L_S min berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan

e_m (%)	L_S min (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
10,0	107	89	71	38
9,5	100	83	67	36
9,0	93	78	62	33
8,5	87	72	58	31
8,0	80	67	53	29
7,5	73	61	49	26
7,0	67	56	44	24
6,5	60	50	40	21
6,0	53	44	36	19
5,5	47	39	31	17
5,0	40	33	27	14
4,5	33	28	22	12
4,0	27	22	18	10
3,5	20	17	13	7
3,0	13	11	9	5
2,5	7	6	4	2
2,0	0	0	0	0

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

3. Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan

Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman. Kriteria ini dihitung dengan rumus :

$$L_S = \frac{0,0214V_R^3}{RC}, \text{ keterangan :}$$

V_R : Kecepatan rencana (km/jam)

R : Radius tikungan (m)

C : Perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det^3) digunakan 1,2 m/det^3 atau dapat digunakan tabel 2.17 sebagai berikut :

Tabel 2.17 L_S min berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

R (m)	L_S min (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
2500	12	7		
2000	15	9	5	
1500	21	12	6	3
1400	22	13	7	3
1300	24	14	7	3
1200	26	15	8	3
1000	31	18	9	4
900	34	20	10	4
800	39	22	11	5
700	44	26	13	6
600	51	30	15	6
500		36	18	8
400		45	23	10
300			30	13
250			37	15
200				19
175				22
150				26
140				28
130				30
120				32
110				35

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

4. Tingkat perubahan kelandaian relatif

Tingkat perubahan kelandaian relatif () dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui maksimum yang ditetapkan seperti pada tabel 2.18 sebagai berikut :

Tabel 2.18 Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum

V_R (km/jam)	(m/m)
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kemiringan normal sampai ke kemiringan superelevasi penuh (L_S) dihitung dengan menggunakan rumus :

$$L_S = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w)$$

Keterangan :

w : lebar satu lajur lalu lintas (m)

e_d : superelevasi rencana (%)

n_1 : jumlah lajur yang diputar

b_w : faktor penyesuaian untuk jumlah lajur yang diputar

n_1	1	1,5	2
b_w	1,00	0,83	0,75

: tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m)

Tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = LN$ tidak memerlukan lengkung peralihan dan tikungan yang memiliki R dengan nilai $e = RC$ tidak memerlukan superelevasi.

Tabel 2.19 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan V_r

($e_{max} = 10\%$)

R (m)	$V_R = 120$ km/jam			$V_R = 100$ km/jam			$V_R = 80$ km/jam			$V_R = 60$ km/jam		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
3000	2,5	23	35	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2500	2,9	28	42	2,2	18	27	LN	0	0	LN	0	0
2000	3,6	34	52	2,7	22	33	RC	14	22	LN	0	0
1500	4,8	45	68	3,5	29	43	2,4	17	26	LN	0	0
1400	5,1	48	72	3,8	31	46	2,6	19	28	RC	12	18
1300	5,4	52	77	4,0	33	49	2,8	20	30	RC	12	18
1200	5,9	56	83	4,3	35	53	3,0	21	32	RC	12	18
1000	6,9	66	99	5,1	42	63	3,5	25	38	2,2	13	20
900	7,6	72	108	5,6	46	69	3,9	28	42	2,5	15	22
800	8,5	80	120	6,2	51	76	4,3	31	46	2,7	16	25
700	9,4	89	134	6,9	57	85	4,8	35	52	3,1	19	28
600	10,0	95	142	7,9	64	97	5,5	40	59	3,6	21	32
500	$R_{min} = 590$			9,0	73	110	6,4	46	69	4,2	25	37
400				9,9	81	121	7,5	54	81	5,0	30	45
300				$R_{min} = 365$			9,0	65	97	6,3	38	56
250							9,7	70	105	7,1	43	64
200							$R_{min} = 210$			8,2	49	74
175							8,8	53	79			
150							9,4	56	85			
140							9,6	58	87			
130							9,8	59	88			
120							10,0	60	90			
110							10,0	60	90			
	$R_{min} = 110$											

e_{max}	: superelevasi maksimum 10%
R	: Jari-jari lengkung
V_R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Tabel 2.20 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan V_r

($e_{\max} = 8\%$)

R (m)	$V_R = 120$ km/jam			$V_R = 100$ km/jam			$V_R = 80$ km/jam			$V_R = 60$ km/jam		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
3000	2,4	23	34	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2500	2,9	27	41	2,1	17	26	LN	0	0	LN	0	0
2000	3,5	33	50	2,6	21	32	RC	14	22	LN	0	0
1500	4,6	43	65	3,4	28	42	2,4	17	25	LN	0	0
1400	4,8	46	69	3,6	30	44	2,5	18	27	RC	12	18
1300	5,2	49	74	3,9	32	47	2,7	19	29	RC	12	18
1200	5,6	53	79	4,1	34	51	2,9	21	31	RC	12	18
1000	6,5	61	92	4,8	39	59	3,4	24	36	2,2	13	20
900	7,1	67	100	5,2	43	64	3,7	27	40	2,4	14	21
800	7,6	72	108	5,7	47	70	4,1	29	44	2,7	16	24
700	8,0	75	113	6,3	52	78	4,5	33	49	3,0	18	27
600	$R_{\min} = 660$			7,0	57	86	5,1	37	55	3,4	20	31
500				7,6	63	94	5,8	41	62	3,9	24	35
400				8,0	65	98	6,6	48	71	4,6	28	42
300				$R_{\min} = 400$			7,6	55	82	5,6	34	51
250							7,9	57	86	6,2	37	56
200							$R_{\min} = 230$			7,0	42	63
175							7,4	44	66			
150							7,8	47	70			
140							7,9	47	71			
130							8,0	48	72			
120							8,0	48	72			
	$R_{\min} = 120$											

e_{\max}	: superelevasi maksimum 8%
R	: Jari-jari lengkung
V_R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Tabel 2.21 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan V_r $(e_{\max} = 6\%)$

R (m)	$V_R = 120$ km/jam			$V_R = 100$ km/jam			$V_R = 80$ km/jam			$V_R = 60$ km/jam		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
3000	2,3	22	33	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2500	2,7	26	39	2,0	17	25	LN	0	0	LN	0	0
2000	3,3	31	47	2,5	20	31	RC	14	22	LN	0	0
1500	4,2	40	59	3,2	26	39	2,2	16	24	LN	0	0
1400	4,4	42	63	3,3	27	41	2,4	17	26	LN	0	0
1300	4,7	44	66	3,5	29	43	2,5	18	27	RC	12	18
1200	4,9	47	70	3,8	31	46	2,7	19	29	RC	12	18
1000	5,5	52	79	4,3	35	52	3,1	22	34	2,1	12	19
900	5,8	55	82	4,6	37	56	3,4	24	36	2,3	14	20
800	6,0	57	85	4,9	40	60	3,6	26	39	2,5	15	22
700	$R_{\min} = 745$			5,3	43	65	4,0	29	43	2,8	17	25
600				5,6	46	69	4,3	31	47	3,1	19	28
500				5,9	49	73	4,8	34	52	3,5	21	32
400				$R_{\min} = 445$			5,3	38	58	4,0	24	36
300							5,9	42	63	4,6	28	41
250							6,0	43	65	5,0	30	45
200							$R_{\min} = 250$			5,5	33	50
175										5,7	34	52
150				5,9	36	54						
140				6,0	36	54						
										$R_{\min} = 135$		

e_{\max}	: superelevasi maksimum 6%
R	: Jari-jari lengkung
V_R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Tabel 2.22 Hubungan parameter perencanaan lengkung horizontal dengan V_R $(e_{\max} = 4\%)$

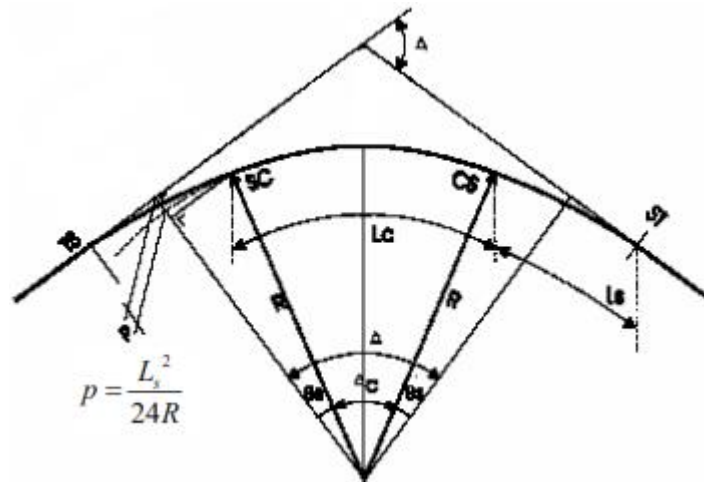
R (m)	$V_R = 100 \text{ km/jam}$			$V_R = 80 \text{ km/jam}$			$V_R = 60 \text{ km/jam}$		
	e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)		e (%)	Ls (m)	
		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur		2 Lajur	4 Lajur
7000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
5000	LN	0	0	LN	0	0	LN	0	0
3000	RC	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2500	1,9	16	25	LN	0	0	LN	0	0
2000	2,2	18	27	RC	14	22	LN	0	0
1500	2,6	22	32	RC	14	22	LN	0	0
1400	2,7	22	34	2,1	15	22	LN	0	0
1300	2,8	23	35	2,2	16	24	LN	0	0
1200	3,0	24	36	2,3	17	25	RC	12	18
1000	3,2	27	40	2,5	18	27	RC	12	18
900	3,4	28	42	2,7	19	29	RC	12	18
800	3,6	29	44	2,8	20	30	2,1	13	19
700	3,8	31	46	3,0	21	32	2,3	14	21
600	3,9	32	48	3,2	23	35	2,5	15	22
500	$R_{\min} = 505$			3,5	25	37	2,7	16	24
400				3,7	27	40	2,9	18	26
300				4,0	29	43	3,3	20	30
250				$R_{\min} = 280$			3,6	21	32
200							3,8	23	34
175	3,9	24	35						
150	4,0	24	36						
	$R_{\min} = 150$								

e_{\max}	: superelevasi maksimum 4%
R	: Jari-jari lengkung
V_R	: Asumsi kecepatan rencana
e	: Tingkat superelevasi
Ls	: Panjang minimum pencapaian superelevasi run off (tidak termasuk panjang pencapaian superelevasi run out)
LN	: Lereng Normal
RC	: Lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat kemiringan melintang sebesar lereng normal

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

5. Persyaratan L_S min dan L_S max

Jika lengkung peralihan digunakan, maka posisi lintasan tikungan bergeser dari bagian jalan yang lurus ke arah sebelah dalam sejauh p .



Gambar 2.5 Pergeseran lintasan pada tikungan menggunakan lengkung peralihan

Apabila nilai p kurang dari 0,20 m, maka lengkung peralihan tidak diperlukan. Sehingga tipe tikungan menjadi *Full Circle*.

$$L_S \text{ min} = \sqrt{24 p_{\text{min}} R}$$

Lengkung peralihan juga dibatasi oleh besarnya nilai p yang diperbolehkan jika menggunakan lengkung peralihan yaitu 1,0 m. sehingga persamaan

$$\text{untuk panjang lengkung peralihan } L_S \text{ max} = \sqrt{24 p_{\text{max}} R}$$

Tabel 2.23 L_S min dan L_S max berdasarkan pergeseran lintasan (p)

R (m)	L_S min (m)	L_S max (m)	R (m)	L_S min (m)	L_S max (m)	R (m)	L_S min (m)	L_S max (m)
5000	155	346	1000	69	155	250	35	77
3000	120	268	900	66	147	200	31	69
2500	110	245	800	62	139	175	29	65

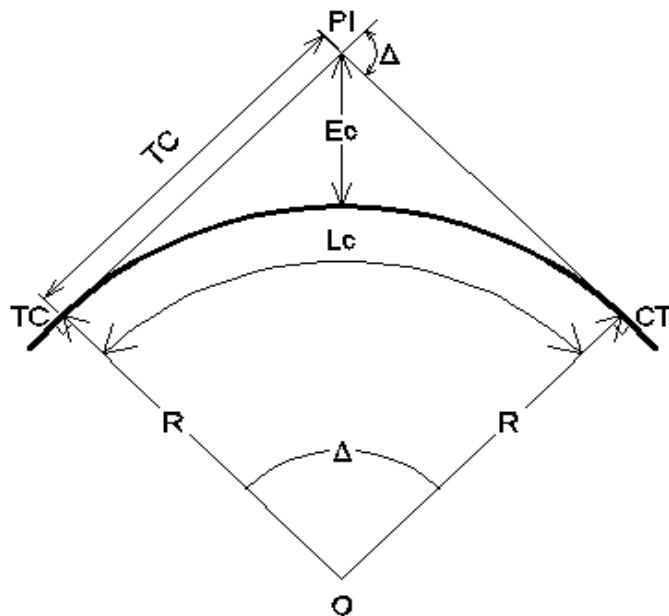
2000	98	219	700	58	130	150	27	60
1500	85	190	600	54	120	140	26	58
1400	82	183	500	49	110	130	25	56
1300	79	177	400	44	98	120	24	54
1200	76	170	300	38	85	110	23	51

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.4.4 Jenis Tikungan

Secara umum standar bentuk tikungan terdiri atas 3 (tiga) bentuk, yaitu :

1. *Full Circle* (FC), 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)



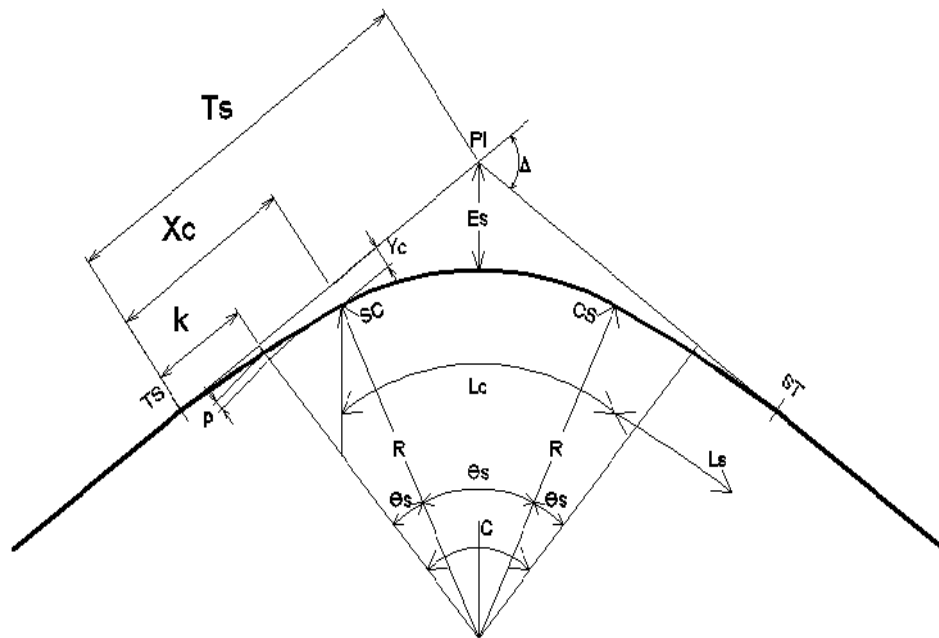
Gambar 2.6 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan :

$$T_C = R \tan \frac{1}{2} \Delta \quad E_C = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R$$

$$L_C = \frac{\Delta}{360^\circ} 2\pi R \quad E_C = T_C \tan \frac{1}{4} \Delta$$

2. *Spiral-Circle-Spiral* (SCS), yaitu tikungan yang terdiri dari 1 (satu) lengkung lingkaran dan 2 (dua) lengkung spiral.



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

$$\theta_s = \frac{L_s}{2R} \frac{360}{2\pi}$$

$$c = -2\theta_s$$

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

$$Y_c = \frac{L_s^2}{6R}$$

$$X_c = L_s - \frac{L_s^2}{40R^2}$$

$$k = X_c - R \sin \theta_s$$

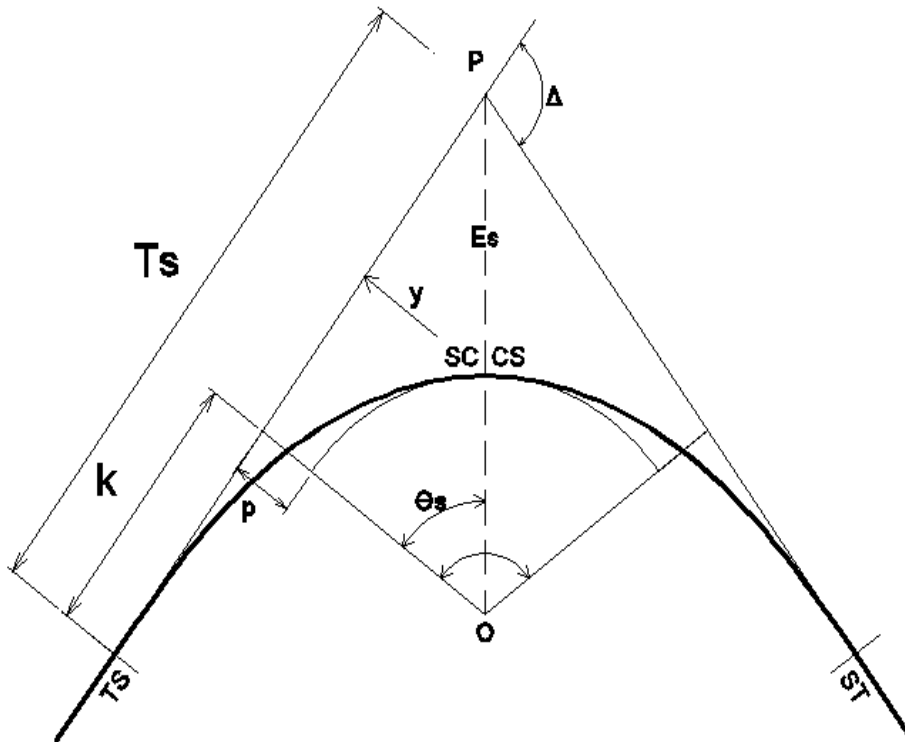
$$p = Y_c - R (1 - \cos \theta_s)$$

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

$$E_s = \frac{(R+p)}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R$$

$$L_{\text{total}} = L_c + 2L_s$$

3. *Spiral-Spiral (SS)*, yaitu tikungan yang terdiri atas 2 (dua) lengkung spiral.



Gambar 2.8 Tikungan Spiral-Spiral

$$\theta_S = \frac{\Delta}{2}$$

$$c = 0$$

$$L_C = 0$$

$$Y_C = \frac{L_S^2}{6R}$$

$$X_C = L_S - \frac{L_S^3}{40R^2}$$

$$k = X_C - R \sin \theta_S$$

$$p = Y_C - R (1 - \cos \theta_S)$$

$$T_S = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k$$

$$E_S = \frac{(R+p)}{\cos^2 \frac{\Delta}{2}} - R$$

$$L \text{ total} = 2L_S$$

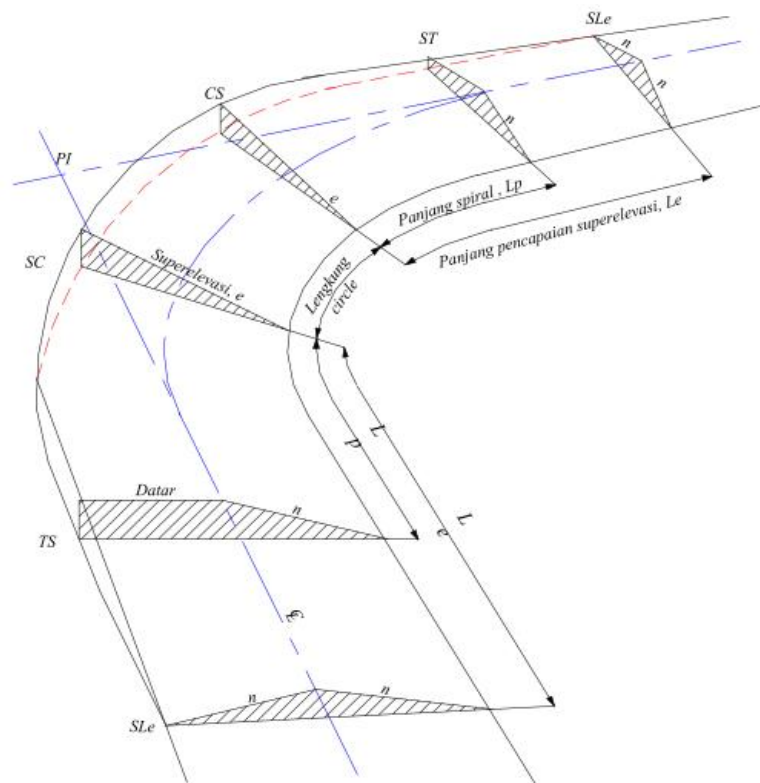
2.4.5 Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan jalan khusus di tikungan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Ketentuan-ketentuan dalam superelevasi adalah sebagai berikut :

- Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan, kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari R_{\min} tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan V_R .
- Superelevasi berlaku pada jalur lalu lintas dan bahu jalan.
- Nilai superelevasi maksimum ditetapkan antara 4% - 10%.
- Harus diperhatikan masalah drainase pada pencapaian kemiringan.

1. Pencapaian Superelevasi

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung, seperti pada gambar berikut :



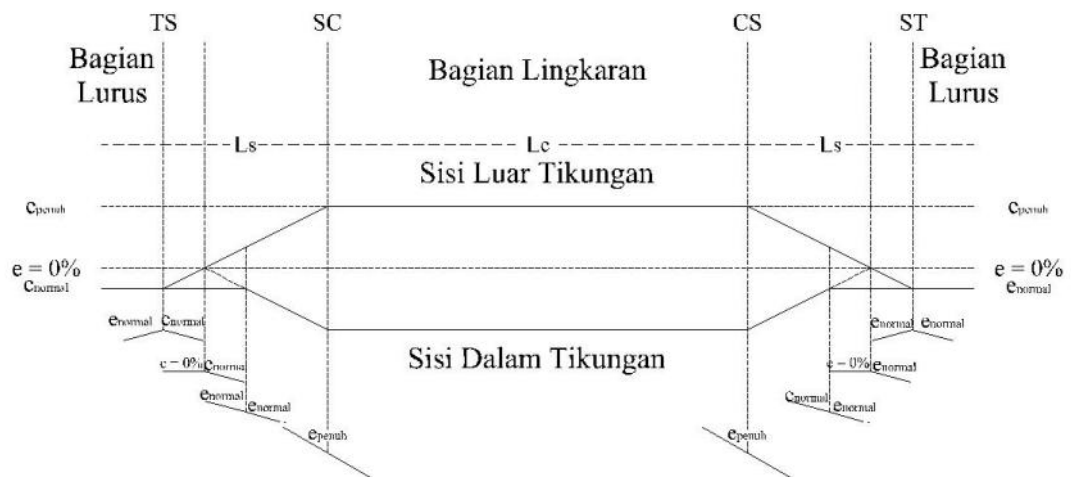
Gambar 2.9 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan

- a. Pada tikungan tipe *Spiral – Circle – Spiral* (SCS), pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai awal lengkung peralihan pada titik TS, kemudian meningkat secara bertahap sampai mencapai superelevasi penuh pada titik SC.
- b. Pada tikungan tipe *Full Circle* (FC), bila diperlukan pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3} L_s$ dan dilanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}$ bagian panjang L_s .
- c. Pada tikungan tipe *Spiral – Spiral* (SS), pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.

(sumber : Geometri jalan bebas hambatan untuk jalan tol, dirjen binamarga, 2009)

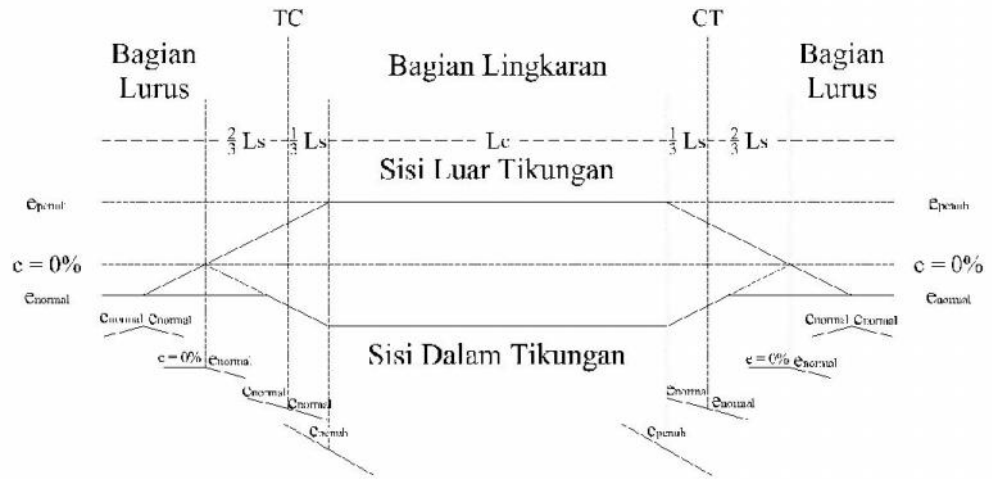
2. Diagram Superelevasi

- a. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)



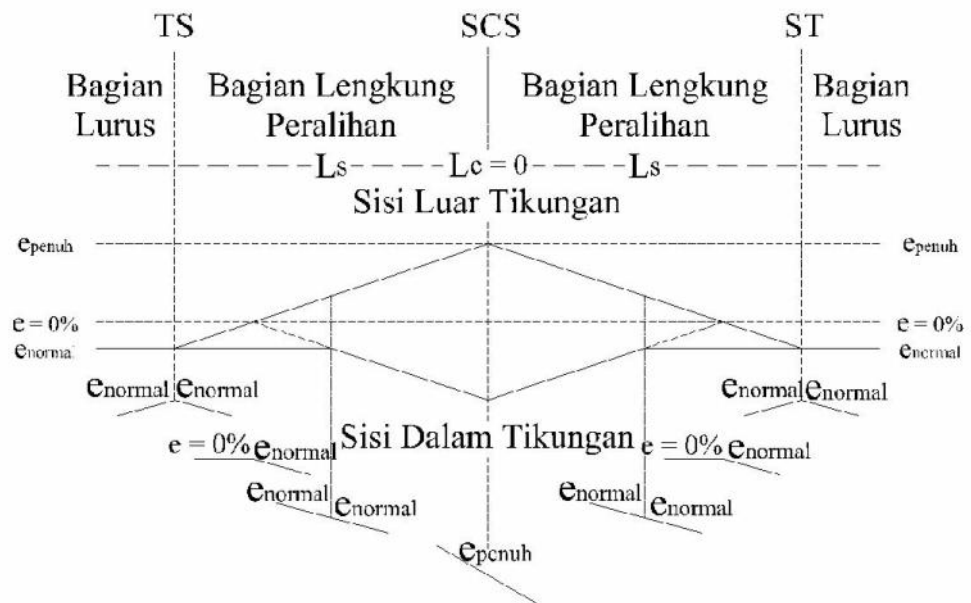
Gambar 2.10 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS

b. Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.11 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC

c. Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)



Gambar 2.12 Pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SS

2.4.6 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi pelayanan operasional lalu lintas di bagian tikungan, sehingga sama dengan pelayanan operasional di bagian jalan yang lurus.

Pada jalan bebas hambatan untuk jalan tol, dimana perencanaan tikungan sedapat mungkin menggunakan jari-jari tikungan yang besar, pelebaran jalur lalu lintas tidaklah signifikan. Akan tetapi pada perencanaan ramp yang berbentuk loop, pelebaran jalur lalu lintas di tikungan harus diperhatikan, sesuai dengan rumus berikut :

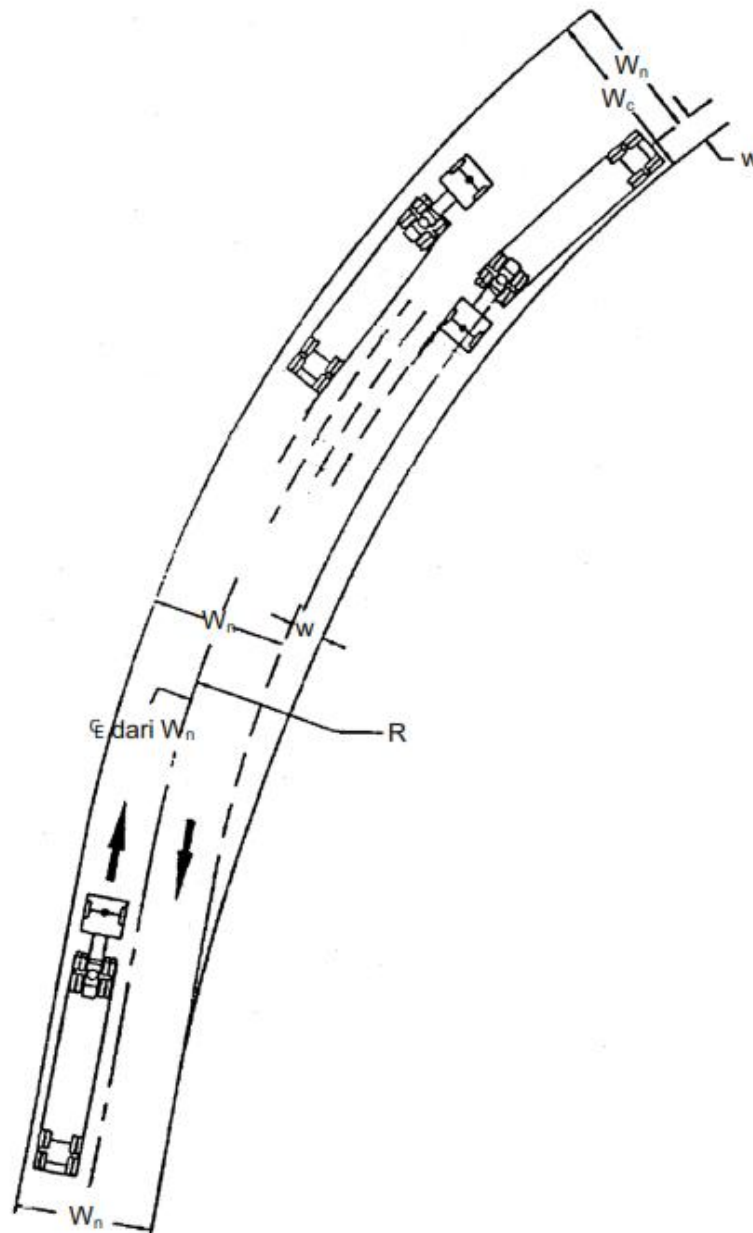
$$W = W_c - W_n$$

Keterangan :

W : Pelebaran jalan pada tikungan (m)

W_c : Lebar jalan pada tikungan (m)

W_n : Lebar jalan pada jalan lurus (m)



Gambar 2.13 Pelebaran pada tikungan untuk kendaraan semi trailer

Kendaraan rencana yang akan digunakan dalam perencanaan pelebaran jalan di tikungan adalah kendaraan golongan V truk semi trailer kombinasi besar dengan 5 sumbu. Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan berdasarkan kecepatan rencana dan radius tikungan ditetapkan seperti pada tabel 2.24 berikut ini :

Tabel 2.24 Pelebaran jalur lalu lintas di tikungan

R (m)	$V_R = 120$ km/jam		$V_R = 100$ km/jam		$V_R = 80$ km/jam		$V_R = 60$ km/jam	
	W_c (m)	Pelebaran, W (m)	W_c (m)	Pelebaran, W (m)	W_c (m)	Pelebaran, W (m)	W_c (m)	Pelebaran, W (m)
3000	7,24	0,04	7,21	0,01	7,17	0,00	7,13	0,00
2500	7,27	0,07	7,23	0,03	7,19	0,00	7,15	0,00
2000	7,31	0,11	7,27	0,07	7,22	0,02	7,18	0,00
1500	7,38	0,18	7,33	0,13	7,27	0,07	7,22	0,02
1000	7,49	0,29	7,43	0,23	7,37	0,17	7,30	0,10
900	7,53	0,33	7,46	0,26	7,39	0,19	7,33	0,13
800	7,57	0,37	7,50	0,30	7,43	0,23	7,36	0,16
700	7,62	0,42	7,55	0,35	7,47	0,27	7,40	0,20
600	7,69	0,49	7,61	0,41	7,53	0,33	7,45	0,25
500	$R_{min} = 590$ m		7,69	0,49	7,60	0,40	7,51	0,31
400			7,81	0,61	7,71	0,51	7,61	0,41
300			$R_{min} = 365$ m		7,88	0,68	7,77	0,57
250					8,02	0,82	7,89	0,69
200					$R_{min} = 210$ m		8,07	0,87
150							8,35	1,15
140							8,43	1,23
130							8,52	1,32
120							8,63	1,43
110							8,76	1,56
100							$R_{min} = 110$ m	

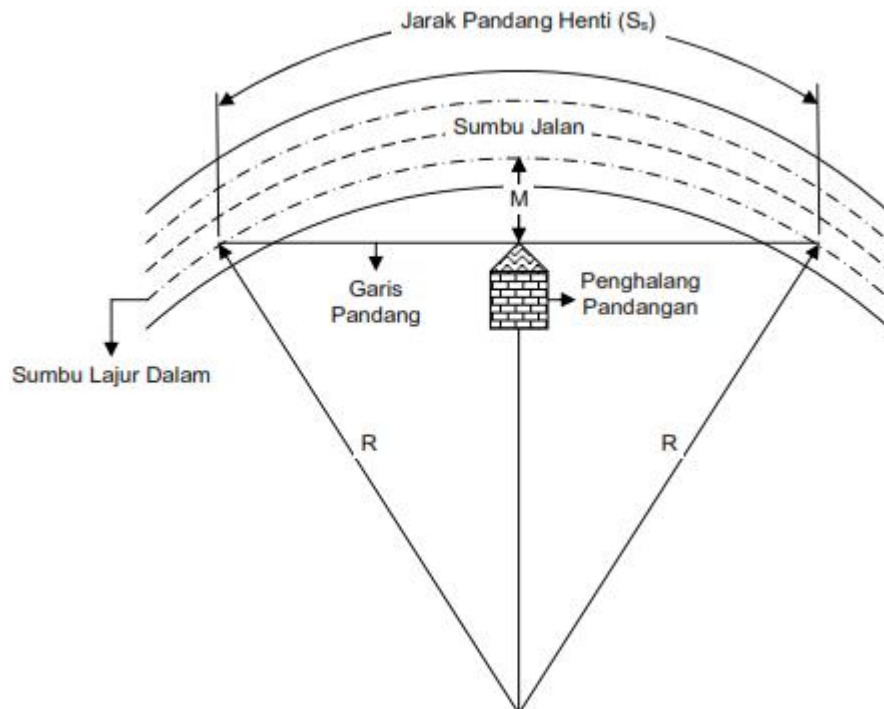
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Pelebaran yang nilainya lebih kecil dari 0,60 m dapat diabaikan. Untuk jalan 6/2 D, nilai pelebaran dikali 1,5, sedangkan untuk jalan 8/2 D nilai pelebaran dikali 2,0.

2.4.7 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh M (meter), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai

obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada gambar 2.14 sebagai berikut :



Gambar 2.14 Diagram ilustrasi komponen untuk menentukan daerah bebas samping

Daerah bebas samping di tikungan pada kondisi tertentu dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

- a. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ($S_s < L_s$) seperti pada gambar 2.15

$$M = R \left(1 - \cos \frac{90S_s}{\pi R} \right)$$

- b. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ($S_s > L_c$) seperti pada gambar 2.16

$$M = R \left(1 - \cos \frac{90L_c}{\pi R} \right) + 0,5 (S_s - L_c) \sin \frac{90L_c}{\pi R}$$

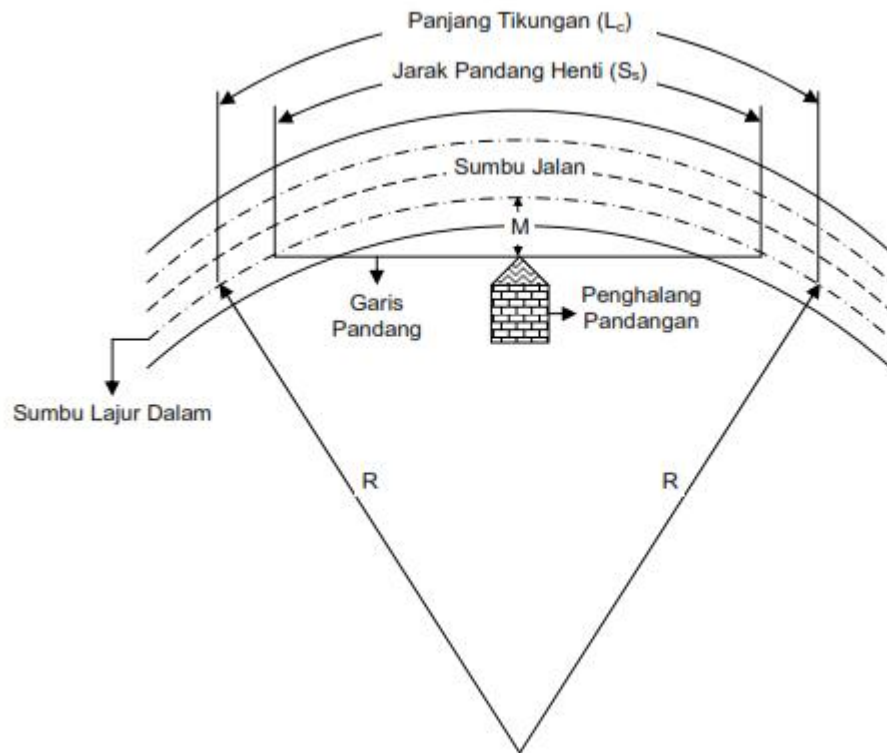
Keterangan :

M : jarak yang diukur dari sumbu lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan (m)

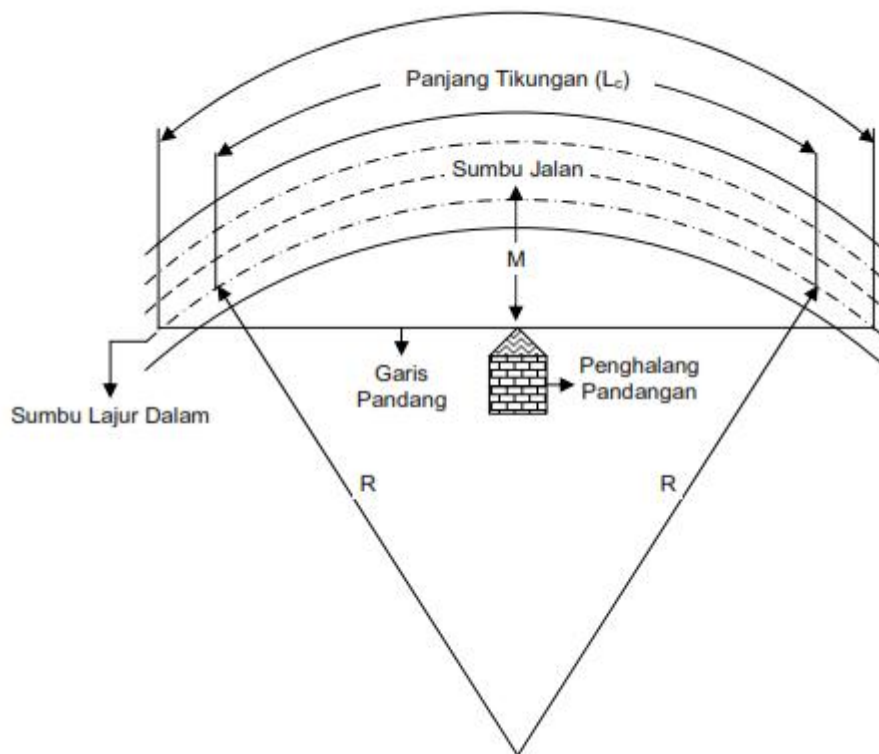
R : jari-jari sumbu lajur dalam (m)

S_s : jarak pandang henti (m)

L_c : panjang tikungan (m)



Gambar 2.15 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s < L_c$



Gambar 2.16 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk $S_s > L_c$

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. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam kelandaian alinyemen vertikal, yaitu :

- Kelandaian minimum

Kelandaian minimum harus diberikan apabila kondisi jalan tidak memungkinkan melakukan drainase ke sisi jalan. Besarnya kelandaian minimum ditetapkan 0,50% memanjang jalan untuk kepentingan pematuan aliran air.

- Kelandaian maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum jalan untuk alinyemen vertikal harus memenuhi tabel 2.25 sebagai berikut :

Tabel 2.25 Kelandaian maksimum

VR (km/jam)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
120	3	4	5
100	3	4	6
80	4	5	6
60	5	6	6

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

- Panjang landai kritis

Panjang landai kritis yaitu panjang landai maksimum dimana kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, yang ditetapkan atas dasar besarnya landai (tanjakan) dan penurunan kecepatan kendaraan berat sebesar 15 km/jam. Panjang kritis ditetapkan dari tabel 2.26 sebagai berikut :

Tabel 2.26 Panjang landai kritis

VR (km/jam)	Landai (%)	Panjang Landai Kritis (m)
120	3	800
	4	500
	5	400
100	4	700
	5	500
	6	400

80	5	600
	6	500
60	6	500

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

Jika operating speed turun hingga 2 kali *Level of service*, maka menggunakan bordes.

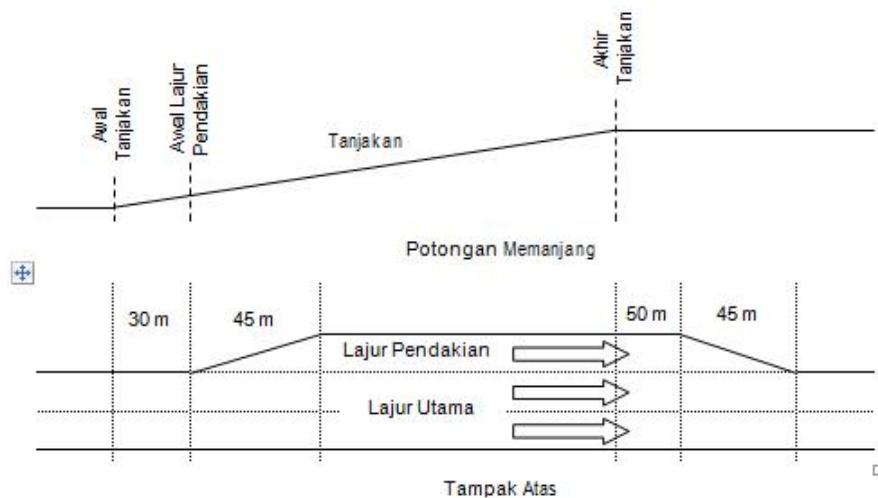
- Jika operating speed berbeda (turun) 15 km/jam dari kecepatan desain maka menggunakan *climbing line*, Atau dengan menggunakan multi grade.
- Jika kecepatan turun lebih rendah dari 15 km/jam dari kecepatan arus maka kecepatan arus di asumsikan sama dengan kecepatan desain.

- Lajur pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan kendaraan lain pada umumnya, agar kendaraan kendaraan lain dapat mendahului kendaraan lambat tersebut tanpa harus berpindah lajur. Lajur pendakian harus disediakan pada ruas jalan yang mempunyai kelandaian yang besar, menerus, dan volume lalu lintasnya relatif padat.

Penempatan lajur pendakian berdasarkan perencanaan geometri jalan bebas hambatan untuk tol harus dilakukan dengan ketentuan sebagai berikut :

- a) Apabila panjang kritis terlampaui, jalan memiliki VLHR > 25.000 SMP/hari, dan persentase truk > 15%
- b) Lebar lajur pendakian minimal 3,60 m.

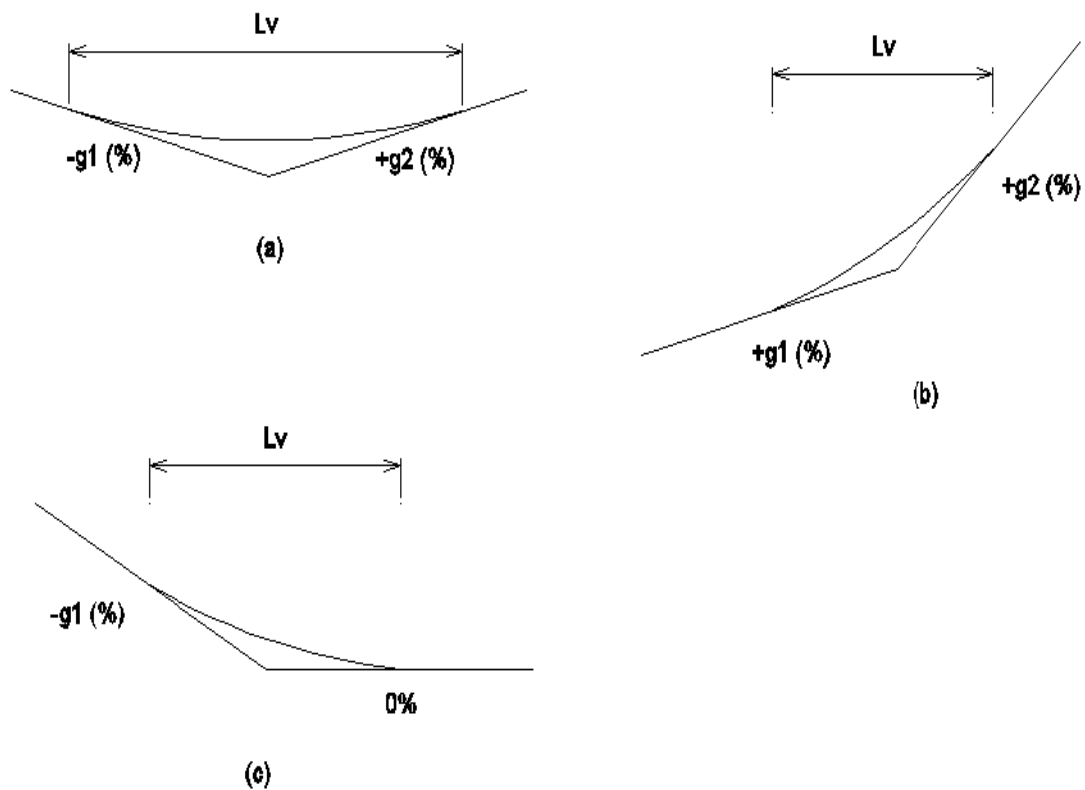


Gambar 2.17 Lajur pendakian tipikal

- c) Lajur pendakian dimulai 30 meter dari awal perubahan kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter dan berakhir 50 meter sesudah puncak kelandaian dengan serongan sepanjang 45 meter, seperti pada gambar 2.17.
- d) Jarak minimum antara 2 lajur pendakian adalah 1,5 km.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangen) adalah :

- a. Lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.18 Lengkung vertikal cekung

Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

- a) jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$)

$$L = \frac{AS^2}{120+3,5 S}$$

- b) jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$)

$$L = 2S - \frac{120+3,5 S}{A}$$

Keterangan :

L : panjang lengkung vertikal (m)

A : perbedaan aljabar landai (%)

S : jarak pandang henti (m)

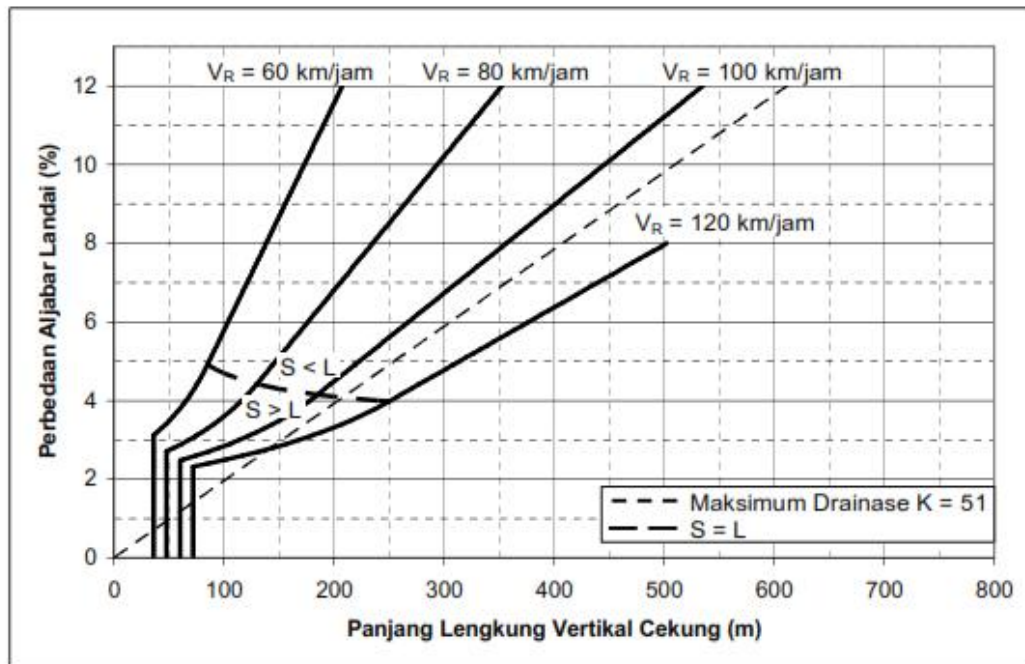
Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar panjang lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_r$ dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

Panjang minimum lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti, untuk setiap kecepatan rencana (V_r) menggunakan tabel 2.27 dan gambar 2.19.

Tabel 2.27 Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti

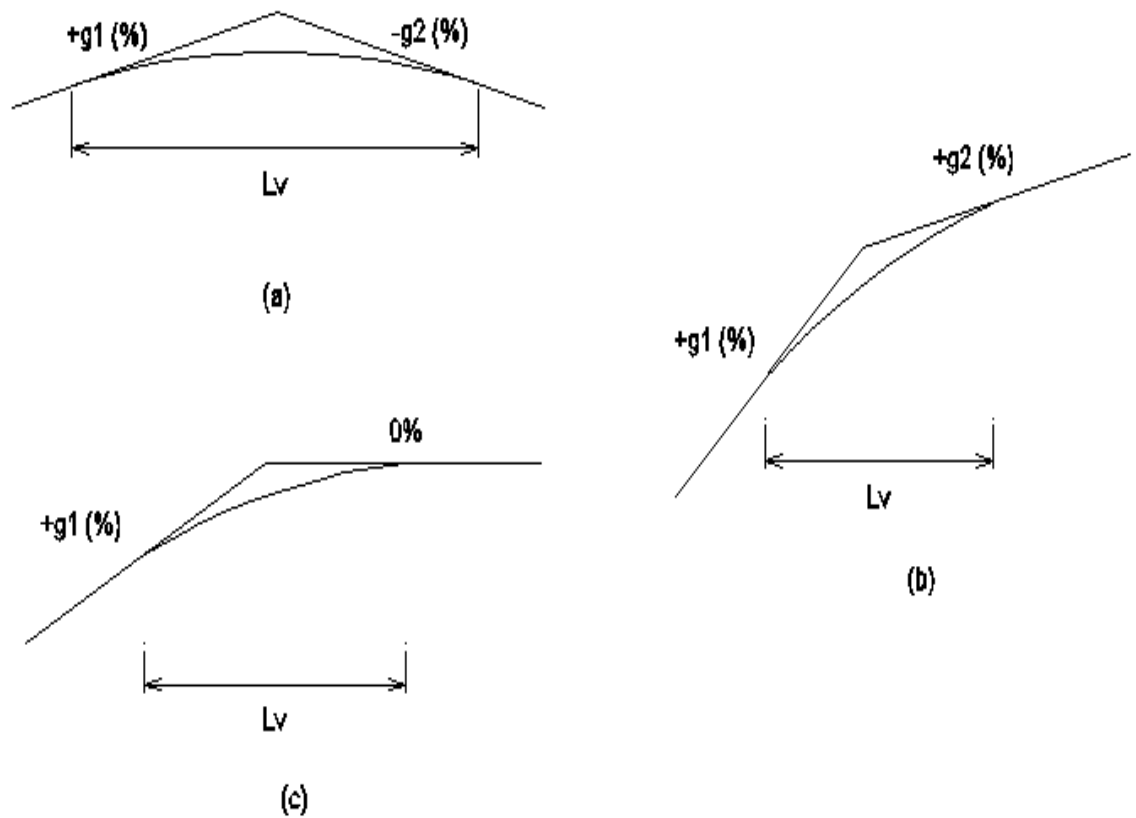
Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		536	353	208
11,0		491	324	191
10,0		446	294	174
9,0		402	265	156
8,0	503	357	236	139
7,0	440	313	206	122
6,0	377	268	177	104
5,0	315	223	147	87
4,0	252	179	117	66
3,0	169	115	69	36
2,0	72	60	48	36
1,0	72	60	48	36

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)



Gambar 2.19 Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti

- b. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.



Gambar 2.20 Lengkung vertikal cembung

Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan henti ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

- c) jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ($S < L$), seperti pada gambar 2.21

$$L = \frac{AS^2}{658}$$

- d) jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ($S > L$), seperti pada gambar 2.22

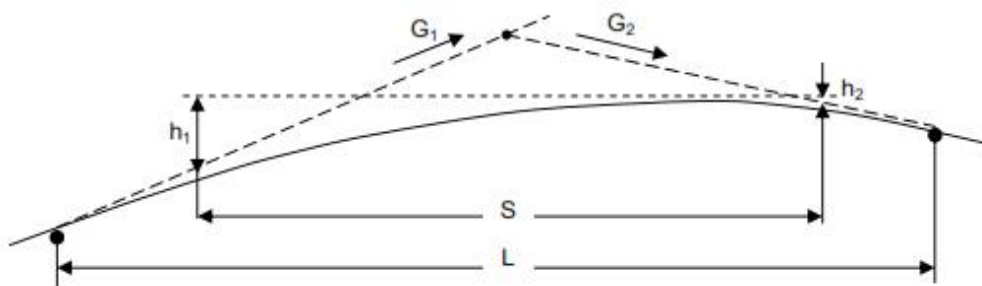
$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

Keterangan :

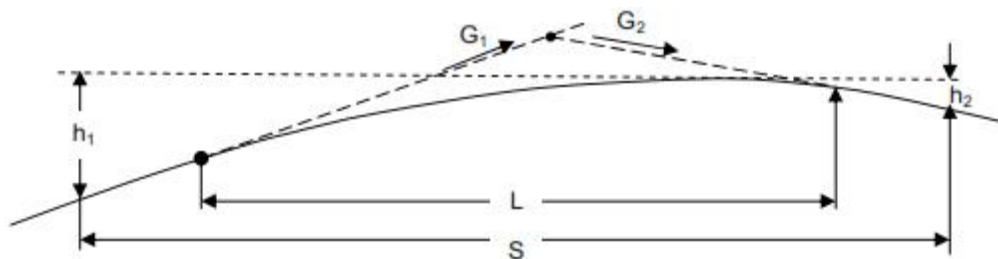
L : panjang lengkung vertikal (m)

A : perbedaan aljabar landai (%)

S : jarak pandang henti (m)



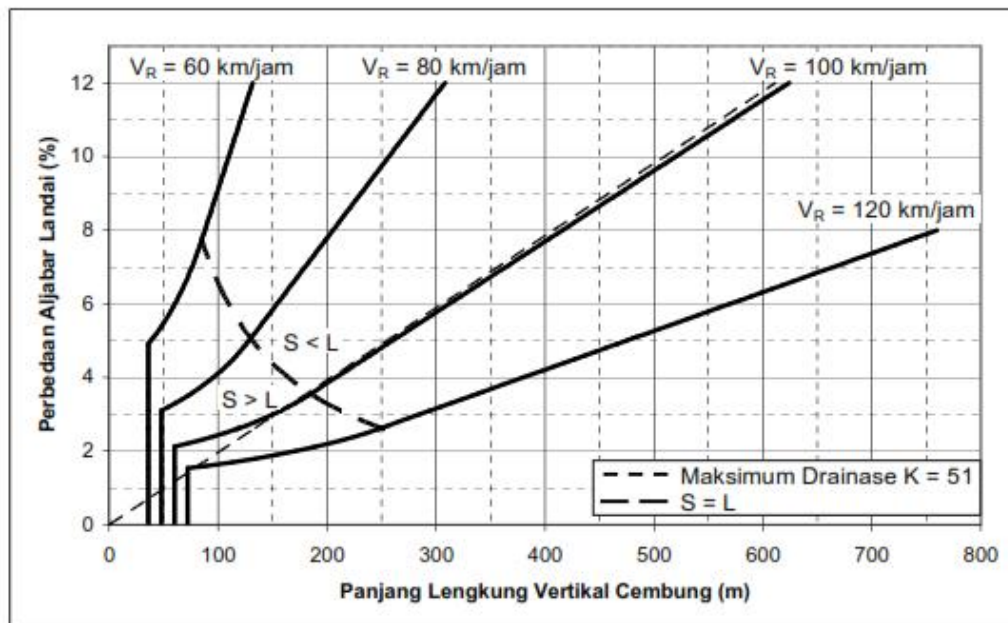
Gambar 2.21 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung



Gambar 2.22 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung

Nilai minimum untuk panjang lengkung vertikal pada kondisi jarak pandang lebih besar panjang lengkung vertikal, yaitu $L_{\min} = 0,6 V_r$ dalam km/jam dan L_{\min} dalam meter.

Panjang minimum lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti, untuk setiap kecepatan rencana (V_r) menggunakan tabel 2.28 dan gambar 2.23



Gambar 2.23 Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

Tabel 2.28 Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		625	309	132
11,0		573	283	121
10,0		521	257	110
9,0		469	232	99
8,0	760	417	206	88
7,0	665	365	180	76
6,0	570	313	155	61
5,0	475	261	129	39
4,0	380	209	96	36
3,0	285	151	48	36
2,0	171	60	48	36
1,0	72	60	48	36

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Dirjen Binamarga, 2009)

2.6 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam suatu perencanaan jalan, usahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Hal tersebut dilakukan agar pada saat mengkombinasikan antara alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, dapat memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan.

2.6.1 Stationing

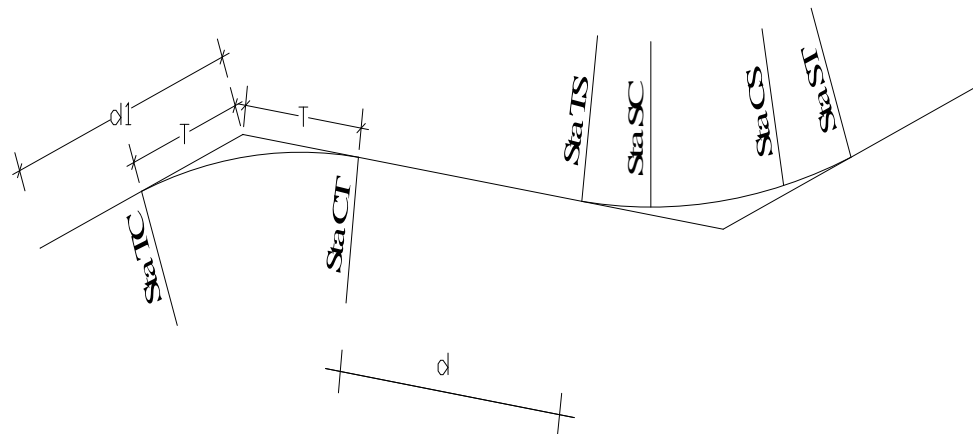
Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada intrerval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. (Silvia Sukirman, 1999)

Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- a) Setiap 100 m pada medan datar
- b) Setiap 50 m pada medan berbukit
- c) Setiap 25 m pada medan pegunungan

Nomor jalan (STA jalan) ini sama fungsinya dengan patok km disepanjang jalan. Perbedaannya adalah :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal pekerjaan (proyek) sampai dengan akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan ruas jalan tersebut. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.24



Gambar 2.24 Sistem Penomoran Jalan

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan. Perkerasan jalan dalam kondisi baik maka arus lalu lintas akan berjalan dengan lancar, demikian sebaliknya kalau perkerasan jalan rusak, lalu lintas akan sangat terganggu (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2005).

Secara umum perkerasan jalan harus cukup kuat terhadap tiga tinjauan kekuatan, yaitu :

- Secara keseluruhan harus kuat terhadap beban lalu lintas yang melaluinya.
- Permukaan jalan harus tahan terhadap keausan akibat ban kendaraan, air, dan hujan.
- Permukaan jalan harus cukup tahan terhadap cuaca dan temperatur, dimana jalan itu berada.

Jenis konstruksi jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

- Perkerasan lentur (flexible pavement)
- Perkerasan kaku (rigid pavement)
- Perkerasan komposit (composite pavement)

2.7.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai :

- a. Lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem;
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan dibawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan;
- c. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

2. Lapis Pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi merupakan lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung di atas permukaan tanah dasar. Adapun fungsi dari lapis pondasi adalah :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya;
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah;
- c. Bantalan atau perletakkan lapis permukaan.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah merupakan lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar;
- b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis diatasnya dapat dikurangi tebalnya;
- c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi;

- d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah setebal 50 – 100 cm di atas mana diletakkan lapis pondasi bawah dan atau lapis pondasi dinamakan lapis tanah dasar atau subgrade. Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakkan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh;
- b. Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan, geseran dari lempeng bumi perlu diteliti dengan seksama terutama pada tahap penentuan trase jalan;
- c. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah;
- d. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi;
- e. Perbedaan penurunan (*differential settlement*) akibat terdapatnya lapis tanah lunak di bawah lapisan tanah dasar;
- f. Kondisi geologi di sekitar trase pada lapisan tanah dasar di atas tanah galian perlu diteliti dengan seksama, termasuk kestabilan lereng dan rembesan air yang mungkin terjadi akibat dilakukannya galian.

2.7.2 Keuntungan dan Kerugian Konstruksi Perkerasan Lentur

Keuntungan menggunakan perkerasan lentur adalah :

- Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (*differential settlement*) terbatas;
- Mudah diperbaiki;

- Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja;
- Memiliki tahanan geser yang baik;
- Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan;
- Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur adalah :

- Tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku;
- Tidak baik digunakan jika sering digenangi air;
- Membutuhkan agregat lebih banyak;
- Kelenturan dan sifat kohesi berkurang selama masa pelayanan;
- Frekwensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.

2.7.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan *volume* lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam di bawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai 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 Thicknexe Design*”.
- c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21
Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.
- d. Metode Asphalt Institute
Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.
- e. 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 komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).
(Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

2.7.4 Langkah - Langkah Perencanaan Tebal Perkerasan

- a. Koefisien Kekuatan Relative (a)
Berdasarkan jenis dan fungsi material lapis perkerasan, estimasi koefisien kekuatan relatif dikelompokkan ke dalam 5 kategori, yaitu : beton aspal (*asphalt concrete*), lapis pondasi granular (*granular base*), lapis pondasi bawah granular (*granular subbase*), *cement treated base* (CTB), dan *asphalt-treated base* (ATB).

Tabel 2.29 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a1	a2	a3
	(MPa)	(x 1000 psi)							
1.Lapis Permukaan									
Laston Modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapis antara modifikasi	3.500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- Laston									
- Lapis Aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- Laston									
- Lapis Aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2.Lapis Pondasi									
- Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽⁵⁾					0,305	
- Lapis Pondasi Laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽⁵⁾					0,290	

Pemadatan Mekanis						52			0,104
Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan	84	12				10			0,080

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 2.17 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.30 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)

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 2.31 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	2,4	6,0
Laston		
- Lapis Aus	1,6	4,0
- Lapis Antara Lataston	2,4	6,0
- Lapis Aus	1,2	3,0
2. Lapis Pondasi		7,5
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	2,9	7,5
Lapis Pondasi Laston	2,	3,5
Lapis Pondasi Lataston	1,4	6,5
Lapis Pondasi Lapen	2,5	10,0
Agregat Kelas A	4,0	15,0
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	6,0	15,0
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. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai ketidakrataan dan kekuatan perkerasan yang berhubungan dengan tingkat pelayanan bagi lalu-lintas yang lewat.

Dalam menentukan indeks permukaan (IP) pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagai mana diperlihatkan pada tabel 2.30.

Tabel 2.32 Indeks Permukaan pada Akhir Umur Rencana (Ipt)

Klasifikasi Jalan			
Lokal	Kolektor	Arteri	Bebas Hambatan
1,0 – 1,5	1,5	1,5 – 2,0	-
1,5	1,5 – 2,0	2,0	-
1,5 – 2,0	2,0	2,0 – 2,5	-
-	2,0 – 2,5	2,5	2,5

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

Dalam menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan pada awal umur rencana sesuai dengan tabel 2.33

Tabel 2.33 Indeks Permukaan pada Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis Lapis Perkerasan	IP ₀	Ketidakrataan *) (IRI, m/km)
LASTON	4	1,0
	3,9 – 3,5	>1,0
LASBUTAG	3,9 – 3,5	2,0
	3,4 – 3,0	>2,0
LAPEN	3,4 – 3,0	3,0
	2,9 – 2,5	>3,0

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

e. Persamaan dasar

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

$$\text{Log (W18)} = \text{ZR} \cdot \text{S0} + 9,36 \times \log_{10} (\text{SN} + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \frac{\Delta \text{IP}}{\text{IP}_0 - \text{IP}_f}}{0,4 + \frac{1094}{\text{SN} + 1} \frac{1}{5,19}} + 2,32 \cdot \log_{10} (\text{MR}) - 8,07$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt)= volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

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

S0 = gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

IP = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP₀) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_f).

MR = modulus resilien tanah dasar efektif (psi).

IP_f = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5).

f. Tingkat kepercayaan

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan ke faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana.

Tabel 2.34 Rekomendasi 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: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementrian Pekerjaan Umum, 2002)

Penerapan konsep *reliability* harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

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 2.30
3. Deviasi standar (S_o) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat.

Tabel 2.35 Nilai Penyimpangan Normal Standar (*Standard Normal Deviate*) untuk Tingkat Relibialitas Tertentu.

Reliabilitas, R (%)	<i>Standard Normal Deviate</i> , Z_R
50	0,000
60	- 0,253
70	- 0,524
75	- 0,674
80	- 0,841
85	- 1,037

90	- 1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	- 3,090
99,99	- 3,750

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

g. Koefisien Drainase

Untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 2.36 memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase.

Tabel 2.36 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air hilang dalam
Baik Sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak akan mengalir

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi.

Tabel 2.37 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan subbase pada perkerasan lentur

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	>25%
Baik Sekali	1,40 – 1,30	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 - 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek Sekali	1,05 – 0,95	0,08 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

h. Modulus resilien tanah dasar efektif

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

i. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. 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 di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas

5. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas 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 structural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas 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 di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

Tabel 2.38 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu tunggal dan IPt = 2,5

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0004	0,0004	0,0003	0,0002	0,0002	0,0002
4	1816	0,003	0,004	0,004	0,003	0,002	0,002
6	2724	0,011	0,017	0,017	0,013	0,01	0,009
8	3632	0,032	0,047	0,051	0,041	0,034	0,031
10	4540	0,078	0,102	0,118	0,102	0,088	0,08
12	5448	0,168	0,198	0,229	0,213	0,189	0,176
14	6356	0,328	0,358	0,399	0,388	0,36	0,342
16	7264	0,591	0,613	0,646	0,645	0,623	0,606
18	8172	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
20	9080	1,61	1,57	1,49	1,47	1,51	1,55
22	9988	2,48	2,38	2,17	2,09	2,18	2,30
24	10896	3,69	3,49	3,09	2,89	3,03	3,27
26	11804	5,33	4,99	4,31	3,91	4,09	4,48
28	12712	7,49	6,98	5,90	5,21	5,39	5,98
30	13620	10,3	9,50	7,90	6,80	7,00	7,80
32	14528	13,9	12,80	10,50	8,80	8,90	10,00
34	15436	18,4	16,90	13,70	11,30	11,20	12,50
36	16344	24,0	22,00	17,70	14,40	13,90	15,50
38	17252	30,9	28,30	22,60	18,10	17,20	19,00
40	18160	39,3	35,90	28,50	22,50	21,10	23,00
42	19068	49,3	45,00	35,60	27,80	25,60	27,70
44	19976	61,3	55,90	44,00	34,00	31,00	33,10
46	20884	75,5	68,80	54,00	41,40	37,20	39,30
48	21792	92,2	83,90	65,70	50,10	44,50	46,50
50	22700	112,0	102,00	79,00	60,00	53,00	55,00

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

Tabel 2.39 Faktor ekuivalen beban untuk sumbu ganda dan $I_{Pt} = 2,5$

Axle Load		Pavement Structural Number (SN)					
(kips)	(kg)	1	2	3	4	5	6
2	908	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
4	1816	0,005	0,0005	0,0004	0,0003	0,0003	0,0002
6	2724	0,002	0,002	0,002	0,001	0,001	0,001
8	3632	0,004	0,006	0,005	0,004	0,003	0,003
10	4540	0,008	0,013	0,011	0,009	0,007	0,006
12	5448	0,015	0,024	0,023	0,018	0,014	0,013
14	6356	0,026	0,041	0,042	0,033	0,027	0,024
16	7264	0,044	0,065	0,070	0,057	0,047	0,043
18	8172	0,070	0,097	0,109	0,092	0,077	0,070
20	9080	0,107	0,141	0,162	0,141	0,121	0,110
22	9988	0,160	0,198	0,229	0,207	0,180	0,166
24	10896	0,231	0,273	0,315	0,292	0,260	0,242
26	11804	0,327	0,370	0,420	0,401	0,364	0,342
28	12712	0,451	0,493	0,548	0,534	0,495	0,470
30	13620	0,611	0,648	0,703	0,695	0,658	0,633
32	14528	0,813	0,843	0,889	0,887	0,857	0,834
34	15436	1,06	1,08	1,11	1,11	1,09	1,08
36	16344	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38	1,38
38	17252	1,75	1,73	1,69	1,68	1,70	1,73
40	18160	2,21	2,16	2,06	2,03	2,08	2,14
42	19068	2,76	2,67	2,49	2,43	2,51	2,61
44	19976	3,41	3,27	2,99	2,88	3,00	3,16
46	20884	4,18	3,98	3,58	3,40	3,55	3,79
48	21792	5,08	4,80	4,25	3,98	4,17	4,49
50	22700	6,12	5,76	5,03	4,64	4,86	5,28
52	23608	7,33	6,87	5,93	5,38	5,63	6,17

54	24516	8,72	8,14	6,95	6,22	6,47	7,15
56	25424	10,3	9,6	8,1	7,2	7,4	8,2
58	26332	12,1	11,3	9,4	8,2	8,4	9,4
60	27240	14,2	13,1	10,9	9,4	9,6	10,7
62	28148	16,5	15,3	12,6	10,7	10,8	12,1
64	29056	19,1	17,6	14,5	12,2	12,2	13,7
66	29964	22,1	20,3	16,6	13,8	13,7	15,4
68	30872	25,3	23,3	18,9	15,6	15,4	17,2
70	31780	29,0	26,6	21,5	17,6	17,2	19,2
72	32688	33,0	30,3	24,4	19,8	19,2	21,3
74	33596	37,5	34,4	27,6	22,2	21,3	23,6
76	34504	42,5	38,9	31,1	24,8	23,7	26,1
78	35412	48,0	43,9	35,0	27,8	26,2	28,8
80	36320	54,0	49,4	39,2	30,9	29,0	31,7
82	37228	60,6	55,4	43,9	34,4	32,0	34,8
84	38136	67,8	61,9	49,0	38,2	35,3	38,1
86	39044	75,7	69,1	54,5	42,3	38,8	41,7
88	39952	84,3	76,9	60,6	46,8	42,6	45,6
90	40860	93,7	85,4	67,1	51,7	46,8	49,7

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

56	25424	1,95	1,93	1,90	1,90	1,91	1,93
58	26332	2,29	2,25	2,16	2,16	2,20	2,24
60	27240	2,67	2,60	2,44	2,44	2,51	2,58
62	28148	3,09	3,00	2,76	2,76	2,85	2,95
64	29056	3,57	3,44	3,10	3,10	3,22	3,36
66	29964	4,11	3,94	3,47	3,47	3,62	3,81
68	30872	4,71	4,49	3,88	3,88	4,05	4,30
70	31780	5,38	5,11	4,32	4,32	4,52	4,84
72	32688	6,12	5,79	4,80	4,80	5,03	5,41
74	33596	6,93	6,54	5,32	5,32	5,57	6,04
76	34504	7,84	7,37	5,88	5,88	6,15	6,71
78	35412	8,83	8,28	6,49	6,49	6,78	7,43
80	36320	9,92	9,28	7,15	7,15	7,45	8,21
82	37228	11,1	10,4	7,9	7,9	8,2	9,0
84	38136	12,4	11,6	8,6	8,6	8,9	9,9
86	39044	13,8	12,9	9,5	9,5	9,8	10,9
88	39952	15,4	14,3	10,4	10,4	10,6	11,9
90	40860	17,1	15,8	11,3	11,3	11,6	12,9

(Sumber: Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, Kementerian Pekerjaan Umum, 2002)

2.8 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. (Wulfram I. Ervianto, 2005)

2.8.1 Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

Daftar harga satuan alat bahan dan upah yang dipakai adalah harga berdasarkan tempat suatu proyek berada, dalam hal ini dikeluarkan oleh PT. Hutama Karya. Penggunaan daftar upah ini juga dijadikan sebagai pedoman dalam menghitung rencana anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai oleh kontraktor.

2.8.2 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan dilokasi, dikumpulkan, dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. (H. Bachtiar Ibrahim, 2012)

2.8.3 Perhitungan Volume Pekerjaan

Yang dimaksud dengan volume suatu pekerjaan adalah menghitung jumlah banyaknya volume pekerjaan dalam satu satuan. Volume juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Jadi, volume (kubikasi) suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume (isi sesungguhnya), melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan. (H. Bachtiar Ibrahim, 2012)

2.8.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut. (H. Bachtiar Ibrahim, 2012)

2.8.5 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 biayanyadan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling menggagu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Ervianto, 2005)

2.8.6 Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Time berarti waktu, schedule berarti memasukkan ke dalam daftar. Jadi time schedule adalah mengatur rencana kerja dari satu bagian atau unit pekerjaan berdasarkan waktu yang telah ditentukan. (H. Bachtiar Ibrahim, 2012)

Adapun jenis-jenis *time schedule* atau rencana kerja adalah :

a. Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

b. Kurva S

Kurva S adalah grafik hubungan antara waktu pelaksanaan proyek dengan nilai akumulasi progres pelaksanaan proyek mulai dari awal hingga proyek selesai.

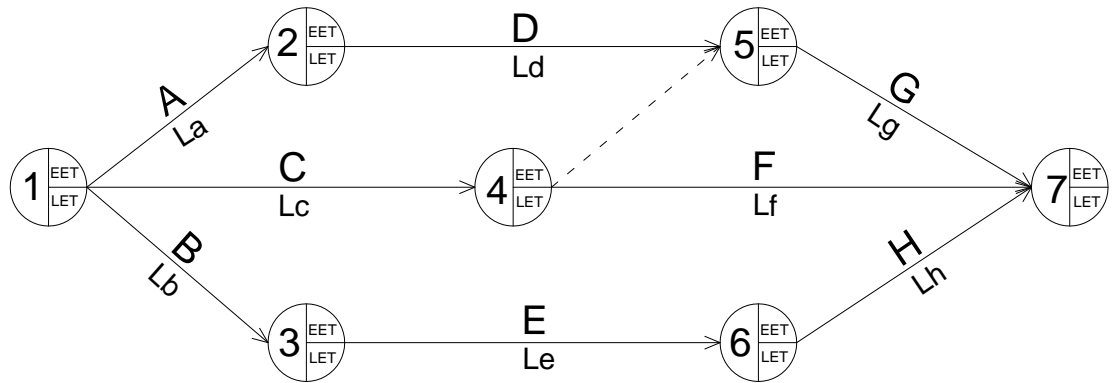
c. Jaringan Kerja / *Network Planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :





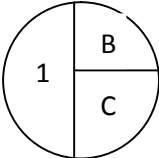
- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis;
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek;
- 3) Mendokumenkan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.

- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.25 Sketsa *Network Planning*

(Wulfram I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2002)

1.  (*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 waktu.
2.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan
3.  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikcal path*).
4.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
5.  1 = Nomor kejadian
B = 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.

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

6. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan L_a , L_b , L_c , L_d , L_e , L_f , L_g dan L_h merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

(Wulfram I. Ervianto, 2005)