

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik Jalan**

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.Hamihran Saodang, 2010)

Yang menjadi dasar perencanaan geometrik jalan adalah sifat, gerakan dan ukuran kendaraan, sifat pengemudi dalam mengendalikan gerak kendaraannya dan karakteristik arus lalu lintas. Hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencana sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat kenyamanan dan keamanan yang diharapkan. (Silvia Sukirman, 1999)

#### **2.2 Definisi Jalan Tol**

Jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian dari sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunaannya diwajibkan membayar tol. (PP No. 15 Tahun 2005)

Dalam pasal 43 (UU No.38 Tahun 2004), jalan tol diselenggarakan untuk :

1. Memperlancar lalu lintas di daerah yang telah berkembang.
2. Meningkatkan hasil guna dan daya guna pelayanan distribusi barang.
3. Dan jasa guna menunjang peningkatan pertumbuhan ekonomi.
4. Meringankan beban dana pemerintahan melalui partisipasi pengguna jalan.
5. Meningkatkan pemerataan hasil pembangunan dan keadilan.

#### **2.3 Klasifikasi Standar Jalan**

Menurut Geometri Jalan Bebas Hambatan untuk Jalan Tol No. 007 – BM – 2009, klasifikasi jalan tol terbagi menjadi tiga :

### 2.3.1 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 2.1

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 No.007/BM/2009)

### 2.3.2 Standar menurut kelas jalan

Klasifikasi standar menurut kelas jalan terbagi menjadi :

1. Standar kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan.

Kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol didisain 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 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 2.2

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 (ton)
		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 No.007/BM/2009)

## 2. 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, dan
- Harus dilakukan pemagaran.

### 2.3.3 Klasifikasi Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur melintang terhadap sumbu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.3

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 No.007/BM/2009)

## 2.4 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)

Adapun parameter perencanaan geometrik jalan tol, yaitu sebagai berikut :

### 2.4.1 Standar Kendaraan Rencana

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

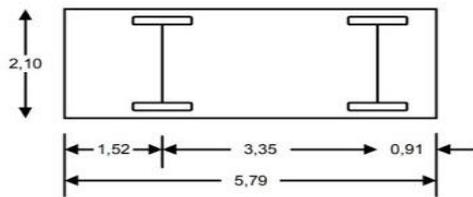
Dimensi standar kendaraan rencana untuk desain jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.4 dan seperti diilustrasikan pada Gambar 2.1

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

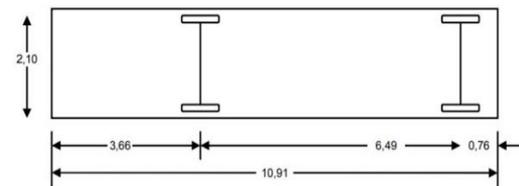
Jenis Kendaraan	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,96

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

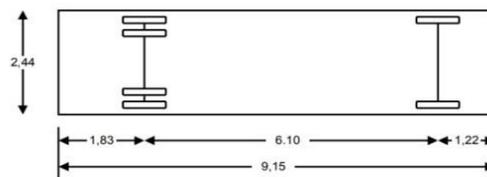
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



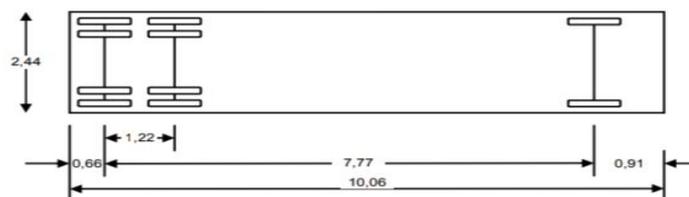
a. Dimensi Mobil Penumpang



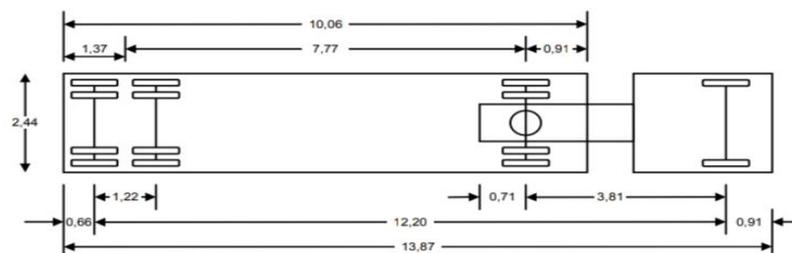
b. Dimensi Bus



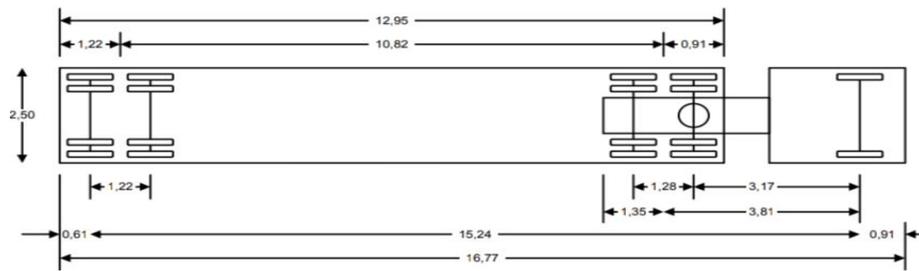
c. Kendaraan truk 2 as



d. Kendaraan truk 3 as



e. Kendaraan truk 4 as



f. Kendaraan truk 5 as

Gambar 2.1 Kendaraan Rencana

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

### 2.4.2 Standar 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 2.5 dan prakiraan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.6

Tabel 2.5 Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Naik + Turun (m/km)	Lengkung Horizontal (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 No.007/BM/2009)

Tabel 2.6 Jumlah Lajur Berdasarkan Arus Lalu Lintas

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas Per Arah (kend/jam)	Jumlah Lajur (minimal)
Datar	$\leq 2.250$	4/2 D
	$\leq 3.400$	6/2 D
	$\leq 5.000$	8/2 D
Perbukitan	$\leq 1.700$	4/2 D
	$\leq 2.600$	6/2 D
Pegunungan	$\leq 1.450$	4/2 D
	$\leq 2.150$	6/2 D

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Keterangan : D artinya pemisahan lajur

### 1. Nilai Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Nilai emp untuk jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.7

Tabel 2.7 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas Per Arah (kend/jam)		emp		
	4/2 D	6/2 D	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 No.007/BM/2009)

### 2. Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR), adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, yang dinyatakan dalam SMP/hari. Volume jam rencana (VJR), adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Volume jam rencana dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{100} \dots\dots\dots (2.1)$$

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)

## 2.5 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 2.8

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana (VR)

Medan Jalan	V <sub>R</sub> (km/jam) minimal	
	Antarkota	Perkotaan
Datar	120	80-100
Perbukitan	100	80
Pegunungan	80	60

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Catatan : Kecepatan rencana 140 km/jam (masuk di range) diijinkan untuk jalan tol antarkota setelah dilakukan analisis tertentu.

## 2.6 Standar Pelayanan dan Karakteristik Operasi

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 di jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Standar Pelayanan dan Karakteristik Operasi

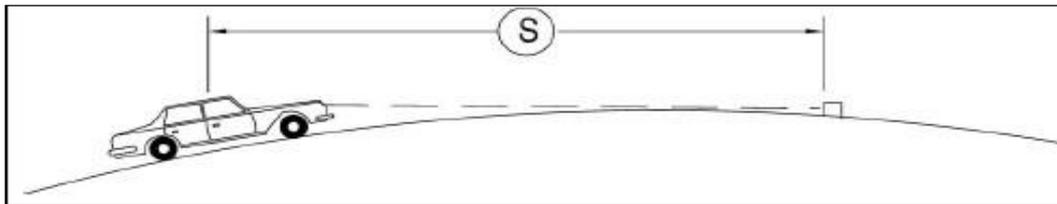
Tingkat Pelayanan	Karakteristik Operasi Terkait
A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus bebas</li> <li>• Volume pelayanan 1400 smp/jam pada 2 jalur 1 arah</li> </ul>
B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus stabil dengan kecepatan tinggi</li> </ul>

B	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volume pelayanan maksimal 2000 smp/jam pada 2 jalur 1 arah</li> </ul>
C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arus masih stabil</li> <li>• Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah &lt;75% kapasitas</li> <li>• Lajur (yaitu 1500 smp/jam/jalur atau 3000 smp/jam untuk 2 jalur)</li> </ul>

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

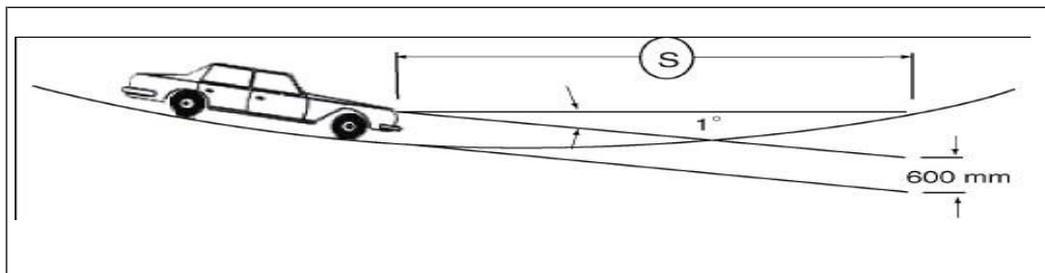
## 2.7 Jarak Pandangan

Jarak pandang ( $S$ ) diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang.



Gambar 2.2 Jarak Pandang henti pada lengkung vertikal cembung

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



Gambar 2.3 Jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Jarak pandang henti ( $S_s$ ) terdiri dari 2(dua) elemen jarak, yaitu:

- Jarak awal reaksi ( $S_r$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
- Jarak awal pengereman ( $S_b$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti dapat terjadi pada dua kondisi tertentu sebagai berikut:

1. Jarak pandang henti ( $S_s$ ) pada bagian datar dihitung dengan rumus :

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V^2 R}{a} \dots\dots\dots(2.2)$$

2. Jarak pandang henti ( $S_s$ ) akibat kelandaian dihitung dengan rumus :

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V^2 R}{254 \left[ \left( \frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = Waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

$a$  = Tingkat perlambatan ( m/dtk<sup>2</sup>), ditetapkan 3,4 meter /dtk<sup>2</sup>

$G$  = Kelandaian jalan (%)

Tabel 2.10 berisi  $S_s$ , minimum yang dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai  $V_R$ .

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti ( $S_s$ ) minimum

VR (km/jam)	Jarak Awal Reaksi (m)	Jarak Awal Pengereman (m)	Jarak Pandang Henti (m)	
			Perhitungan	Pembulatan
120	83,3	163,4	246,7	250
100	69,4	113,5	182,9	185
80	55,6	72,6	128,2	130
60	41,7	40,8	82,5	85

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Tabel 2.11 berisi  $S_s$  minimum dengan kelandaian yang dihitung berdasarkan rumus diatas dengan pembulatan – pembulatan untuk berbagai  $V_R$ .

Tabel 2.11 Jarak Pandang Henti ( $S_s$ ) minimum dengan kelandaian

$V_R$ (km/jam)	Jarak Pandang Henti (m)											
	Turunan						Tanjakan					
	1%	2%	3%	4%	5%	6%	1%	2%	3%	4%	5%	6%
120	252	257	263	269	275	281	243	238	234	230	227	223
100	187	190	194	198	203	207	180	177	174	172	169	167
80	131	133	136	138	141	144	127	125	123	121	120	118
60	84	86	87	88	90	92	82	81	80	79	78	77

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

## 2.8 Daerah Penguasaan Jalan

### 1. Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, lereng, ambang pengaman, timbunan, galian gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap jalan. (Geometri Jalan Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut :

- a. Lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan
- b. Tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi
- c. Kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah

### 2. Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan diperuntukkan bagi ruang manfaat jalan dan pelebaran jalan maupun penambahan lajur lalu lintas di kemudian hari serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan tol dan fasilitas jalan tol.

Ruang milik jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

- a. Lebar dan tinggi ruang bebas rumija milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
- b. Lahan ruang milik jalan harus dipersiapkan untuk dapat menampung minimal 2 x 3 lajur lalu lintas terpisah dengan lebar ruang milik jalan minimal 40 meter di daerah antarkota dan 30 meter di daerah perkotaan.
- c. Lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi.
- d. Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan dibawah jalan tol.

### 3. Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan pengamanan konstruksi jalan. Batas ruang pengawasan jalan bebas hambatan untuk jalantol adalah 40 meter untuk daerah perkotaan dan 75 meter untuk daerah antarkota, diukur dari as jalan tol. Dalam hal jalan tol berdempetan dengan jalan umum ketentuan tersebut diatas tidak berlaku. Jalan ditetapkan keberadaannya dalam suatu ruang yang telah didefinisikan di atas.

Ruang-ruang tersebut dipersiapkan untuk menjamin kelancaran dan keselamatan serta kenyamanan pengguna jalan disamping keutuhan konstruksi jalan. Dimensi ruang yang minimum untuk menjamin keselamatan pengguna jalan diatur sesuai dengan jenis prasarana dan fungsinya. Standar ukuran dimensi minimum dari Rumaja, Rumiya, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.12

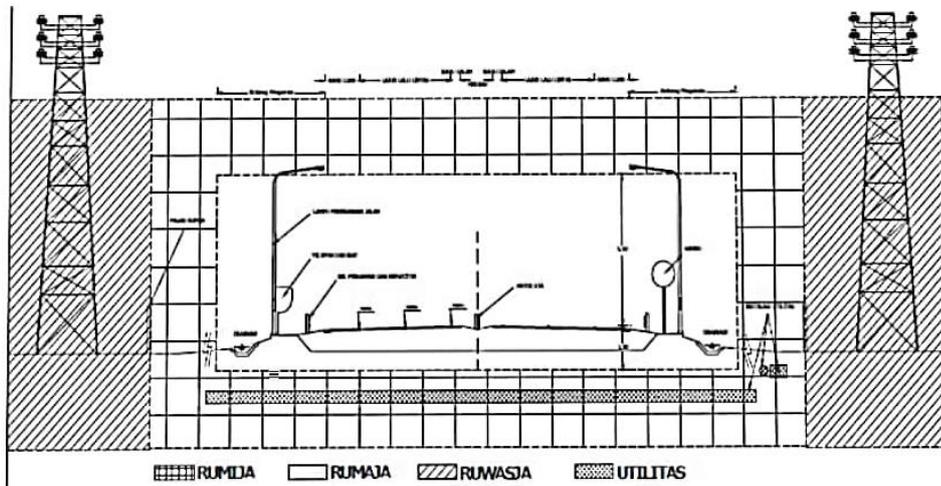
Tabel 2.12 Dimensi Ruang Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol

Bagian-bagian jalan	Komponen Geometri	Dimensi Minimum (m)			
		Jalan Tol			
RUMAJA			Antarkota	Perkotaan	
	Lebar badan jalan		30,0	22,0	
	Tinggi		5,00	5,00	
	Kedalaman		1,50	1,50	
RUMIJA		JBH	Jalan Tol		
			Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan
	Lebar	30	40	50	20
RUWASJA		JBH	Jembatan		
	Lebar <sup>(1)</sup>		75	75	40

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

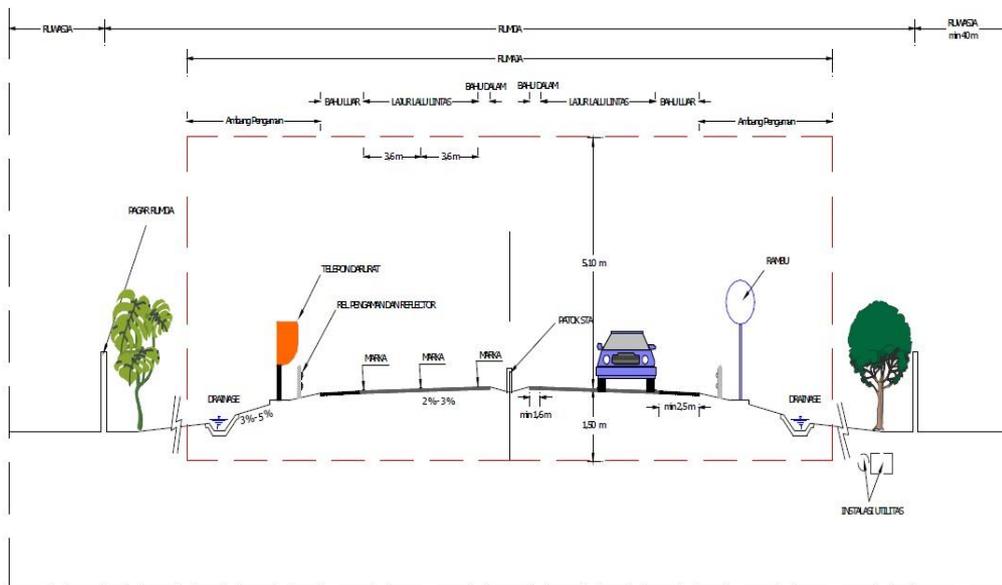
Catatan : <sup>(1)</sup> Lebar diukur dari As Jalan

<sup>(2)</sup> 100 m ke hilir dan 100 m ke hulu



Gambar 2.4 Tipikal Rumaja, Rumija, dan Ruwasja Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



Gambar 2.5 Tipikal Potongan Melintang Jalan Bbebas Hambatan Untuk Jalan Tol Di Atas Tanah (at grade)

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

## 2.9 Penampang Melintang Jalan

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman,1999). Pada melintang jalan terdapat bagian-bagian jalan yang dikelompokkan sebagai berikut :

### 1. Bagian yang langsung berguna untuk lalu lintas :

#### a. Jalur lalu lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (lane) kendaraan.

#### b. Lajur lalu lintas dan bahu jalan

Lebar lajur dan lebar bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.13

Tabel 2.13 Lebar Lajur dan Bahu Jalan

Lokasi Jalan Tol	$V_R$ (km/jam)	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Luar Diperkeras (m)		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

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

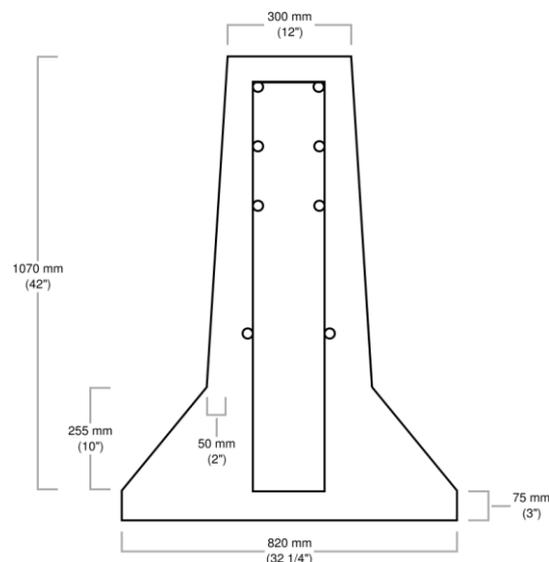
#### c. Trotoar

Trotoar (jalur pejalan kaki/*side walk*) adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (*pedestrian*). Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan dan fungsi jalan.

#### d. Median

Median atau pemisah tengah merupakan bangunan yang berfungsi memisahkan arus lalu lintas berlawanan arah dan ada tiga tipe standar median yang dapat digunakan, antara lain : (Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

1. *Median Concrete Barrier*, yaitu penghalang memanjang yang berfungsi sebagai pengaman. Median concrete barrier ada 2 jenis yaitu tipe standar dengan tinggi 32” (81,28 cm) dan tipe “high” dengan tinggi 42” (106,68 cm).



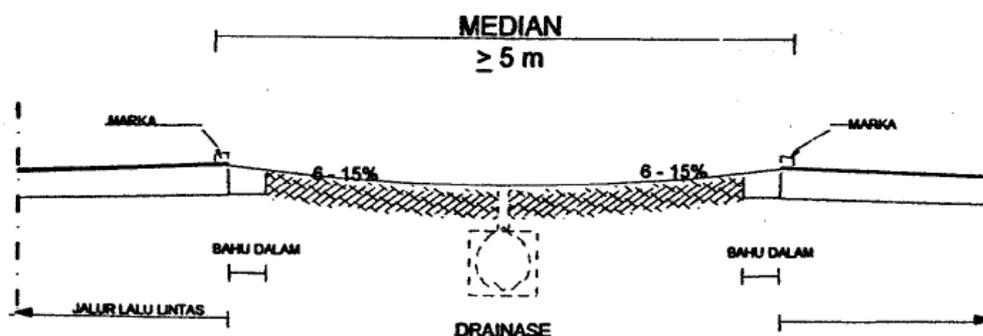
Gambar 2.6 *Median Concrete Barrier* dengan Tipe *High*

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

2. Median yang diturunkan, yaitu median yang dibuat lebih rendah dari permukaan jalur lalu lintas. Median yang diturunkan harus mengikuti ketentuan sebagai berikut :

- Dipasang apabila lebar lahan yang disediakan untuk median lebih besar atau sama dengan 5,0 m.
- Kemiringan permukaan median antara 6%-15%, dimulai dari sisi luar ke tengah-tengah median dan secara fisik berbentuk cekungan.

- Untuk jalan tol di daerah perkotaan, median yang diturunkan tidak diperbolehkan, harus datar sebagai ruang terbuka hijau dan/atau ruang untuk pelebaran lajur tambahan di masa yang akan datang.
- Detail potongan dan penempatan median yang direndahkan dalam potongan melintang jalan dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Median yang Diturunkan

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Tabel 2.14 Perencanaan Lebar Median Jalan Tol

Lokasi Jalan Tol	Lebar Median (m)		Keterangan
	Minimal	Konstruksi Bertahap	
Antarkota	5,50	13,00	Diukur dari garis tepi dalam lajur lalu lintas
Perkotaan	3,00	10,00	

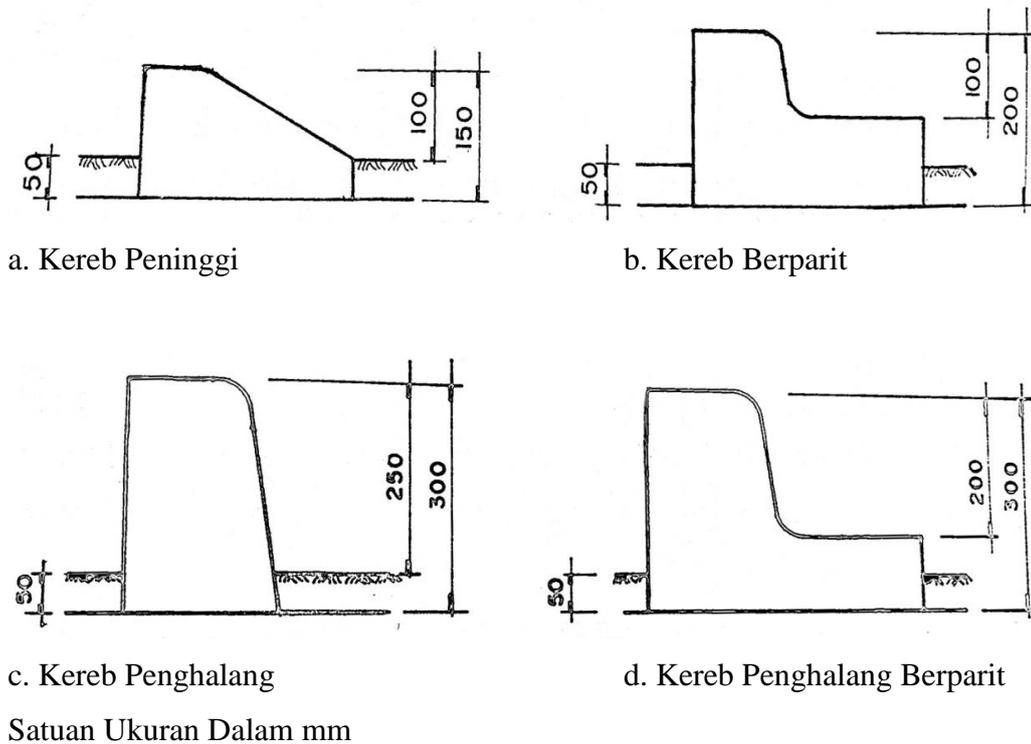
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

## 2. Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan adalah sebagai berikut :

### a. Kereb

Kereb adalah penonjolan atau peninggian tepi perkerasan atau bahu jalan yang terutama dimaksudkan untuk keperluan-keperluan drainase, mencegah keluarnya kendaraan dari tepi perkerasan dan memberikan ketegasan tepi perkerasan.



Gambar 2.8 Jenis Kereb

(Sumber : Sukirman, 1999 : 32,33)

#### b. Pengaman Tepi

Pengaman tepi bertujuan untuk memberikan ketegasan tepi badan jalan. Jika terjadi kecelakaan dapat mencegah kendaraan keluar dari badan jalan.

### 2.10 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)

### 2.10.1 Panjang Bagian Lurus

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 2.15 sebagai berikut:

Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

$V_R$ (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 No.007/BM/2009)

### 2.10.2 Panjang Tikungan

Panjang tikungan ( $L_t$ ) dapat terdiri dari panjang busur lingkaran ( $L_c$ ) dan panjang 2 (dua) lengkung spiral ( $L_s$ ) atau beberapa lengkung spiral yang diukur sepanjang sumbu jalan. Untuk menjamin kelancaran dan kemudahan mengemudikan kendaraan pada saat menikung, maka panjang suatu tikungan tidak kurang dari 6 detik perjalanan dengan  $V_R$ . Panjang ini dapat diperhitungkan berdasarkan  $V_R$  atau ditetapkan berdasarkan Tabel 2.16 sebagai berikut:

Tabel 2.16 Panjang Tikungan Minimum

$V_R$ (km/jam)	Panjang Tikungan Minimum (m)
120	200
100	170
80	140
60	100

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

**2.10.3 Jari – Jari Tikungan**

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

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127(e_{max}+f_{max})} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- $R_{min}$  : Jari-jari tikungan minimum (m)
- $V_R$  : Kecepatan rencana (km/jam)
- $e_{max}$  : Superelevasi maksimum (%) (Tabel 2.17)
- $f_{max}$  : Koefisien gesek maksimum (Tabel 2.18)

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.17 sebagai berikut :

Tabel 2.17 Superelevasi maksimum berdasarkan tata guna lahan dan iklim

Superelevasi Maksimum	Kondisi Yang Digunakan
10%	Maksimum untuk jalan tol antarkota
8%	Maksimum untuk jalan tol 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 No.007/BM/2009)

Tabel 2.18 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 No.007/BM/2009)

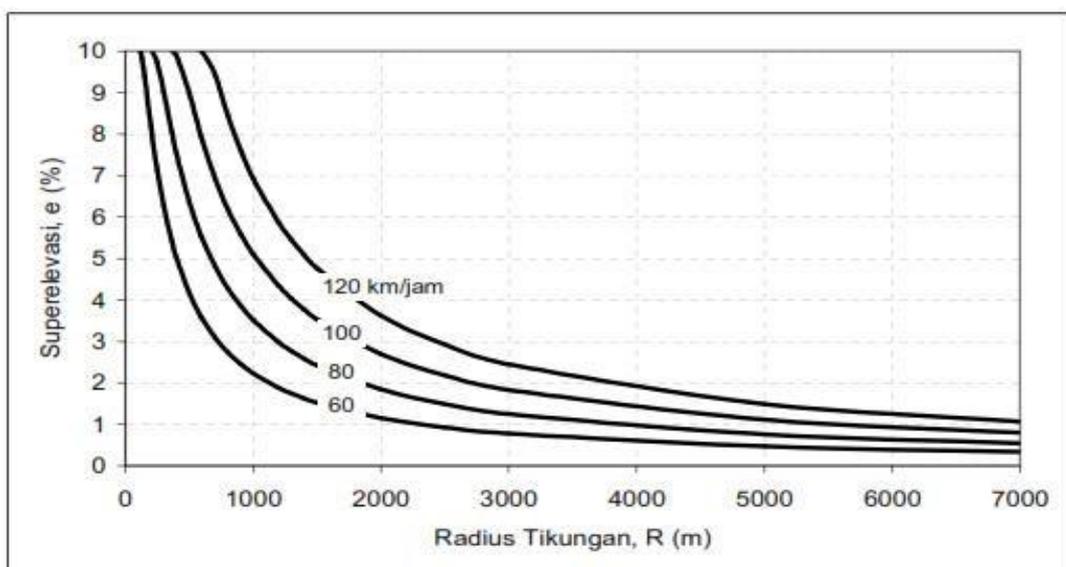
Atau berdasarkan buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman, 1999) nilai  $f_{max}$  dapat juga dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut : untuk  $V_R < 80$  km/jam,  $f_{max} = -0,00065 \times V_R + 0,192$  untuk  $V_R 80 - 112$  km/jam,  $f_{max} = -0,00125 \times V_R + 0,24$

Hasil perhitungan  $R_{min}$  ditampilkan pada tabel 2.19 serta distribusi besaran superelevasi berdasarkan nilai  $R$  ditambahkan pada gambar 2.9 hingga gambar 2.12 sebagai berikut :

Tabel 2.19 Panjang Jari – jari minimum (dibulatkan)

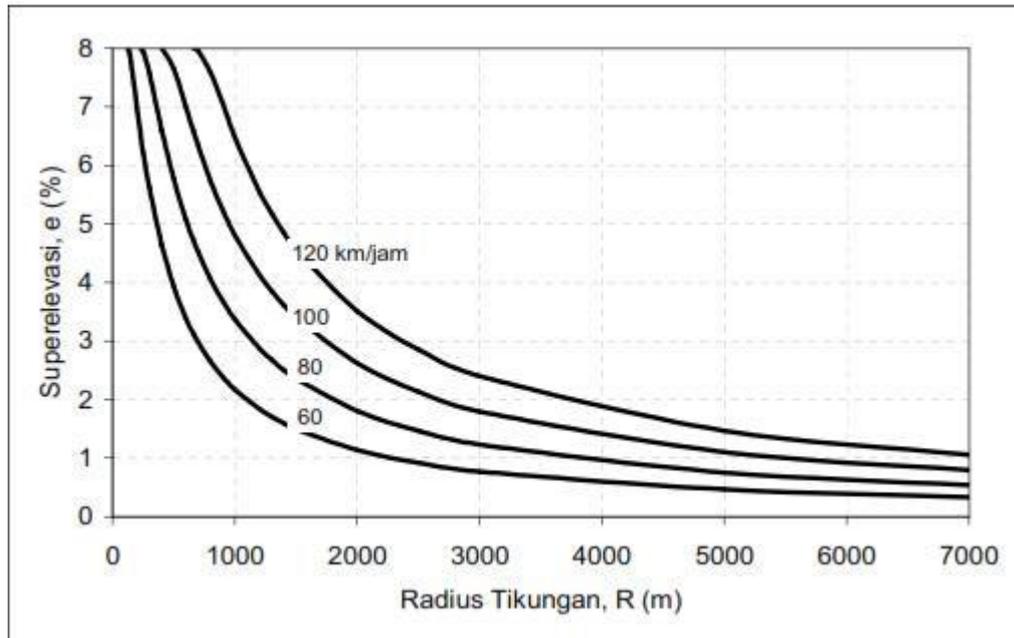
$e_{max}$	$V_R$ (km/jam)	$f_{max}$	$(e/100+f)$	$R_{min}$ (m)	
				Perhitungan	Pembulatan
10,0	120	0,092	0,192	590,6	590
10,0	100	0,116	0,216	364,5	365
10,0	80	0,140	0,240	210,0	210
10,0	60	0,152	0,252	112,5	110
8,0	120	0,092	0,172	659,2	660
8,0	100	0,116	0,196	401,7	400
8,0	80	0,140	0,220	229,1	230
8,0	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 No.007/BM/2009)



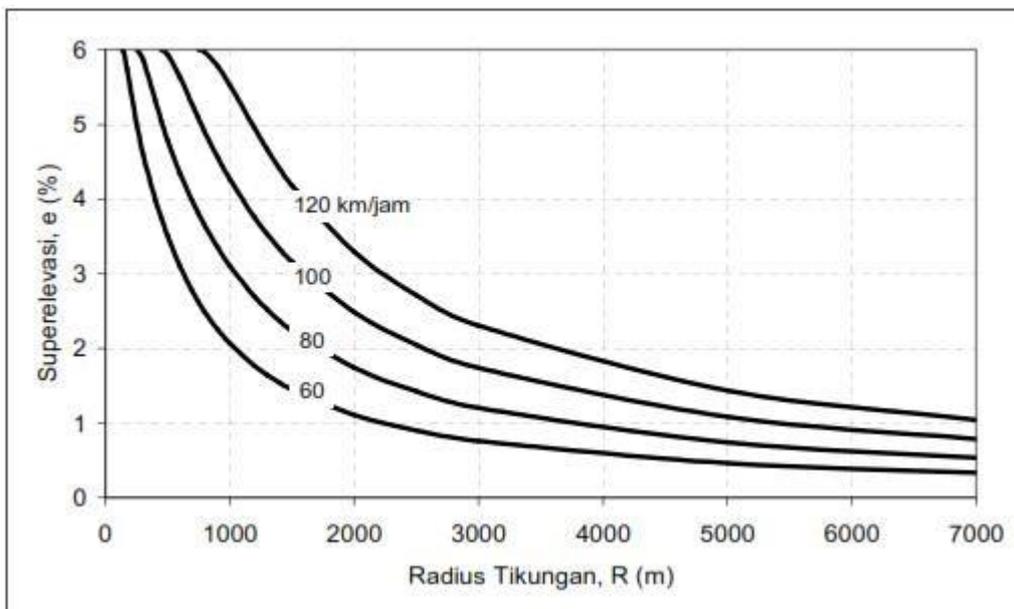
Gambar 2.9 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 10%

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



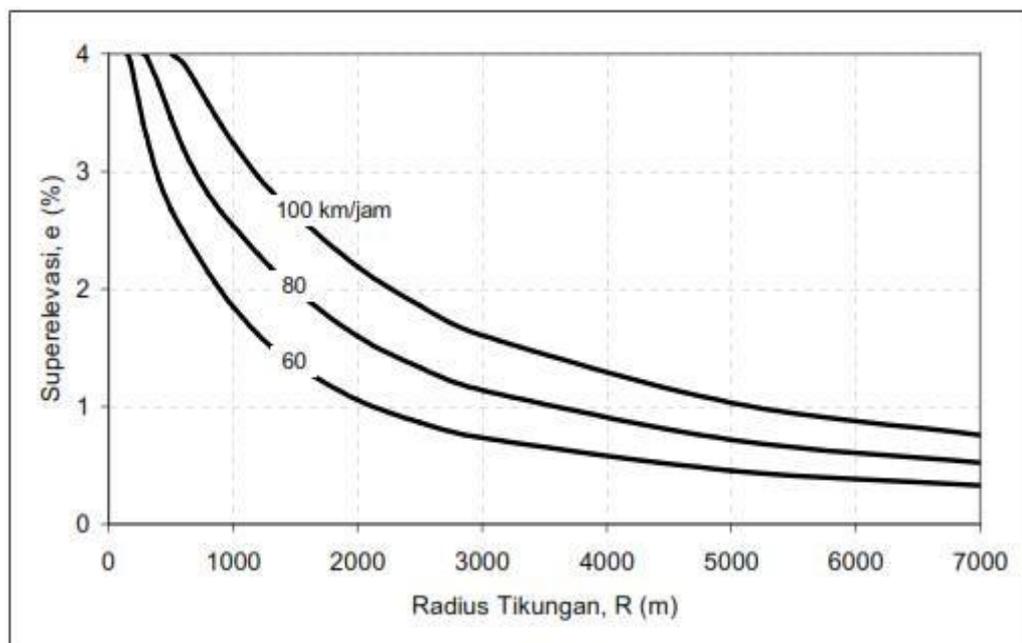
Gambar 2.10 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 8%

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



Gambar 2.11 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 6%

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



Gambar 2.12 Distribusi besaran superelevasi untuk superelevasi maksimum 4%  
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

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  $R_{\min}$ .

#### 2.10.4 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:

1. Bentuk lengkung peralihan yang digunakan adalah bentuk spiral (*clothoide*)
2. Panjang lengkung peralihan ditetapkan atas pertimbangan-pertimbangan sebagai berikut:
  - a. waktu perjalanan melintasi lengkung peralihan
  - b. tingkat perubahan kelandaian melintang jalan
  - c. gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan
  - d. tingkat perubahan kelandaian relatif
3.  $L_s$  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 :

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

$V_R$  : Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  : Waktu tempuh pada lengkung peralihan (detik), ditetapkan 2 detik

atau digunakan tabel 2.20 sebagai berikut :

Tabel 2.20  $L_s$  min berdasarkan waktu perjalanan

$V_R$ (km/jam)	$L_s$ min (m)
120	67
100	66
80	45
60	34

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

2) Tingkat Perubahan Kelandaian

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:

1. Untuk  $V_R \leq 70$  km/jam,  $r_e$ -max = 0,035 m/m/detik,
2. Untuk  $V_R \geq 80$  km/jam,  $r_e$ -max = 0,025 m/m/detik.

Kriteria ini dihitung dengan rumus:

$$L_S = \frac{\left(\frac{e_m - e_n}{100}\right) V_R}{3,6 r_e} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

$e_m$  : Superelevasi maksimum (%)

$e_n$  : Superelevasi norma (%)

$V_R$  : Kecepatan rencana (km/jam)

$r_e$  : Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan (m/m/det)

Atau digunakan Tabel 2.21 berikut :

Tabel 2.21  $L_S$  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 No.007/BM/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 :

$$L_S = \frac{0,0214V_R^3}{RC} \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

$V_R$  : Kecepatan rencana (km/jam)

$R$  : Radius tikungan (m)

$C$  : Perubahan maksimum percepatan arah radial (m/det<sup>3</sup>), digunakan 1,2 m/det<sup>3</sup>

Atau digunakan Tabel 2.22 berikut:

Tabel 2.22  $L_S$  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 No.007/BM/2009)

4) Tingkat Perubahan Kelandaian Relatif

Tingkat perubahan kelandaian relatif ( $\Delta$ ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $\Delta$  maksimum yang ditetapkan seperti pada Tabel 2.23

Tabel 2.23 Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Maksimum

$V_R$ (km/jam)	$\Delta$
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

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

$$L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w) \dots\dots\dots(2.8)$$

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

$\Delta$  : 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 2.24 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																		
120																		
110																10,0	60	90
$R_{\min} = 110$																		

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

**Keterangan :**

$e_{\max}$  : Superelevasi maksimum 10%

R : Jari-jari lengkung

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

### 2.10.5 Bentuk Lengkung Horizontal

Ada 3 bentuk lengkung horizontal yaitu :

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

*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)

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)..... (2.9)}$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s} \text{ .....(2.10)}$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4}L_s}{L_s} - en \text{ .....(2.11)}$$

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max}+F_m)} \text{ .....(2.12)}$$

$$D_{max} = \frac{181913,53 (e_{max}+f_{maks})}{v^2} \text{ .....(2.13)}$$

$$D = \frac{1432,39}{R} \text{ .....(2.14)}$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \text{ .....(2.15)}$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \text{ .....(2.16)}$$

$$T_c = R_c \tan^{1/2} \Delta \text{ .....(2.17)}$$

$$E_c = T_c \tan^{1/4} \Delta \text{ .....(2.18)}$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R_c \text{ .....(2.19)}$$

Keterangan :

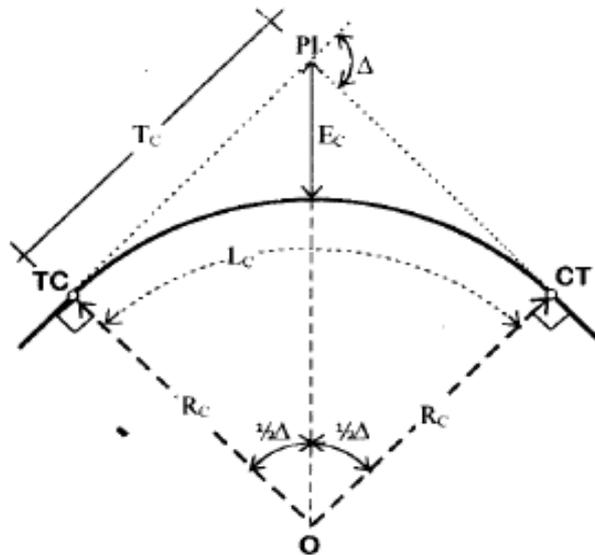
$\Delta$  : sudut tangen

$T_c$  : panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT

$R_c$  : jari-jari lingkaran

$E_c$  : jarak luar dari PI ke busur lingkaran

$L_c$  : panjang busur lingkaran

Gambar 2.13 Bentuk Tikungan *Full Circle*

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

Keterangan:

- $\Delta$  : sudut tikungan
- E : jarak PI ke puncak busur lingkaran
- O : titik pusat lingkaran
- L : panjang lengkung (CT – TC)
- R : jari-jari tikungan
- PI : titik potong antara 2 garis tangen
- T : jarak TC-PI atau PI-CT

Tabel 2.25 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

VR (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

## 2. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

Lengkung peralihan (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ( $R=\infty \rightarrow R = R_c$ ), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle),

yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan tikungan *spiral– circle–spiral* yaitu:

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)... (2.20)}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e_{\max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{v^2} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.23)$$

$$e = - \frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots (2.24)$$

Untuk mendapatkan nilai  $L_s$  dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum 2 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.25)$$

b. Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(e_p + e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V \dots\dots\dots (2.26)$$

c. Berdasarkan antasipasi gaya sentrifugal

$$L_S = \frac{0,0214 V_R^3}{R C} \dots\dots\dots (2.27)$$

d. Berdasarkan tingkat perubahan kelandaian relatif

$$L_{s3} = L_S = \frac{(w_{n1}) e_d}{\Delta} (b_w) \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (2 detik)

$V_R$  = Kecepatan rencana

Rc = Jari-jari lingkaran

C = Perubahan percepatan , digunakan 1,2 m/det<sup>3</sup>

E = Superelevasi (%)

$e_p$  = Superelevasi penuh (%)

$e_n$  = Superelevasi normal (%)

$r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk  $V_R \leq 70$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,035 m/m/det

Untuk  $V_R \geq 80$  km/jam nilai  $r_e$  mak = 0,025 m/m/det

Berdasarkan dari  $L_s$  alternatif a,b,c, dan d diambil nilai yang terbesar.

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40Rc^2} \right) \dots\dots\dots(2.29)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6Rc} \dots\dots\dots(2.30)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi Rc} \dots\dots\dots(2.31)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6Rc} - Rc (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.32)$$

$$k = L_s \left( 1 - \frac{L_s^3}{40Rc^2} \right) - Rc \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.33)$$

$$T_s = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots(2.34)$$

$$E_s = \frac{(Rc + p)}{\cos \frac{1}{2}(\Delta)} - Rc \dots\dots\dots(2.35)$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi Rc \dots\dots\dots(2.36)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(2.37)$$

$$\text{Kontrol} = L_{tot} < 2.T_s \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan :

$L_s$  : panjang lengkung peralihan

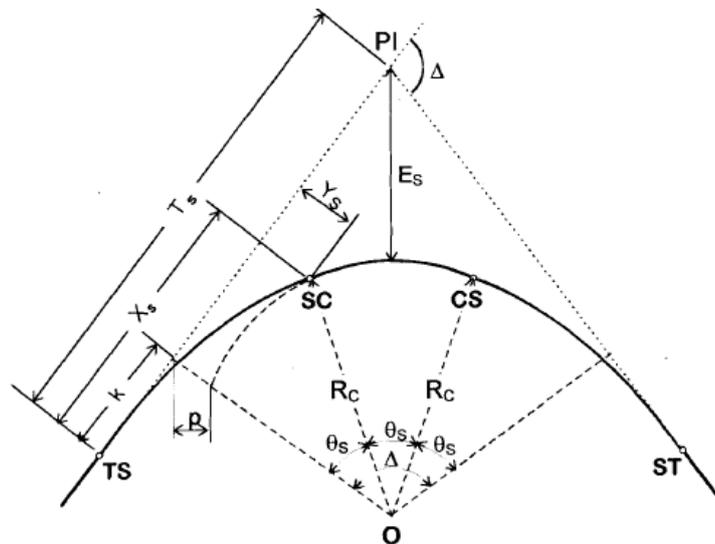
$X_s$  : absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC

$Y_s$  : ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

$L_c$  : panjang busur lingkaran

- $T_s$  : panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST  
 $E_s$  : jarak dari PI ke busur lingkaran  
 $\theta_s$  : sudut lengkung spiral  
 $\Delta$  : sudut tangen  
 $R_c$  : jari-jari lingkaran  
 $p$  : pergeseran tangen terhadap spiral  
 $k$  : absis dari  $p$  pada garis tangen spiral

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



Gambar 2.14 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

### 3. Tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Lengkung horizontal berbentuk *Spiral-Spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Jari-jari  $R_c$  yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga  $L_s$  yang dibutuhkan lebih besar dari  $L_s$  yang dihasilkan landai relative yang diisyaratkan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)... (2.39)}$$

$$R_{\min} = \frac{v^2}{127 (e_{\max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.40)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{v^2} \dots\dots\dots (2.41)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.42)$$

$$e = - \frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots (2.43)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.44)$$

Untuk menentukan nilai  $L_s$  dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

a. Berdasarkan waktu tempuh maksimum 2 detik

$$L_{s1} = \frac{VR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.45)$$

b. Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s2} = \frac{(ep+en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots (2.46)$$

c. Berdasarkan antasipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = \frac{0,0214V_R^3}{RC} \dots\dots\dots (2.47)$$

d. Berdasarkan tingkat perubahan kelandaian relatif

$$L_{s4} = L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w) \dots\dots\dots (2.48)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots (2.49)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots (2.50)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.51)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.52)$$

$$L_{\text{total}} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.53)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots (2.54)$$

Keterangan :

$L_c$  = panjang busur lingkaran (panjang dari SC ke CS), (m)

$\theta_s$  = sudut lengkung spiral, ( $^\circ$ )

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke titik SC), (m)

$T_s$  = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST, (m)

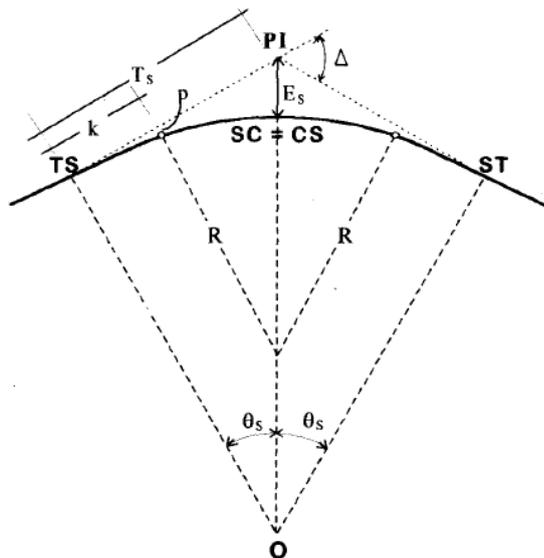
$E_s$  = Jarak dari PI ke busur lingkaran, (m)

$\Delta$  = Sudut lengkung circle, ( $^\circ$ )

$R$  = Jari-jari lingkaran, (m)

$p$  = Pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

$k$  = Absis dari  $p$  pada garis tangen spiral, (m)



Gambar 2.15 Bentuk Tikungan *Spiral-Spiral*

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

Tabel 2.26 Besaran p' dan k'

qs (°)	p'	k'	qs (°)	p'	k'	qs (°)	p'	k'
0.5	0.0007272	0.4999987	9	0.0131706	0.4995862	17.5	0.0260445	0.498409
1	0.0014546	0.4999949	9.5	0.0139121	0.4995387	18	0.0268238	0.4983146
1.5	0.002182	0.4999886	10	0.0146551	0.4994884	18.5	0.027606	0.4982172
2	0.0029098	0.4999797	10.5	0.0153997	0.4994356	19	0.0283913	0.498117
2.5	0.0036378	0.4999683	11	0.0161461	0.49938	19.5	0.0291797	0.4980137
3	0.0043663	0.4999543	11.5	0.0168943	0.4993218	20	0.0299713	0.4979075
3.5	0.0050953	0.4999377	12	0.0176444	0.4992609	20.5	0.0307662	0.4977983
4	0.0058249	0.4999187	12.5	0.0183965	0.4991973	21	0.0315644	0.4976861
4.5	0.0065551	0.499897	13	0.0191507	0.499131	21.5	0.0323661	0.4975708
5	0.007286	0.4998728	13.5	0.019907	0.4990619	22	0.0331713	0.4974525
5.5	0.0080178	0.4998461	14	0.0206655	0.4989901	22.5	0.0339801	0.4973311
6	0.0094843	0.4998167	14.5	0.0214263	0.4989155	23	0.0347926	0.4972065
6.5	0.0102191	0.4997848	15	0.0221896	0.4988381	23.5	0.0356088	0.4970788
7	0.0102191	0.4997503	15.5	0.0229553	0.498758	24	0.0364288	0.4969479
7.5	0.010955	0.4997132	16	0.0237236	0.498675	24.5	0.0372528	0.4968139
8	0.0116922	0.499735	16.5	0.0244945	0.4985892	25	0.0380807	0.4966766
8.5	0.0124307	0.499312	17	0.0252681	0.4985005	25.5	0.0389128	0.496536
26	0.0397489	0.4963922	31	0.048355	0.4947665	36	0.0574601	0.4927769
26.5	0.0405893	0.496245	31.5	0.0492422	0.4945845	36.5	0.0584008	0.4925566
27	0.041434	0.4960945	32	0.050134	0.4943988	37	0.0593473	0.4923322
27.5	0.042283	0.4959406	32.5	0.051031	0.4942094	37.5	0.0602997	0.4921037
28	0.0431365	0.4957834	33	0.0519333	0.4940163	38	0.0612581	0.4918711
28.5	0.0439946	0.4956227	33.5	0.0528408	0.4938194	38.5	0.0622224	0.4916343
29	0.0448572	0.4954585	34	0.0537536	0.4936187	39	0.0631929	0.4913933
29.5	0.0457245	0.4952908	34.5	0.0546719	0.4934141	39.5	0.0641694	0.491148
30	0.0465966	0.4951196	35	0.0555957	0.4932057	40	0.0651522	0.4908985
30.5	0.0474735	0.4949448	35.5	0.05625	0.4929933			

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

### 2.10.6 Superelevasi

Ketentuan- ketentuan dalam superelevasi adalah sebagai berikut :

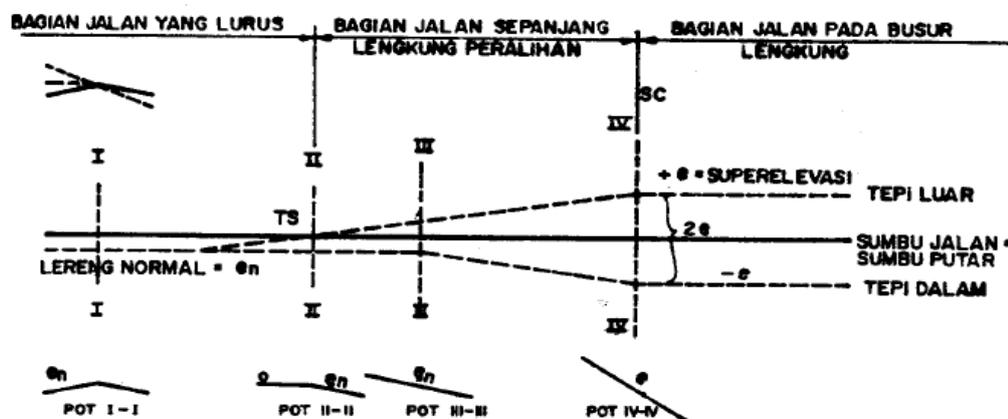
- Superelevasi harus dibuat pada semua tikungan, kecuali tikungan yang memiliki radius yang lebih besar dari  $R_{\min}$  tanpa superelevasi. Besarnya superelevasi harus direncanakan sesuai dengan  $V_R$ .

- 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

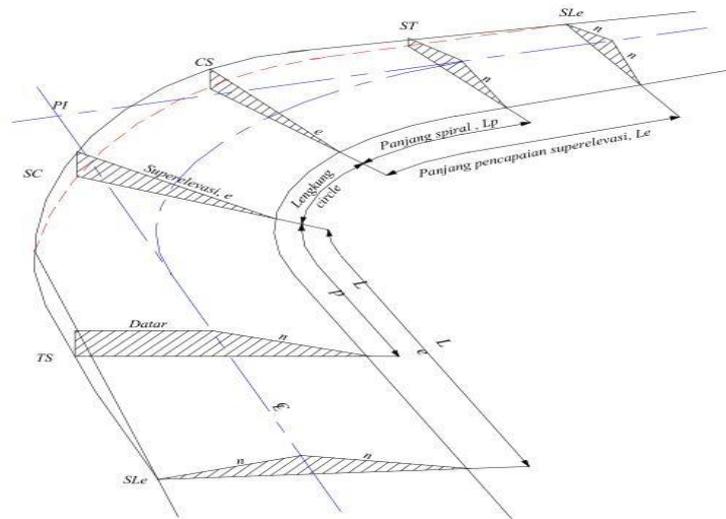
Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000) pencapaian superlevasi anatara lain sebagai berikut :

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung
- 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.
- Pada tikungan tipe *Full Circle* (FC), bila diperlukan pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3 L_s$  dan dilanjutkan pada bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3$  bagian panjang  $L_s$ .
- Pada tikungan tipe *Spiral – Spiral* (SS), pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.



Gambar 2.16 Diagram Superelevasi Dengan Sumbu Jalan Sebagai Sumbu Putar

(Sumber : Sukirman, 1999)



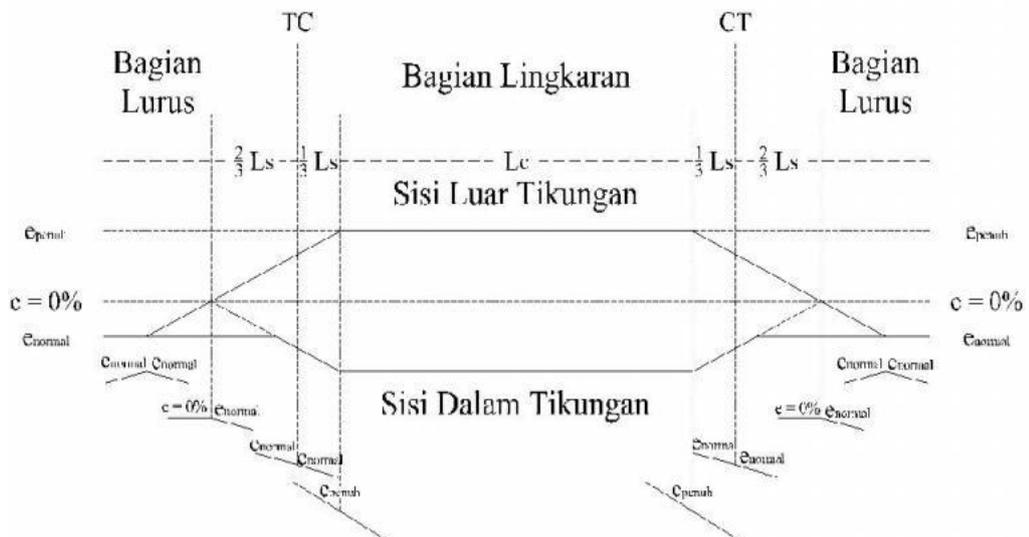
Gambar 2.17 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

2) Diagram Superelevasi

Berikut ini merupakan contoh diagram elevasi untuk tiap-tiap jenis tikungan :

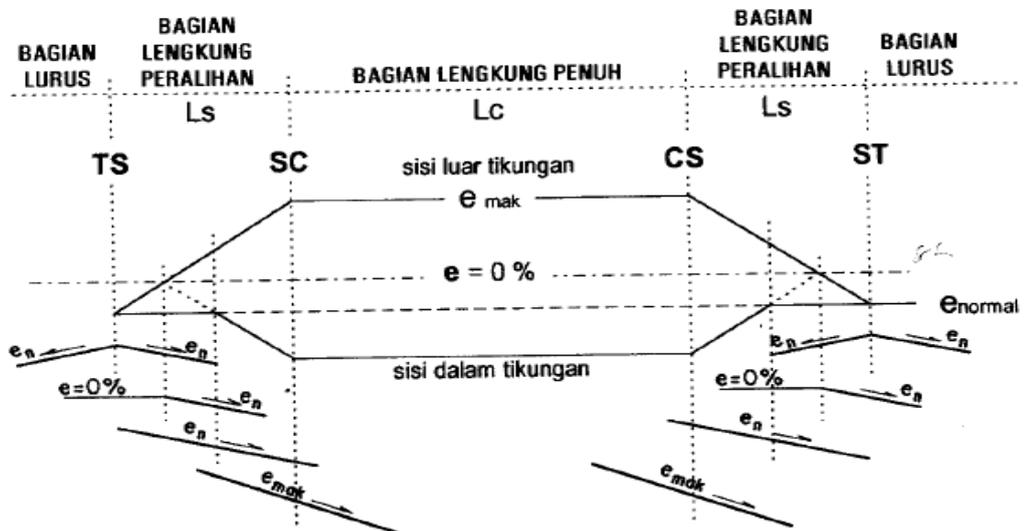
- a) Tikungan *Full Circle* (FC)



Gambar 2.18 Superelevasi Tikungan *Full Circle*

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

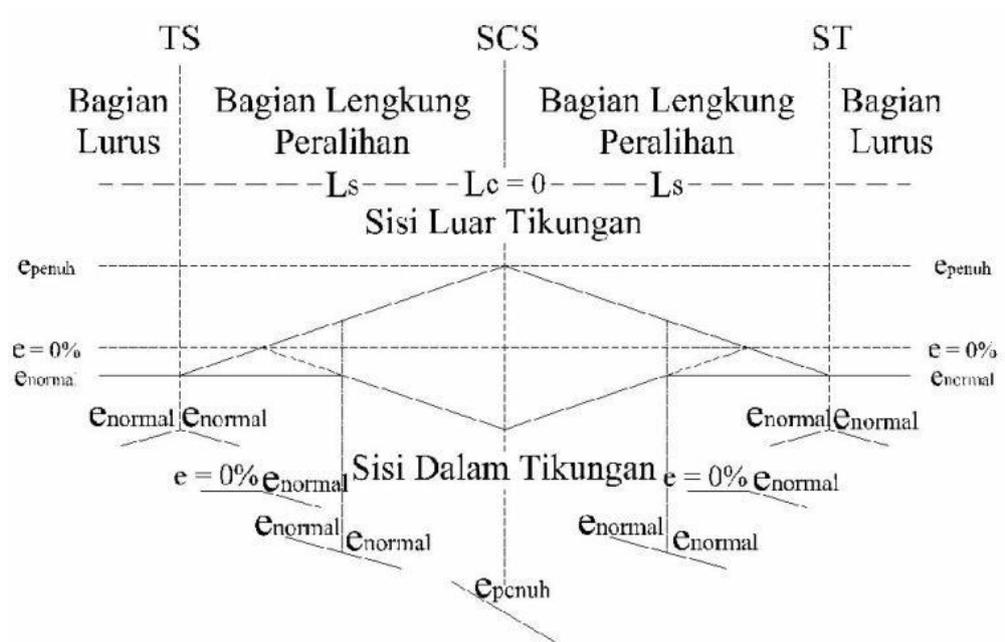
b) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)



Gambar 2.19 Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

c) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

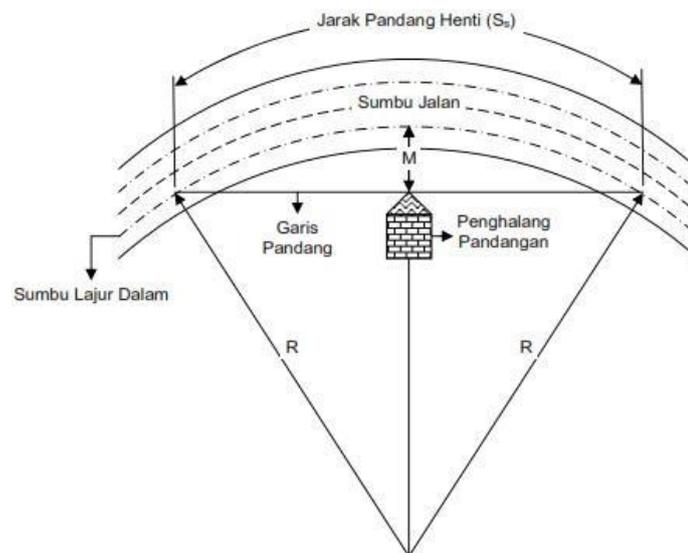


Gambar 2.20 Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

### 2.10.7 Daerah Kebebasan 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 objek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada gambar 2.21 sebagai berikut :



Gambar 2.21 Diagram Ilustrasi Komponen Untuk Menentukan Daerah Bebas Samping

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

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

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ( $S_s < L_s$ ) seperti pada gambar 2.24

$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90S_s}{\pi R} \right) \right] \dots\dots\dots(2.55)$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ( $S_s > L_c$ ) seperti pada gambar 2.25

$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90L_c}{\pi R} \right) \right] + 0,5 (S_s - L_c) \sin \left( \frac{90L_c}{\pi R} \right) \dots\dots\dots(2.56)$$

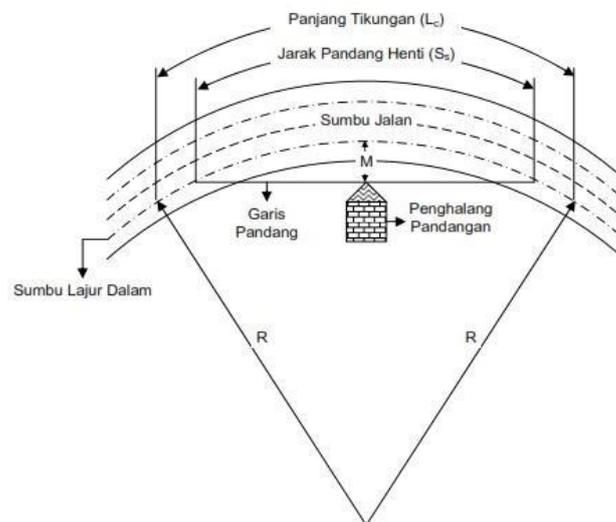
Keterangan :

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

R : jari-jari sumbu lajur dalam (m)

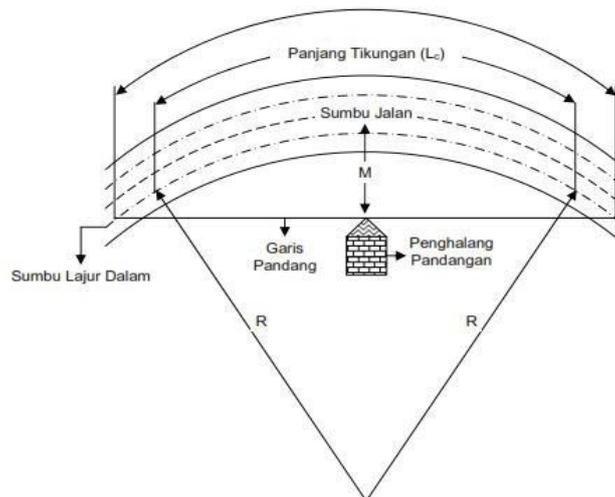
$S_s$  : jarak pandang henti (m)

$L_c$  : panjang tikungan (m)



Gambar 2.22 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk  $S_s < L_c$

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



Gambar 2.23 Diagram ilustrasi daerah bebas samping di tikungan untuk  $S_s > L_c$

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

### 2.10.8 Pelebaran Perkerasan Pada Lengkung Horizontal

Pelebaran 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:

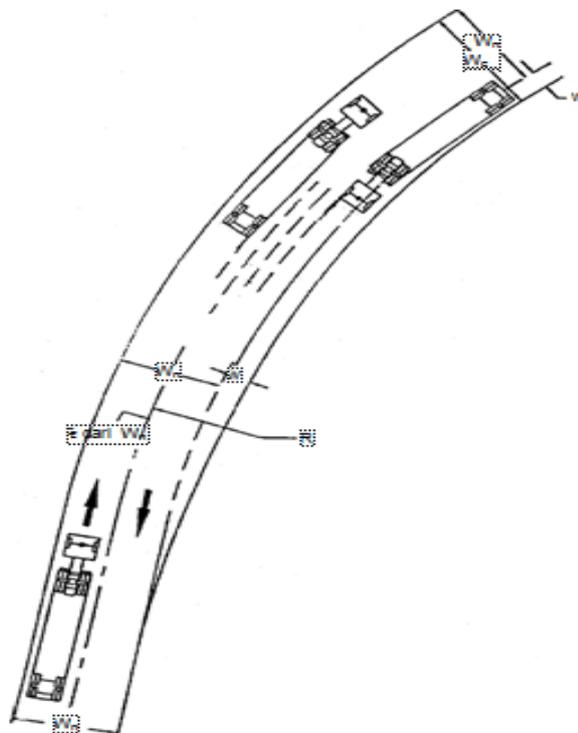
$$W = W_c - W_n \dots\dots\dots(2.57)$$

Keterangan :

$W$  = Pelebaran jalan pada tikungan (m)

$W_c$  = Lebar jalan pada tikungan (m)

$W_n$  = Lebar jalan pada jalan lurus (m)



Gambar 2.24 Pelebaran pada tikungan untuk kendaraan semi trailer

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

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 2.27 sebagai berikut.

Tabel 2.27 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	
	Wc (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 No.007/BM/2009)

## 2.11 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu mempunyai banyak

tikungan. Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit di atas muka tanah asli sehingga memudahkan dalam pembuatan drainase jalan, terutama di daerah yang datar. (Silvia Sukirman,1999)

### **2.11.1 Kelandaian Alinyemen Vertikal**

#### 1) Landai Minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan didaerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30% - 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan. (Ir.Hamirhan Saodang, 2010)

#### 2) Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk menjaga agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak, dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. (Ir.Hamirhan Saodang, 2010)

Tabel 2.28 Kelandaian Maksimum

$V_R$ (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 No.007/BM/2009)

### 3) Panjang Kritis Suatu Kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan rencana  $V_r$ . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. (Ir.Hamirhan Saodang, 2010)

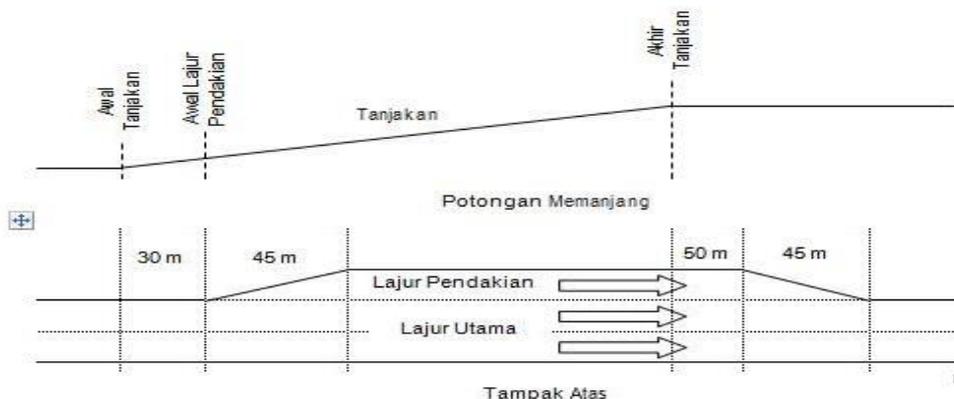
Tabel 2.29 Panjang Landai Kritis

$V_R$ (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 No.007/BM/2009)

### 4) Lajur Pendakian

Lajur pendakian dimaksudkan untuk menampung truk-truk yang bermuatan berat atau kendaraan lain yang berjalan lebih lambat dari kendaraan lain pada umumnya, agar 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.



Gambar 2.25 Lajur pendakian tipikal

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

### 2.11.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari segi letak titik perpotongan kedua bagian lurus (tangen) ada dua yaitu :

#### 1) Lengkung Vertikal Cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan yang bersangkutan. Pada lengkung vertikal cembung, pembatasan berdasarkan jarak pandang dapat dibedakan atas 2 keadaan yaitu (Silvia Sukirman, 1999) :

- Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ), seperti gambar 2.26

$$L = \frac{AS^2}{658} \dots\dots\dots(2.58)$$

- Jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ), seperti gambar 2.27

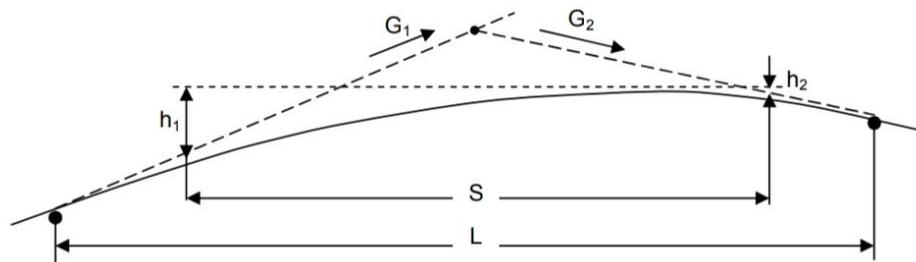
$$L = 2S - \frac{658}{A} \dots\dots\dots(2.59)$$

Keterangan :

$L$  = Panjang lengkung vertikal (m)

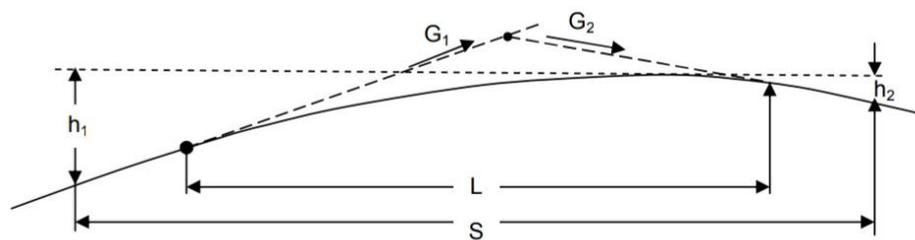
$A$  = Perbedaan aljabar landai (%)

$S$  = Jarak pandang henti (m)



Gambar 2.26 Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)



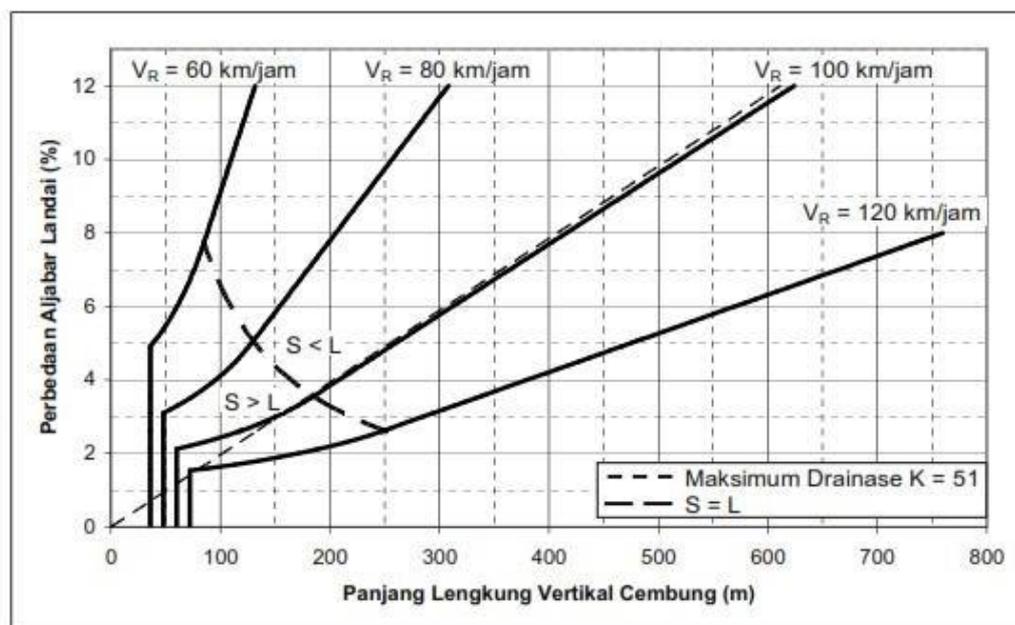
Gambar 2.27 Jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Tabel 2.30 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 No.007/BM/2009)



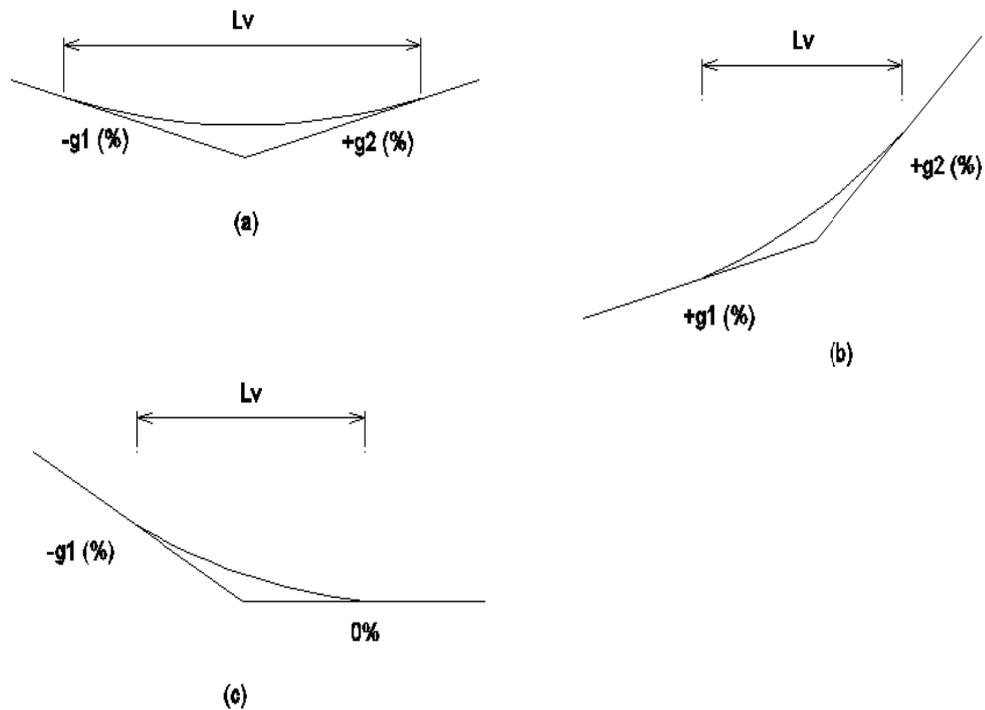
Gambar 2.28 Panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti

( Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

## 2) Lengkung Vertikal Cekung

Lengkung vertikal cekung yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Disamping bentuk lengkung yang berbentuk parabola sederhana, panjang lengkung vertikal juga harus ditentukan dengan memperhatikan : (Silvia Sukirman, 1999)

- Jarak penyinaran lampu kendaraan.
- Jarak pandangan bebas di bawah bangunan.
- Persyaratan drainase.
- Kenyamanan mengemudi.
- Keluwesan bentuk.



Gambar 2.29 Lengkung vertikal cekung

(Sumber : Ir.Hamirhan Saodang, 2010)

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

- a. Jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cekung ( $S < L$ )

$$L = \frac{AS^2}{120+3,5S} \dots\dots\dots(2.60)$$

- b. Jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cekung ( $S > L$ )

$$L = 2S - \left(\frac{120+3,5S}{A}\right) \dots\dots\dots(2.61)$$

Keterangan :

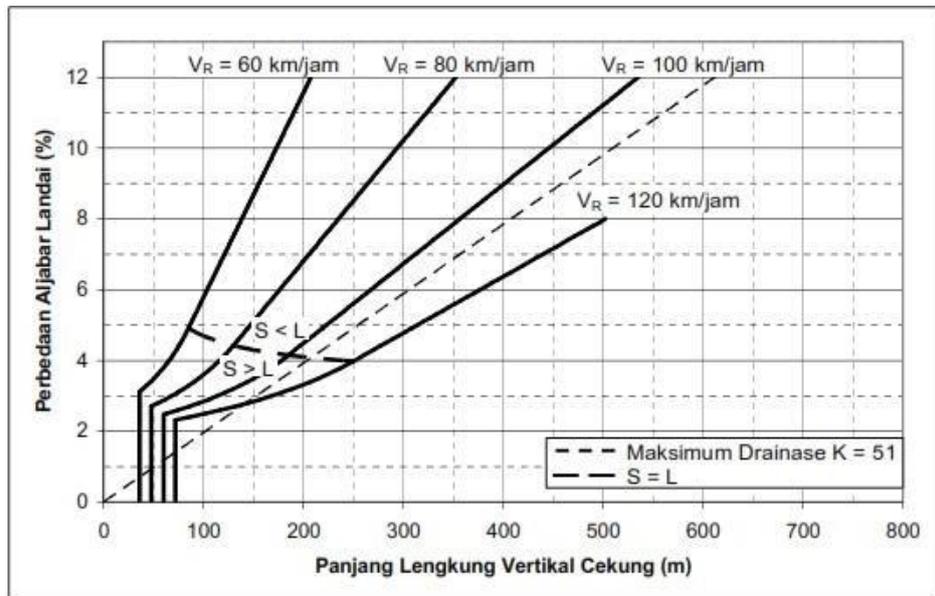
L : panjang lengkung vertikal (m)

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 2.31 dan gambar 2.30



Gambar 2.30 Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti

(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol No.007/BM/2009)

Tabel 2.31 Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandang henti

Perbedaan Aljabar Landai(%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	VR = 120 km/jam	VR = 100 km/jam	VR = 80 km/jam	VR = 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 No.007/BM/2009)

## 2.12 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- a. Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- c. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengkalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak antar patok.

Tabel 2.32 Perhitungan Galian Timbunan

STA	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	A	L	$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
0+100	B	B		$\frac{A+B}{2} \times L = C$	$\frac{A+B}{2} \times L = C$
JUMLAH				$\Sigma C$	$\Sigma C$

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

### 2.13 Perencanaan Tebal Perkerasann

Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000) Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

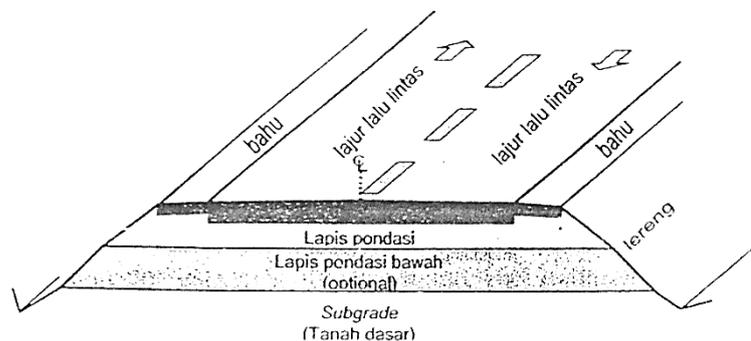
- 1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)
- 2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Selain dari dua jenis tersebut, sekarang telah banyak digunakan jenis gabungan (*composite pavement*), yaitu perpaduan antara lentur dan kaku. Perencanaan konstruksi perkerasan juga dapat dibedakan antara perencanaan jalan baru dan untuk peningkatan (jalan lama yang sudah diperkeras).

#### a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Pada umumnya perkerasan lentur digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang. (silvia sukirman, 2010)

Struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin jelek. Gambar 2.31 menunjukkan jenis lapis perkerasan dan letaknya, yaitu :



Gambar 2.31 Struktur Perkerasan Lentur

(Sumber : Silvia Sukirman 2010)

1. Lapis permukaan (*Surface course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

2. Lapis pondasi (*Base course*)

Lapis pondasi merupakan lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak menggunakan lapis pondasi bawah maka lapis pondasi langsung di atas permukaan tanah dasar. Agregat yang digunakan pada lapisan ini ialah agregat kelas A.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar. Agregat yang digunakan pada pondasi ini agregat kelas B.

4. Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapis tanah dasar adalah lapis tanah setebal 50-100 cm di atas mana diletakkan lapis pondasi bawah dan tau lapis pondasi. Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur

perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

### 2.13.1 Kriteria Perencanaan

#### 1) Lalu lintas

##### 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 2.33 Jumlah Lajur berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

##### b) Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian, koefisien distribusi kendaraan ( $D_L$ ) dapat menggunakan pendekatan sesuai pada tabel berikut:

Tabel 2.34 Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana (DL)

Jumlah Lajur	Kendaraan ringan*		Kendaraan berat**	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1	1	1	1	1
2	0,6	0,5	0,7	0,5
3	0,4	0,4	0,5	0,475
4	0,3	0,3	0,4	0,45
5	-	0,25	-	0,425
6	-	0,2	-	0,4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan : \*) Mobil Penumpang

\*\*\*) Truk dan Bus

c) Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (triple). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan dibawah ini:

$$LEF = \frac{W_{tx}}{W_{t18}} \dots\dots\dots(2.62)$$

$$\text{Log} \left( \frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 + \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(Lx+L2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left( \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}} \dots(2.63)$$

Keterangan :

LEF = Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.

Wtx = Angka beban sumbu x pada akhir waktu t

$Wt_{18}$  = Angka 18-kip (80Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu  $t$

$Lx$  = Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem

$L2$  = Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)

$SN$  = Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah

$\Delta IP$  = Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana ( $IP_0$ ) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ )

$IP_f$  = Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d) Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana ( $w_{18}$ )

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana ( $w_{18}$ ) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut:

$$w_{18} = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}_{18} \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan :

$w_{18}$  = Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

$DL$  = Faktor distribusi lajur pada lajur rencana (tabel 2.34)

$\hat{w}_{18}$  = Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari, sesuai persamaan dibawah ini

e) Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana ( $W_t$  atau  $W_{18}$ )

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur

rencana selama setahun ( $w_{18}$ ) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \cdot \left( \frac{(1+g)^n - 1}{g} \right) \dots\dots\dots (2.65)$$

Keterangan :

$W_t = W_{18}$  = Jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

$w_{18}$  = Beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

$n$  = Umur pelayanan (tahun)

$g$  = Perkembangan lalu lintas (%)

## 2) Tingkat kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi ( $w_{18}$ ) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian ( $R$ ) yang seksi perkerasannya akan bertahan (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. Tabel 2.35 memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan. Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah,

50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas ( $w_{18}$ ) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (overall standar deviation,  $S_0$ ) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk  $w_{18}$  yang diberikan. Dalam persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (standard normal deviate, ZR). Tabel 2.36 memperlihatkan nilai ZR untuk tingkat pelayanan tertentu.

Tabel 2.35 Rekomendasi tingkat realibilitas 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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Penerapan konsep reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.35
- Deviasi standar ( $S_0$ ) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat Rentang nilai  $s_0$  adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.36 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	- 3,090
85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

### 3) Drainase

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 NCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metoda time-to-drain. Time-to-drain adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%.

Nilai dari time-to-drain ditentukan dengan persamaan dibawah ini :

$$t = T50 \cdot md \cdot 24 \dots\dots\dots (2.66)$$

Keterangan :

t = Time-to-drain (jam)

T50 = Time factor

md = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai time faktor (T50) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (resultan slope, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase.

Ilustrasi dari geometri jalan disajikan pada gambar 2.31. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang ( $S_x$ ) dan kemiringan memanjang ( $S$ ). Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*,  $S_1$ ) dengan persamaan berikut :

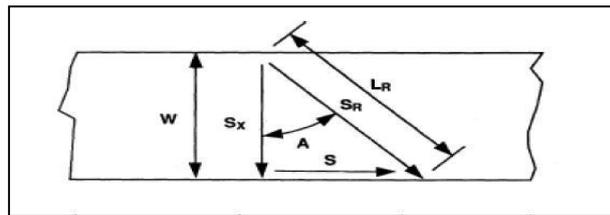
$$S_1 = \frac{LR \cdot SR}{H} \dots\dots\dots(2.67)$$

Keterangan :

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

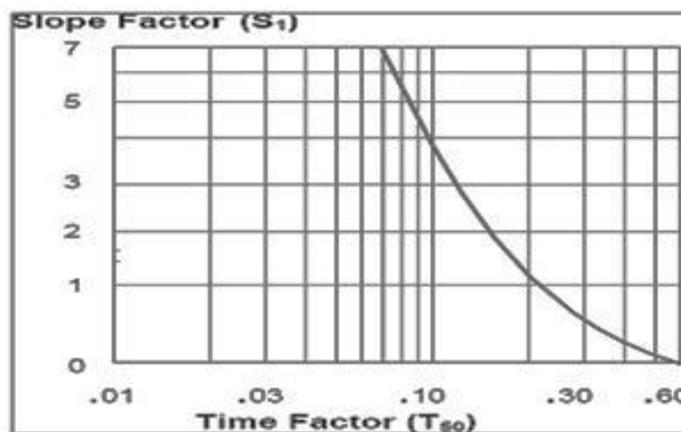
$$LR = W \left( 1 + \left( \frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

H = Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.32 Geometri Jalan (ERES-1999 dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik  $T_{50}$  seperti pada Gambar 2.33, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.33 Grafik *Time Factor* Untuk Derajat Kejenuhan 50% (FHWA, 2006)

Nilai “ $m_d$ ” pada Persamaan 2.68 dihitung dengan persamaan berikut:

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H} \dots\dots\dots (2.68)$$

Keterangan :

$n_e$  = Porositas efektif lapisan drainase

$k$  = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai

Persamaan 2.68 atau Gambar 2.33.

$L_R$  = Resultan panjang (feet)

$H$  = tebal lapisan drainase dalam feet

$$K = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots (2.69)$$

Keterangan :

$k$  = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

$P_{200}$  = Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen

$D_{10}$  = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

$N$  = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

a) Menghitung porositas material.

$$n = 1 - \left( \frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \dots\dots\dots (2.70)$$

Keterangan:

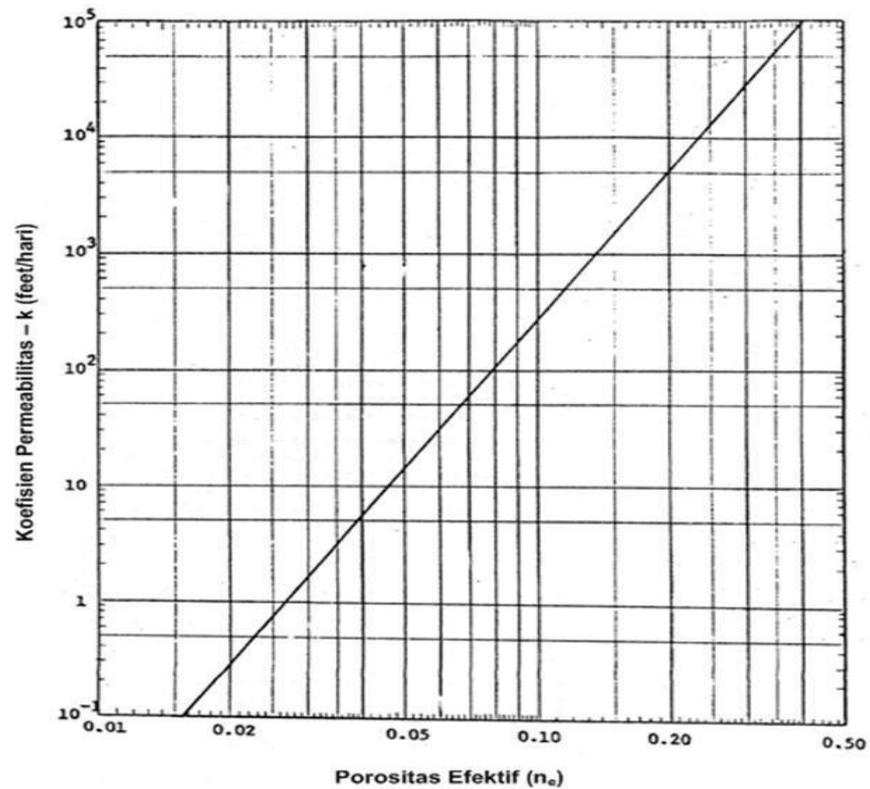
$n$  = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume.

$\gamma_d$  = Kepadatan kering dalam lb/ft<sup>3</sup>

$G$  = Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5--2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

Nilai porositas efektif ( $n_e$ ) dapat menggunakan Gambar 2.34



Gambar 2.34 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif,  $n_e$  (FHWA, 1990)

c) Menghitung resultan kemiringan (slope resultant).

$$SR = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.71)$$

Keterangan :

$S_R$  = Resultan kemiringan (%)

$S$  = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

$S_x$  = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left( 1 + \left( \frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots (2.72)$$

Keterangan :

$L_R$  = Resultan panjang (feet)

$W$  = Lebar lapisan drainase (feet)

$S$  = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

$S_x$  = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

- e) Persamaan untuk menghitung *slope factor* ( $S_1$ ) digunakan Persamaan 2.67
- f) Persamaan untuk menghitung faktor “ $m_d$ ” digunakan Persamaan 2.68
- g) Persamaan untuk menghitung nilai *Time-to-drain* digunakan Persamaan 2.66

Langkah-langkah untuk menghitung nilai koefisien drainase ( $m$ ) adalah sebagai berikut:

- Hitung nilai koefisien permeabilitas ( $k$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.69
- Hitung nilai porositas material ( $n$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.70
- Hitung nilai porositas efektif lapisan drainase ( $n_e$ ) dengan Gambar 2.34
- Hitung resultan kemiringan (*slope resultant*,  $S_R$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.71
- Hitung resultan panjang (*length resultant*,  $L_R$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.72
- Hitung faktor kemiringan (*slope factor*, ( $S_1$ )) dengan menggunakan Persamaan 2.67
- Tentukan nilai *time factor* dengan derajat kejenuhan 50% ( $T_{50}$ ) dari hasil perhitungan  $S_1$  berdasarkan pada Gambar 2.33
- Hitung faktor “ $m_d$ ” dengan menggunakan Persamaan 2.68
- Hitung nilai *Time-to-drain* ( $t$ ) dengan menggunakan Persamaan 2.66
- Dari nilai  $t$  yang diperoleh kemudian tentukan kualitas drainase dengan mengacu pada Tabel 2.37

- Nilai koefisien drainase  $m$  yang akan digunakan dalam perancangan ditentukan dari kualitas drainase hasil perhitungan di atas dan perkiraan persen waktu perkerasan yang dipengaruhi oleh air mendekati kondisi jenuh sesuai dengan Tabel 2.38

Tahapan perhitungan dalam penentuan koefien drainase pada perkerasan lentur disajikan pada Gambar 2.35

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada Tabel 2.37.

Tabel 2.37 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 : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase ( $m$ ) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) dan ketebalan ( $D$ ).

Tabel 2.38 memperlihatkan nilai koefisien drainase ( $m$ ) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

Tabel 2.38 Koefisien drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material untreated base dan *subbase*

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1--5 %	5--25 %	> 25 %
Baik sekali	1,40--1,35	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	0,95--0,75	0,75--0,40	0,40

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

#### 4) Kinerja Perkerasan

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal ( $IP_0$ ) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks pelayanan akhir ( $IP_t$ ) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan- jalan utama, indeks pelayanan akhir yang sebaiknya digunakan minimum 2,5; sedangkan untuk jalan- jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana ( $IP_t$ ), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.39.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.40 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) untuk beberapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.39 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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.40 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 (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

##### 5) Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

- CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah dasar dapat bervariasi antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

Setiap segmen mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai Manual for Design and Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980), yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F} \dots\dots\dots (2.76)$$

Keterangan :

CBRsegmen = Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBRmaksimum = Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRminimum = Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRrata-rata = Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F = Koefisien yang disajikan pada Tabel 2.40.

Tabel 2.41 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah titik pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
$\geq 10$	3,18

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Modulus resilien ( $M_R$ ) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil.

$$M_R (\text{psi}) = 1.500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2.77)$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan persamaan berikut ini.

$$M_R (\text{psi}) = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65} \dots \dots \dots (2.78)$$

6) Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.42.

Tabel 2.42 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (a)

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relatif			
	Modulus elastis		Stabili tas marsh al (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		
- Lapisantara modifikasi	3500 <sup>(5)</sup>	508	1000				0,36		
- Laston									
- lapis aus	3000 <sup>(5)</sup>	435	800				0,4		
- lapis antara	3200 <sup>(5)</sup>	464	800				0,344		
- lataston									
- lapis aus	2300 <sup>(5)</sup>	340	800				0,35		
2. lapis pondasi									
- lapispondasi 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>					0,29	
- lapis pondasi lataston	2400 <sup>(5)</sup>	350	800						
- lapispondasi lapen								0,19	
- CMRFB(Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,27	
Beton padat giling	5900	850		70 <sup>(3)</sup>				0,23	
CTB	5350	776		45				0,21	
CTRB	4450	645		35				0,17	
CTSB	4450	645		35				0,17	
CTRSB	4270	619		30				0,16	
Tanah semen	4000	580		24 <sup>(4)</sup>				0,145	

Tanah kapur	3900	566		20 <sup>(4)</sup>				0,14	
Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat kelas B	125	18				60			0,125
Agregat kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,08

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

**Keterangan :**

- 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.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- 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).

7) Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalulintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.43 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu intas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.43 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalulintas rencana dan kecepatan kendaraan

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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

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

#### 8) 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. Pada Tabel 2.44 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah.

Tabel 2.44 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	2,4	6,0
Lataston		
- 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 lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB ( <i>Cement Treated Base</i> )	6,0	15,0
- CTRB ( <i>Cement Treated Recycling Base</i> )	6,0	15,0
- CMRFB ( <i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i> )	6,0	15,0
- CTSB ( <i>Cement Treated Subbase</i> )	6,0	15,0
- CTRSB ( <i>Cement Treated Recycling Subbase</i> )	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kuru (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete (LC)</i>	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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

### 2.13.2 Prosedur Perencanaan Perkerasan Lentur

#### 1) Persamaan Dasar

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

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10}\left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \cdot \log_{10}(MR) - 8,07 \dots\dots\dots (2.79)$$

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

$W_{18}$  = 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.

$\Delta IP$  = 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)

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

## 2) Estimasi Lalu lintas

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

## 3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

## 4) 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.

## 5) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots (2.80)$$

Keterangan :

$a_1, a_2, a_3$  = 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 (inci) 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.

## 6) 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 :

- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.

- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- 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.
- 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.

## **2.14 Rencana Anggaran Biaya dan Manajemen Proyek**

Dalam merencanakan suatu proyek, adanya rencana anggaran biaya merupakan hal yang tidak dapat diabaikan. Rencana anggaran biaya disusun berdasarkan dimensi dari bangunan yang telah direncanakan secara detail, yang akan disusun secara rinci untuk mengetahui biaya pembangunan konstruksi tersebut. Rencana anggaran biaya meliputi rencana kerja dan syarat-syarat (RKS), perhitungan kuantitas pekerjaan, perhitungan sewa alat, rencana anggaran biaya (RAB), rekapitulasi biaya.

### **2.14.1 Daftar Harga Satuan Alat Dan Bahan**

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standart 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.

### **2.14.2 Analisa Satuan Harga Pekerjaan**

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dipasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapat dilokasi, dikumpulkan, dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

Analisa bahan suatu pekerjaan ialah menghitung banyaknya volume masing-masing bahan serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

### **2.14.3 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 stationing (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 station*) pada titik stationing, 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.

#### **2.14.4 Perhitungan Rencana Anggaran Biaya (RAB)**

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.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan dua cara sebagai berikut :

##### **1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)**

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi ( $m^2$ ) luas lantai. Anggaran biaya kasar dipakai sebagai pedoman terhadap

anggaran biaya yang dihitung secara teliti.

## 2) Anggaran Biaya Teliti

Yang dimaksud dengan anggaran biaya teliti, ialah anggaran biaya bangunan atau proyek yang dihitung dengan teliti dan cermat, sesuai dengan ketentuan dan syarat-syarat penyusunan anggaran biaya. Pada anggaran biaya kasar sebagaimana diuraikan terdahulu, harga satuan dihitung berdasarkan harga taksiran setiap luas lantai  $m^2$ . Taksiran tersebut haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

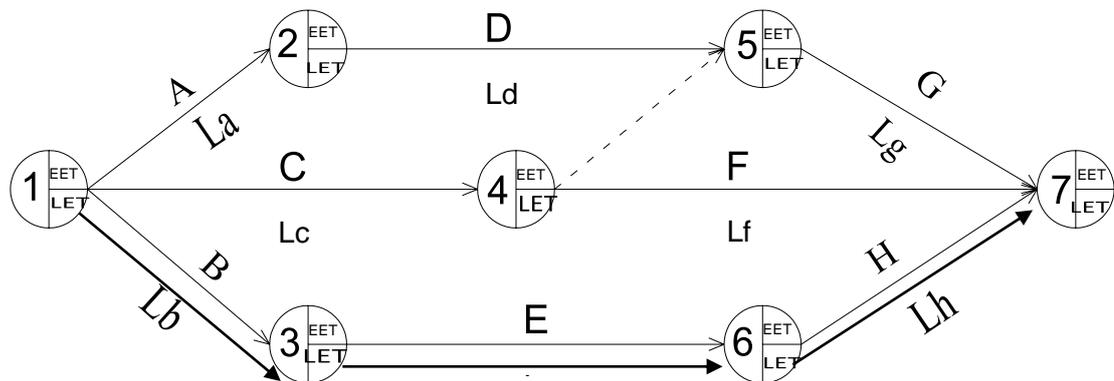
### **2.14.5 Rekapitulasi Biaya**

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya.

### **2.14.6 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.

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. 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, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



Gambar 2.35 Sketsa *Network Planning*  
(Wulfram I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*, 2002)

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) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu), dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.

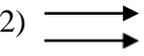
Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- 1) Urutan pekerjaan yang logis  
Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.
- 2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan  
Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

Sebelum menggambar diagram NWP ada beberapa hal yang perlu kita perhatikan, antara lain :

- 1) Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
- 2) Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
- 3) Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan bersama-sama.
- 4) Aktifitas-aktifitas itu di batasi mulai dan selesai.
- 5) Waktu, biaya dan *resources* yang dibutuhkan dari aktifitas-aktifitas itu kemudian mengikutinya.
- 6) Taksiran waktu penyelesaian setiap pekerjaan .Biasanya memakai waktu rata-rata berdasarkan pengalaman. Jika proyek itu baru sama sekali biasanya diberikan.
- 7) Kepala anak panah menjadi arah pedoman dari setiap kegiatan.
- 8) Besar kecilnya lingkaran juga tidak mempunyai arti dalam pengertian penting tidaknya suatu peristiwa.

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

- 1)  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan.
- 2)  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- 3)  ( *Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- 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. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.

### 2.14.7 Barchart

Diagram *barchart* mempunyai hubungan yang erat dengan network planning. Barchart ditunjukkan dengan diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

No.	Pekerjaan	Dur (Bln)	Vol.	Harga Satuan (Rp)	Harga Subtotal	Bobot (%)	Jangka Waktu Pelaksanaan											
							1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	Galian Tanah	3	2550	2500			█	█	█	█								
2	Galian Batu	3	525	4000				█	█	█	█							
3	Pas. Batu Kali	3,5	415	37500					█	█	█	█						
4	Beton Bertulang	2,5	35	175000						█	█	█	█					
5	Pas. Batu Bata	3	750	40000							█	█	█	█				
6	Timbunan	2	980	1500								█	█	█	█			
7	Plesteran	3	4785	2500									█	█	█	█		
8	Gebalan Rumput	1,5	8250	1750											█	█		
9	Pintu Besi	1	6	2250000													█	█
10	Sebkan	2	450	6250													█	█
			Tota	2521000														

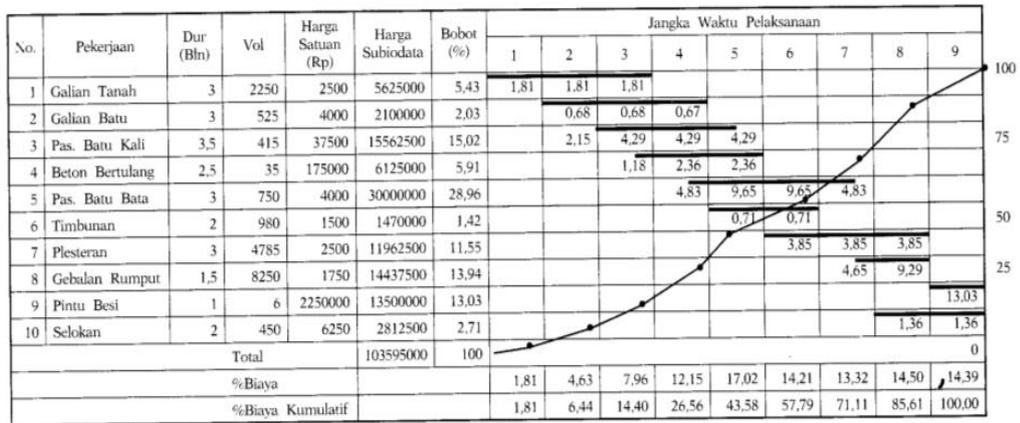
Gambar 2.36 Contoh Barchart Proyek

(Sumber : Irika Widiasanti & Lenggogeni, Manajemen Konstruksi, 2013)

### 2.14.8 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara harga pekerjaan dengan harga total keseluruhan dari jumlah harga penawaran.

Kurva S Rencana Pekerjaan Konstruksi Saluran Irigasi



Gambar 2.37 Contoh Kurva S Pekerjaan Konstruksi

(Sumber : Irika Widiasanti & Lenggogeni, Manajemen Konstruksi, 2013)