

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Jalan Tol**

Definisi jalan menurut UU No. 38 Tahun 2004, jalan adalah prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas, yang berada pada permukaan tanah, diatas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta diatas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel. Berdasarkan UU No. 38 Tahun 2004, jalan sesuai dengan peruntukannya terdiri atas jalan umum dan jalan khusus. Salah satu bagian dari jalan umum adalah jalan tol. Menurut PP No. 15 Tahun 2005, jalan tol adalah jalan umum yang merupakan bagian sistem jaringan jalan dan sebagai jalan nasional yang penggunanya diwajibkan membayar tol. Tol adalah sejumlah uang tertentu yang dibayarkan untuk penggunaan jalan tol. Jalan tol diselenggarakan untuk:

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

#### **2.2 Perancangan Geometrik Jalan**

Perancangan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalanyang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. (Ir. Hamirhan Saodang MSCE, 2010)

Geometri jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus:

- 1) memenuhi aspek-aspek keselamatan, keamanan, kenyamanan, dan kelancaran lalu lintas yang diperlukan;
- 2) mempertimbangkan aspek-aspek lalu lintas yang akan digunakan sebagai jalan tol, tingkat pengembangan jalan, standar desain, pemeliharaan, kelas dan fungsi jalan, dan jalan masuk/jalan keluar, serta simpang-susun;
- 3) memenuhi ketentuan standar geometri yang khusus dirancang untuk jalan bebas hambatan dengan sistem pengumpul tol;
- 4) mempertimbangkan faktor teknis, ekonomis, finansial, dan lingkungan;
- 5) memenuhi kelas dan spesifikasi yang lebih tinggi dan harus terkendali penuh dari jalan umum yang ada;
- 6) direncanakan untuk dapat melayani arus lalu lintas jarak jauh dengan mobilitas tinggi;
- 7) dilakukan dengan teknik sedemikian rupa sehingga terbentuk keserasian kombinasi antara alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal;
- 8) mempertimbangkan ketersediaan saluran samping yang memadai.

### **2.2.1 Standar Jalan**

#### **1. Klasifikasi Jalan Menurut Fungsi/Peranan**

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 dalam tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

<b>Fungsi Jalan</b>	<b>Jenis Angkutan Yang Dilayani</b>	<b>Jarak Perjalanan</b>	<b>Kecepatan Rata-Rata</b>	<b>Jumlah Jalan Masuk</b>
Arteri	Utama	Jauh	Tinggi	Dibatasi
Kolektor	Pengumpul atau Pembagi	Sedang	Sedang	Dibatasi

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

2. Klasifikasi Jalan Menurut kelas jalan berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan

Standar kelas jalan bebas hambatan untuk jalan tol berdasarkan penggunaan jalan dan kelancaran lalu lintas dan angkutan jalan dapat dilihat pada Tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Muatan Sumbu Terberat

<b>Kelas Jalan</b>	<b>Fungsi Jalan</b>	<b>Dimensi Kendaraan</b>			<b>Muatan Sumbu Terberat Yang Diizinkan (Ton)</b>
		<b>Maksimum Yang Diizinkan</b>			
		<b>Lebar (mm)</b>	<b>Panjang (mm)</b>	<b>Tinggi (mm)</b>	
I	Arteri dan Kolektor	2.500	18000	4.200	10
Khusus	Arteri	>2.500	>18.000	4.200	>10

(Sumber : Standar Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol , 2009)

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

### 2.2.2 Klasifikasi Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan Jalan	Notasi	Kemiringan Medan
Datar	D	< 10,0%
Perbukitan	B	10,0% – 25,0%
Datar	D	> 25,0%

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

### 2.2.3 Karakteristik Lalu Lintas

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau. Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada satu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik. Berikut adalah beberapa kriteria sebagai pertimbangan untuk mengoptimalkan hasil perencanaan, antara lain:

#### 1. Kendaraan Rencana

Golongan jenis kendaraan pada jalan tol berdasarkan Keputusan Menteri Pekerjaan Umum tahun 2007 adalah sebagai berikut:

- a. Golongan I : Sedan, Jip, Pick Up/Truk Kecil, Mini Bus
- b. Golongan II : Kendaraan dengan 2 (dua) gandar
- c. Golongan III : Kendaraan dengan 3 (tiga) gandar
- d. Golongan IV : Kendaraan dengan 4 (empat) gandar
- e. Golongan V : Kendaraan dengan 5 (lima) gandar

Tabel dimensi kendaraan berdasarkan jenis kendaraan rencana dapat dilihat pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan

Jenis Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (m)			Dimensi Tonjolan (m)		Radius Putar Minimum (m)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	
Mobil Penumpang	1,3	2,1	5,8	0,9	1,5	7,31
Bus	3,2	2,4	10,9	0,8	3,7	11,86
Truk 2 as	4,1	2,4	0,2	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,2009)

## 2. Jumlah Lajur

Standar minimal jumlah lajur adalah 2 (dua) lajur per arah atau 4/2 D dan ditentukan berdasarkan tipe alinyemen pada Tabel 2.5 berikut ini.

Tabel 2.5 Tipe Alinyemen

Tipe Alinyemen	Arus Lalu Lintas Per Arah (kend/jam)	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,2009)

Untuk prakiraan volume lalu lintas yang dinyatakan dalam kendaraan/jam sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Jumlah Lajur Berdasarkan Arus Lalu Lintas

<b>Tipe Alinyemen</b>	<b>Arus Lalu Lintas Per Arah (kend/jam)</b>	<b>Jumlah Lajur (Minimal)</b>
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, 2009)

### 3. Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (VHLR)

Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata (VHLR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari. Satuan mobil penumpang, (smp) adalah unit satuan kendaraan ringan (termasuk penumpang) dengan menggunakan emp.

#### a. Ekuivalensi Mobil Penumpang (emp)

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

Tabel 2.7 Ekuivalensi Mobil Penumpang

<b>Tipe Alinyemen</b>	<b>Arus Lalu Lintas Per Arah (kend/jam)</b>		<b>emp</b>		
	<b>4/2 D</b>	<b>6/2 D</b>	<b>MHV</b>	<b>LB</b>	<b>LT</b>
Datar	2.250	3.400	1,6	1,7	2,5
	$\geq 2.800$	$\geq 4.150$	1,3	1,5	2,0
Perbukitan	1.700	2.600	2,2	2,3	4,3
	$\geq 2.250$	$\geq 3.300$	1,8	1,9	3,5
Pegunungan	1.450	2.150	2,6	2,9	4,8
	$\geq 2.000$	$\geq 3.000$	2,0	2,4	3,8

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

Keterangan:

a) LV (Kendaraan Ringan)

Kendaraan bermotor ber as dua dengan 4 (empat) roda dan dengan jarak as 2,0 m - 3,0 m (meliputi: mobil penumpang, oplet, mikrobis, pick-up dan truk kecil)

b) MHV (Kendaraan Berat Menengah)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 m - 5,0 m (termasuk bis kecil, truk dua as dengan enam roda)

c) LT (Truk Besar)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi dengan jarak gandar < 3,5 m

d) LB (Bis Besar)

Bis dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 m - 6,0 m.

b. Volume Jam Rencana (VJR)

Perkiraan volume lalu lintas selama umur rencana jalan yang diperlukan disebut volume jam rencana (VJR). Volume Jam Rencana dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

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

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)

c. 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. Karakteristik operasi terkait untuk tingkat pelayanan di jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.8 berikut ini.

Tabel 2.8 Standar Pelayanan dan Karakteristik Operasi

<b>Tipe Pelayanan</b>	<b>Karakteristik Operasi Terkait</b>
A	1. Arus bebas 2. Volume pelayanan 1400 smp/jam pada 2 lajur 1 arah
B	1. Arus stabil dengan kecepatan tinggi 2. Volume pelayanan maksimal 2000 smp/jam pada 2 lajur 1 arah
C	1. Arus masih stabil 2. Volume pelayanan pada 2 lajur 1 arah < 75% kapasitas 3. Lajur (yaitu 1500 smp/jam/lajur atau 3000 smp/jam untuk 2 lajur)

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

#### d. Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu.

Kapasitas menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai dengan kondisi jalan (sesuai dengan lebar lajur, kebebasan samping, kelandaian, dll).

$$C = C_o \times FC_w \times FC_{sp} \times FC_{sf} \dots\dots\dots(2.2)$$

dimana:

$C$  = Kapasitas (SMP/jam)

$C_o$  = Kapasitas dasar (SMP/jam), biasanya digunakan 2300 smp/jam

$FC_w$  = Faktor penyesuaian lebar jalan

$FC_{SP}$  = Faktor penyesuaian pemisah arah (hanya untuk jalan tak terbagi)

$FC_{SF}$  = Faktor penyesuaian hambatan samping dan bahu jalan

Berikut ini adalah berbagai faktor-faktor yang berpengaruh pada nilai kapasitas jalan, terbagi dalam Tabel 2.9 sampai Tabel 2.12.

Tabel 2.9 Kapasitas Dasar pada Jalan Luar Kota 4/2 (D)

<b>Tipe jalan/Tipe Alinyemen</b>	<b>Kapasitas Dasar Total Kedua Arah (smp/jam)</b>
Jalan empat lajur terbagi	3100
Jalan empat lajur tidak terbagi	3000
Jalan dua lajur tidak terbagi	2900

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Lebar Bahu (FCw)

<b>Tipe Jalan</b>	<b>Lebar efektif jalur lalu lintas (Wc) (m)</b>	<b>FCw</b>
Empat-lajur terbagi Enam-lajur terbagi	Per lajur	
	3,0	0,91
	3,25	0,96
	3,50	1,00
Empat-lajur tak terbagi	3,75	1,03
	Per lajur	
	3,00	0,91
	3,25	0,96
Dua-lajur tak terbagi	3,50	1,00
	3,75	1,03
	Total kedua arah	
	5	0,69
	6	0,91
	7	1,00
	8	1,08
9	1,15	
	10	1,21
	11	1,27

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.11 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Pemisahan Arah ( $FC_{SP}$ )

Pemisahan arah SP %-%		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30
$FC_{SP}$	Dua-lajur 2/2	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
	Empat-lajur 4/2	1,00	0,975	0,95	0,925	0,90

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.12 Faktor Penyesuaian Kapasitas Akibat Hambatan Samping

Tipe jalan	Kelas hambatan samping	Faktor penyesuaian akibat hambatan samping ( $FC_{SF}$ )			
		Lebar bahu efektif $W_s$			
		$\leq 0,5$	1,0	1,5	$\geq 2,0$
4/2 D	VL	0,99	1,00	1,01	1,03
	L	0,96	0,97	0,99	1,01
	M	0,93	0,95	0,96	0,99
	H	0,90	0,92	0,95	0,97
	VH	0,88	0,90	0,93	0,96
2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
4/2 UD	L	0,93	0,95	0,97	1,00
	M	0,88	0,91	0,94	0,98
	H	0,84	0,87	0,91	0,95
	VH	0,80	0,83	0,88	0,93

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

#### e. Derajat Kejenuhan (DS)

Derajat kejenuhan didefinisikan sebagai rasio arus terhadap yang digunakan sebagai faktor kunci dalam penentuan perilaku lalu-lintas pada suatu simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan akan menimbulkan masalah kapasitas atau tidak. Nilai DS ideal adalah tidak lebih dari 0,80. Rumus yang digunakan:



#### A. Ruang Manfaat Jalan

Ruang manfaat jalan diperuntukkan bagi median, perkerasan jalan, jalur pemisah, bahu jalan, saluran tepi jalan, lereng, ambang pengaman, timbunan, galian, gorong-gorong, perlengkapan jalan dan bangunan pelengkap jalan. Ruang manfaat jalan bebas hambatan untuk jalan tol harus mempunyai lebar dan tinggi ruang bebas serta kedalaman sebagai berikut:

- 1) lebar ruang bebas diukur di antara 2 (dua) garis vertikal batas bahu jalan;
- 2) tinggi ruang bebas minimal 5 (lima) meter di atas permukaan jalur lalu lintas tertinggi;
- 3) kedalaman ruang bebas minimal 1,50 meter di bawah permukaan jalur lalu lintas terendah.

#### B. Ruang Milik Jalan

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:

- 1) Lebar dan tinggi ruang bebas ruang milik jalan minimal sama dengan lebar dan tinggi ruang bebas ruang manfaat jalan.
- 2) 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.
- 3) Lahan pada ruang milik jalan diberi patok tanda batas sekurang-kurangnya satu patok setiap jarak 100 meter dan satu patok pada setiap sudut serta diberi pagar pengaman untuk setiap sisi.
- 4) Pada kondisi jalan tol layang, perlu diperhatikan ruang milik jalan di bawah jalan tol.

#### C. Ruang Pengawasan Jalan

Ruang pengawasan jalan diperuntukkan bagi pandangan bebas pengemudi dan diawasi oleh penyelenggara jalan agar tidak mengganggu

pandangan bebas pengemudi konstruksi jalan. Batas ruang pengawasan jalan bebas hambatan untuk jalan tol adalah 40 meter untuk daerah perkotaan dan 75 meter untuk daerah antar kota, 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 prasaranan dan fungsinya. standar ukuran dimensi minimum dari Rumaja, Rumija, dan Ruwasja jalan bebas hambatan untuk jalan tol dapat dilihat pada Tabel 2.14

Tabel 2.14 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		5,0	5,0	
	Kedalaman		1,50	1,50	
RUMIJA			Jalan Tol		
		JBH	Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan
	Lebar	30	40	30	20
RUWASJA			Jalan Tol		
		JBH	Antarkota	Perkotaan	Layang/ Terowongan
	Lebar	30	40	30	20

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

## 2.4 Penampang Melintang

### A. Lebar Lajur Jalan dan Bahu Jalan

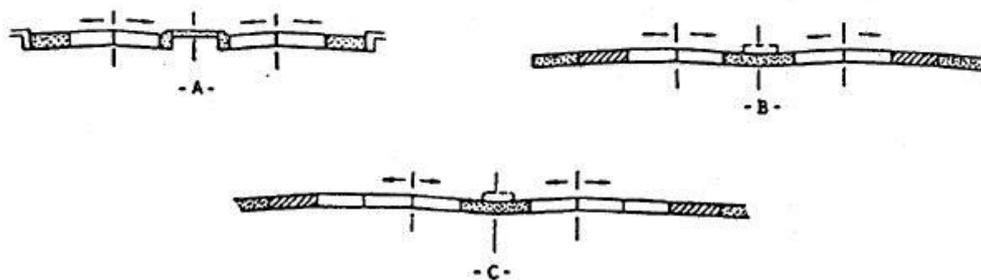
Lebar lajur dan lebar bahu jalan ditentukan berdasarkan lokasi jalan tol dan kecepatan rencana. Lebar lajur dan bahu jalan dapat dilihat pada Tabel 2.15.

Tabel 2.15 Lebar Lajur dan Bahu Jalan Tol

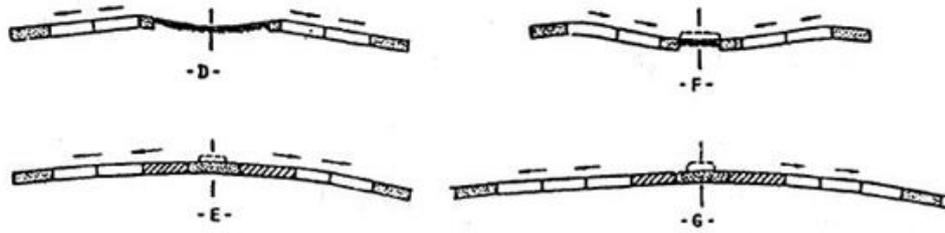
Lokasi Jalan Tol	V <sub>R</sub> (km/jam)	Lebar Lajur (m)		Lebar Bahu Diperkeras		Lebar Bahu Dalam Diperkeras (m)
		Minimal	Ideal	Minimal	Ideal	
Antarkota	120	3,60	3,75	3,00	3,50	1,50
	100	3,60	3,60	3,00	3,50	1,50
	80	3,60	3,60	3,00	3,50	1,00
Perkotaan	100	3,50	3,60	3,00	3,50	1,00
	80	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50
	60	3,50	3,50	2,00	3,50	0,50

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

Kemiringan melintang jalur lalu lintas dapat dilakukan secara 1 (satu) arah atau 2 (dua) arah untuk masing-masing jalurnya, Kemiringan melintang normal lajur lalu lintas adalah 2-3% dan bahu jalan 3-5%, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.2 dan 2.3 berikut.



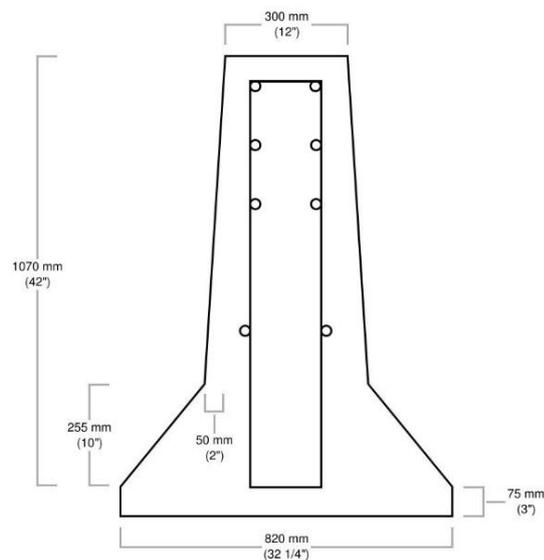
Gambar 2.2 Kemiringan Melintang 2 Arah Pada Tiap Lajur



Gambar 2.3 Kemiringan Melintang 1 Arah pada Tiap Jalur

### B. Median

Median atau pemisah tengah merupakan bangunan yang berfungsi memisahkan arus lalu lintas berlawanan arah. Tipe standar median yang dapat digunakan yaitu median *concrete barrier*, yaitu penghalang memanjang yang berfungsi sebagai pengaman. Median *concrete barrier* ada 2 jenis yaitu tipe standar dengan tinggi 81,28 cm dan tipe “*high*” dengan tinggi 106,68cm.



Gambar 2.4 Median *Concrete Barrier*

Lebar median jalan harus memenuhi ketentuan tabel berikut.

Tabel 2.16 Perencanaan Median Jalan Tol

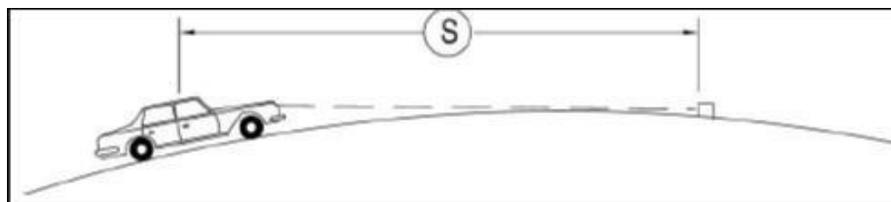
Lokasi Jalan Tol	Lebar Median (m)		Keterangan
	Minimal	Konstruksi Bertahap	
Antarkota	5,50	13,00	Diukur dari garis tepi dalam lajur lalu lintas
Perkotaan	3,00	10,00	

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

## 2.5 Jarak Pandang dan Kebebasan Samping

### 2.5.1 Jarak Pandang

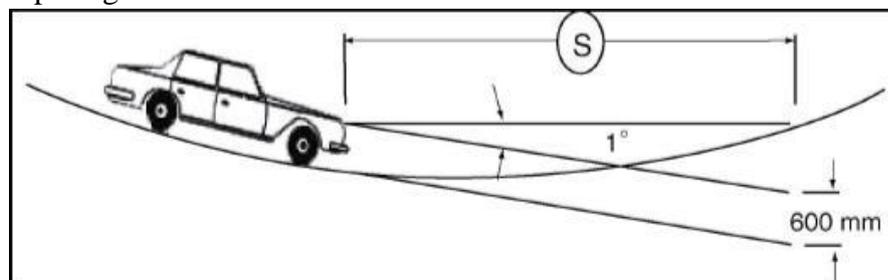
Jarak pandang (S) diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 108 cm dan tinggi halangan 60 cm diukur dari permukaan jalan. Setiap bagian jalan harus memenuhi jarak pandang, pada lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.5 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cembung

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

Untuk jarak pandang henti pada lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.6 Jarak Pandang Henti pada Lengkung Vertikal Cekung

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 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:

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

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + 0,039 \frac{V_R^2}{a} \dots \dots \dots (2.4)$$

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

$$S_s = 0,278 \times V_R \times T + \frac{V_R^2}{254 \left[ \left( \frac{a}{9,81} \right) \pm G \right]} \dots \dots \dots (2.5)$$

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 (%)

$S_s$  minimum yang dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai  $V_R$  dapat dilihat pada tabel 2.17

Tabel 2.17 Jarak Pandang Henti Minimum

$V_R$ (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
120	83,3	163,4	246,7	250

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

$S_s$  minimum dengan kelandaian yang dihitung berdasarkan rumus di atas untuk berbagai  $V_R$  dapat dilihat pada tabel 2.18.

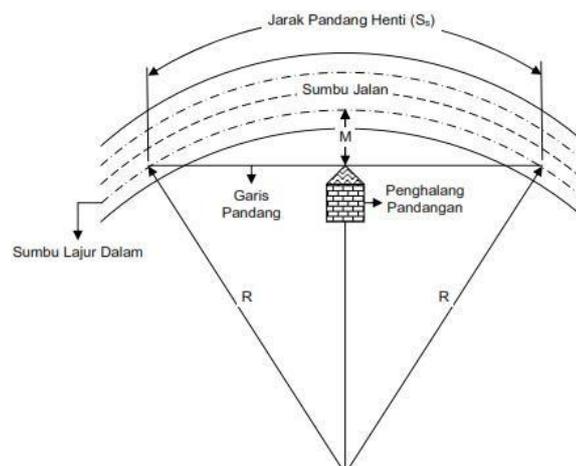
Tabel 2.18 Jarak Pandang Henti ( $S_s$ ) Minimum

$V_R$ (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 : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

### 2.5.2 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Daerah bebas samping di tikungan dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh  $M$  (meter), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan jarak pandang henti dipenuhi. Ilustrasi dari daerah bebas samping di tikungan dapat dilihat pada gambar 2.7 sebagai berikut :



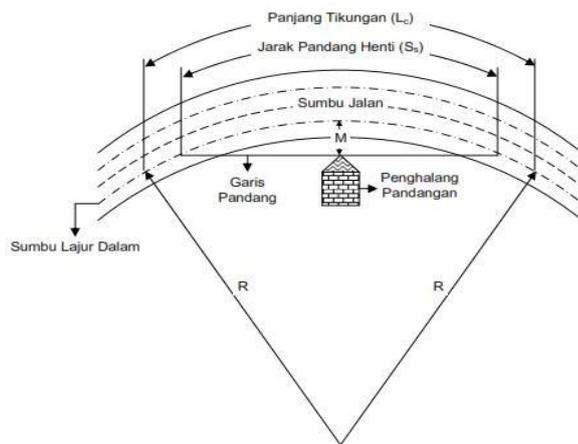
Gambar 2.7 Diagram Ilustrasi Komponen untuk Menentukan Daerah Bebas Samping

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

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

- a) Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang tikungan ( $SS < LS$ ) seperti pada gambar 2.8

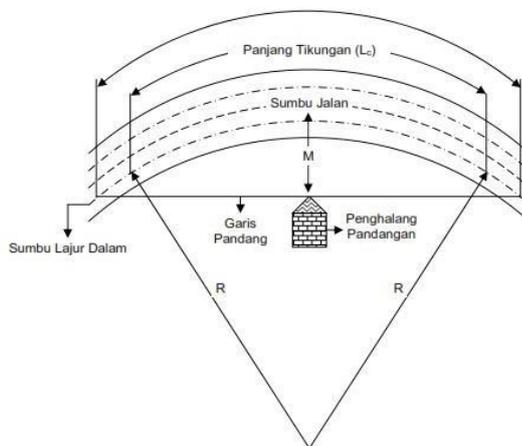
$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90SS}{\pi R} \right) \right] \dots\dots\dots(2.6)$$



Gambar 2.8 Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $Ss < Lc$   
 (Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

- b) Jika jarak pandang lebih besar dari panjang tikungan ( $SS > LC$ ) seperti pada gambar 2.9

$$M = R \left[ 1 - \cos \left( \frac{90Lc}{\pi R} \right) \right] + 0,5 (Ss - Lc) \sin \left( \frac{90Lc}{\pi R} \right) \dots\dots\dots(2.7)$$



Gambar 2.9 Diagram Ilustrasi Daerah Bebas Samping di Tikungan untuk  $Ss > Lc$   
 (Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

Keterangan :

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

R : jari-jari sumbu lajur dalam (m) Ss : jarak pandang henti (m)

Lc : panjang tikungan (m)

## 2.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen adalah proyeksi dari sumbu jalan pada bidang horizontal. Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu : bagian lurus, dan bagian lengkung atau umum disebut tikungan yang terdiri dari tiga jenis yang digunakan, yaitu;

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

### 2.6.1 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  $V_R$ ). Panjang bagian lurus ditetapkan menurut Tabel 2.19 sebagai berikut.

Tabel 2.19 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

### 2.6.2 Jari-Jari Minimum

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

$$R_{\min} = \frac{V_R^2}{(e_{\max} + f_{\max})} \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

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

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)

$e_{\max}$  = superelevasi maksimum (%)

$f_{\max}$  = koefisien gesek maksimum untuk perkerasan aspal

Besaran nilai superelevasi maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.16 berikut.

Tabel 2.20 Superelevasi Maksimum Berdasarkan Tata Guna Lahan dan Iklim

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

(Sumber : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

Besaran nilai koefisien gesek maksimum, ditentukan menggunakan tabel 2.21 berikut.

Tabel 2.21 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 : Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

Hasil perhitungan  $R_{\min}$  ditampilkan pada tabel 2.22 berikut.

Tabel 2.22 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	669,5	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, 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  $R_{\min}$ . ( $R_c \geq R_{\min}$ ).

### 2.6.3 Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung transisi pada alinyemen horizontal dan sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh

secara berangsur-angsur. Pada lengkung peralihan, perubahan kecepatan dapat terjadi secara berangsur-angsur serta memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan (perubahan kemiringan melintang secara berangsur-angsur). Panjang lengkung Peralihan ( $L_s$ ) menurut Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009, dapat juga diambil dari nilai terbesar dari tiga persamaan di bawah ini:

1. Berdasarkan Waktu Perjalanan melintasi Lengkung Peralihan (2 detik)  

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.9)$$

Nilai  $L_s$  juga dapat dilihat pada Tabel 2.23 berikut.

Tabel 2. 23  $L_s$  min Berdasarkan Waktu Perjalanan

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

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

Keterangan :

$V_R$ : Kecepatan Rencana (km/jam)

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

2. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

$$L_s = \frac{(e_m - e_n) V_R}{3,6 r_e} \dots\dots\dots (2.10)$$

Keterangan :

$e_m$  : superelevasi maksimum (%)

$e_n$  : superelevasi normal (%)

$V_R$ : Kecepatan Rencana (km/jam)

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

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

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

Tabel 2.24  $L_s$  min Berdasarkan Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Jalan

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

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

3. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_S = \frac{0,0214V_R^3}{R_C} \dots\dots\dots (2.11)$$

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>

4. Berdasarkan tingkat perubahan kelandaian relatif

$$L_s = \frac{(wn_1)e_d}{\Delta} (b_w) \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan :

$w$  : Lebar satu lajur lalu lintas (m)

$e_d$  : Superelevasi rencana (%)

$n_1$  : Jumlah lajur yang diputar (tabel 2.25)

$b_w$  : Faktor penyesuaian jumlah lajur diputar

$\Delta$  : Tingkat perubahan kelandaian relatif (m/m) (tabel 2.26)

Tabel 2.25 Faktor Penyesuaian Jumlah Lajur Diputar

$n_1$	<b>1</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>
$b_w$	1,00	0,83	0,75

Tingkat perubahan kelandaian relatif ( $\Delta$ ) dari bentuk kemiringan normal ke bentuk kemiringan superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $\Delta$  maksimum yang ditetapkan seperti pada tabel 2.6 berikut.

Tabel 2.26 Tingkat Perubahan Kelandaian Melintang Maksimum

<b><math>V_R</math> (km/jam)</b>	<b><math>\Delta</math> (m/m)</b>
120	1/263
100	1/227
80	1/200
60	1/167

#### 2.6.4 Jenis Tikungan

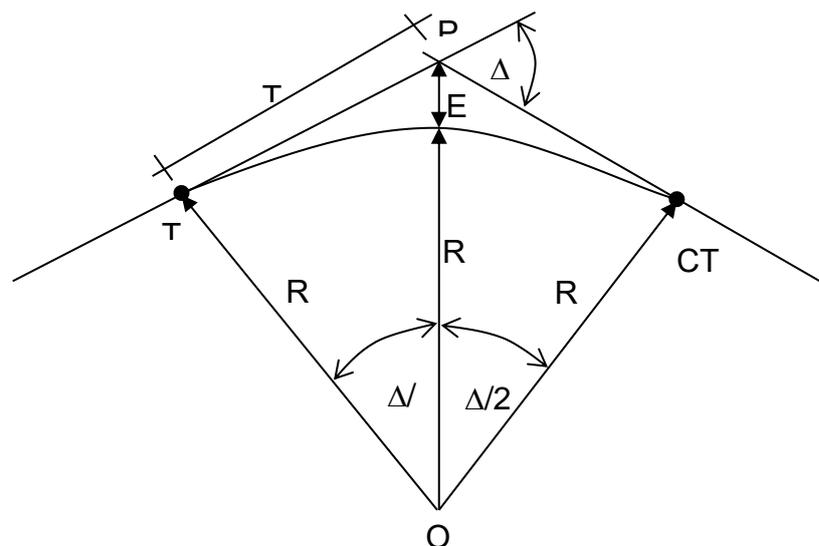
1. *Full Circle* (F-C)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna

jalan, dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- a) Lengkung peralihan
- b) Kemiringan melintang (superelevasi)
- c) Pelebaran perkerasan jalan
- d) Kebebasan samping

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengemudi dan kendaraannya, namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.



Gambar 2.10 Tikungan *Full Circle*

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

Keterangan :

- $\Delta$  : sudut tikungan
- O : titik pusat lingkaran
- $T_C$  : panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
- $R_C$  : jari-jari lingkaran
- $L_C$  : panjang busur lingkaran

$E_c$  : jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

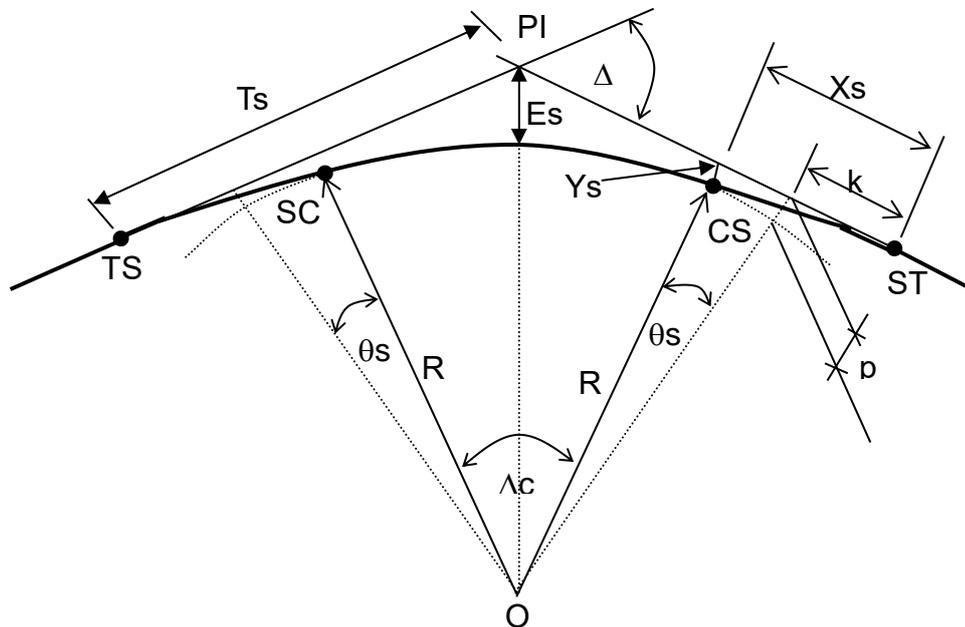
$$Tc = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots(2.13)$$

$$Ec = \frac{R}{\cos \frac{\Delta}{2}} - R \dots\dots\dots(2.14)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} 2\pi R \dots\dots\dots(2.15)$$

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

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



Gambar 2.11 Tikungan *Spiral – Circle – Spiral (SCS)*

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

Keterangan :

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

lengkung peralihan)

$Y_s$  : ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung

$L_s$  : pada lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)

$L_c$  : pada busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

$T_s$  : titik dari tangen ke spiral

SC : titik dari spiral ke lingkaran

$E_s$  : jarak dari PI ke busur lingkaran

$\theta_s$  : sudut lengkung spiral

$R_c$  : jari-jari lingkaran

$p$  : pergeseran tangen terhadap spiral

$k$  : absis dari  $p$  pada garis tangen spiral

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \frac{L_s}{R_c} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \dots\dots\dots(2.17)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{360} 2\pi R \dots\dots\dots(2.18)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$X_s = L_s \left[ 1 - \frac{L_s^2}{40R_c^2} \right] \dots\dots\dots(2.20)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$k = L_s - \frac{L_s}{40 \cdot R^2} - R \sin \theta_s \dots\dots\dots(2.22)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots(2.23)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

$X_s$  : absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).

- $Y_s$  : Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m).  
 $L_s$  : Panjang lengkung peralihan (m).  
 $L_c$  : Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).  
 $T_s$  : Panjang tangen (titik P1 ke TS atau ke ST) (m).  
 $E_s$  : jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m).  
 $\Delta$  : sudut tikungan ( $^\circ$ ).  
 $\Delta_c$  : sudut lengkung *circle* ( $^\circ$ ).  
 $\theta_s$  : sudut lengkung *spiral* ( $^\circ$ ).  
 $SC$  : Titik dari spiral ke lingkaran (m).  
 $R$  : Jari-jari lingkaran (m).  
 $P$  : Pergeseran tangen terhadap spiral (m).  
 $k$  : Absis dari p pada garis tangen spiral (m).  
 $L$  : Panjang tikungan SCS (m).

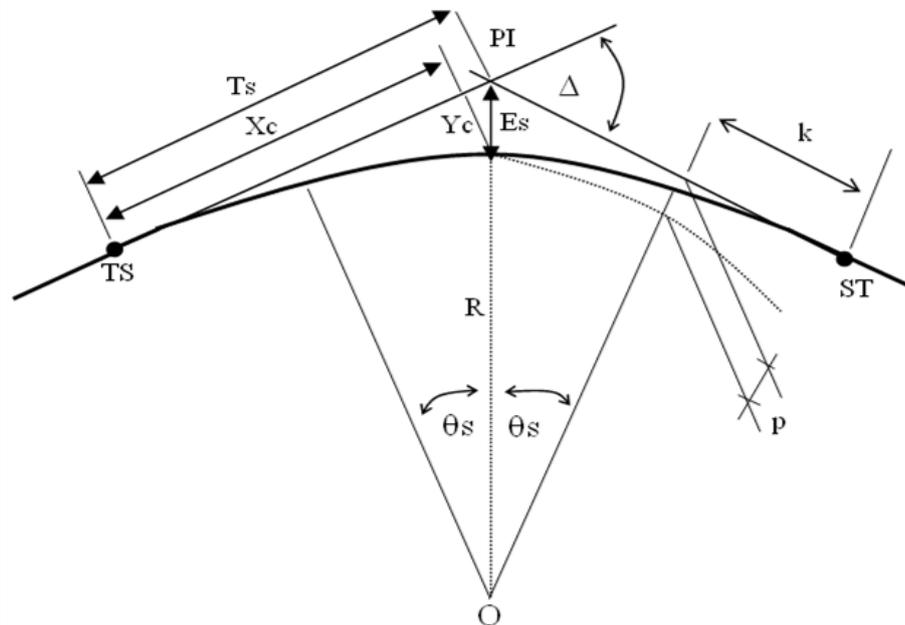
Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS, tetapi gunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika p yang dihitung dengan rumus;

$$p = \frac{L_s^2}{24 R_c} < 0.25 \text{ m} \dots \dots \dots (2.26)$$

maka gunakan tikungan jenis FC.

### 3. *Spiral-Spiral (S-S)*

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Jenis tikungan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.12 Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

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

Keterangan :

- $X_s$  : absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SC (jarak lurus lengkung peralihan)
- $Y_s$  : ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung
- $L_s$  : pada lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)
- $L_c$  : pada busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)
- $T_s$  : titik dari tangen ke spiral
- SC : titik dari spiral ke lingkaran
- $E_s$  : jarak dari PI ke busur lingkaran
- $\theta_s$  : sudut lengkung spiral
- $R_c$  : jari-jari lingkaran
- $p$  : pergeseran tangen terhadap spiral
- $k$  : absis dari  $p$  pada garis tangen spiral

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, L_c = 0 \dots \dots \dots (2.27)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2\theta_s \text{ atau } L_s = \frac{\theta_s R}{28,648} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots \dots \dots (2.29)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots \dots \dots (2.30)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \dots \dots \dots (2.31)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6R} \dots \dots \dots (2.32)$$

$$k = k^* \cdot L_s \dots \dots \dots (2.33)$$

$$p = p^* \cdot L_s \dots \dots \dots (2.34)$$

Keterangan:

$X_s$  : absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).

$Y_s$  : Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m).

$L_s$  : Panjang lengkung peralihan (m).

$L_c$  : Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).

$T_s$  : Panjang tangen (titik P1 ke TS atau ke ST) (m).

$E_s$  : jarak dari PI ke puncak busur lingkaran (m).

$\Delta$  : sudut tikungan ( $^\circ$ ).

$\Delta_c$  : sudut lengkung *circle* ( $^\circ$ ).

$\theta_s$  : sudut lengkung *spiral* ( $^\circ$ ).

SC : Titik dari spiral ke lingkaran (m).

R : Jari-jari lingkaran (m).

P : Pergeseran tangen terhadap spiral (m).

k : Absis dari p pada garis tangen spiral (m).

L : Panjang tikungan SCS (m).

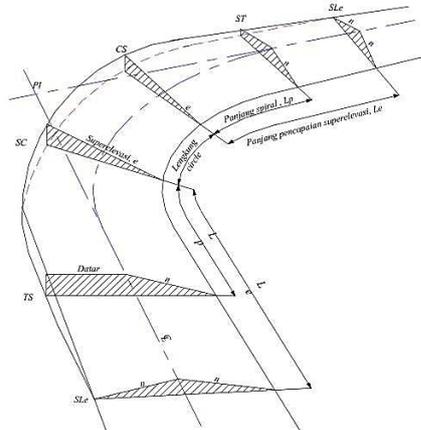
### 2.6.5 Superelevasi

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 %.

### 1. Pencapaian Superelevasi

Pencapaian superelevasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.13 Metoda Pencapaian Superelevasi pada Tikungan

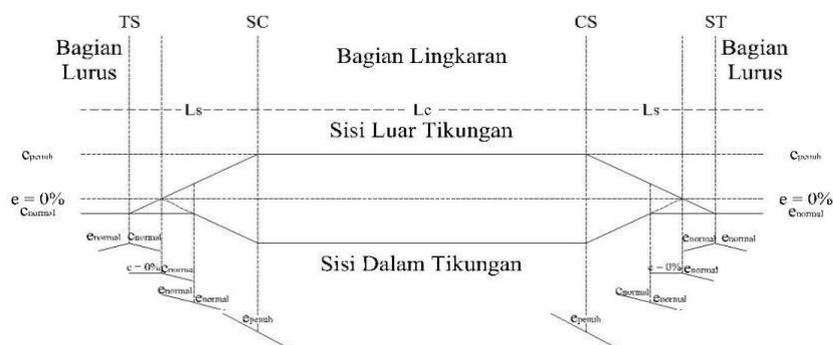
(Sumber : Geometri Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, 2009)

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan lurus sampai ke superelevasi penuh pada bagian lengkung

### 2. Diagram Superelevasi

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

Gambar diagram superelevasi tikungan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

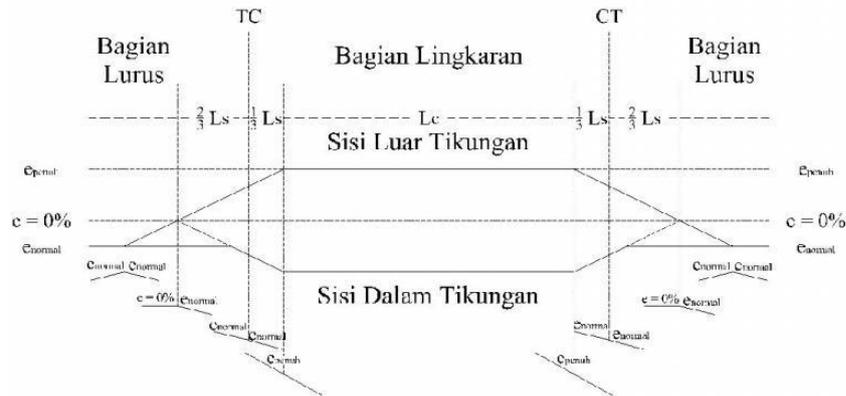


Gambar 2.14 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS

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

b. Tikungan *Full Circle* (FC)

Gambar diagram superelevasi tikungan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

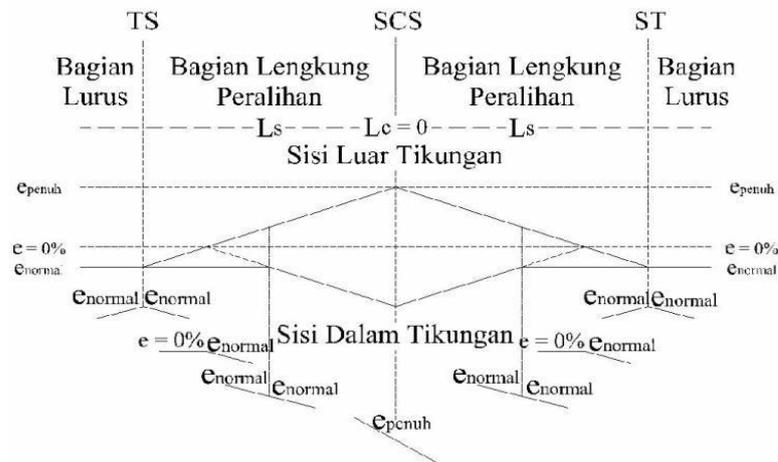


Gambar 2.15 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC

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

c. Tikungan Spiral Spiral (SS)

Gambar diagram superelevasi tikungan ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

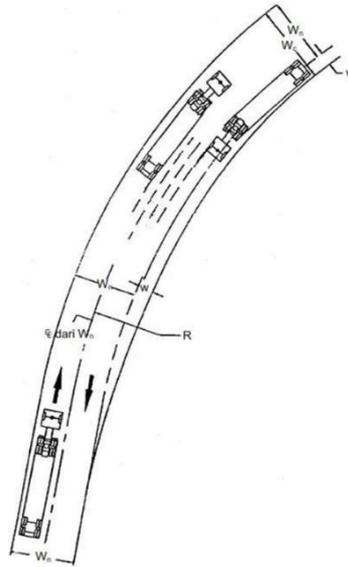


Gambar 2.16 Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS

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

### 2.7.6 Pelebaran Perkerasan pada Tikungan

Gambar pada pelebaran perkerasan dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.17 Pelebaran Jalur Lalu Lintas Tikungan

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

Pelebaran perkerasan pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan kondisi pelayanan operasional lalu lintas di bagian tikungan, sehingga sama dengan pelayanan operasional di bagian jalan yang lurus. Pada jalan bebas hambatan untuk jalan tol, dimana perencanaan tikungan sedapat mungkin menggunakan jari-jari tikungan yang besar, pelebaran jalur lalu lintas tidaklah signifikan. Akan tetapi pada perencanaan ramp yang berbentuk loop, pelebaran jalur lalu lintas di tikungan harus diperhatikan, sesuai dengan rumus berikut :

$$W = W_c - W_n \dots \dots \dots (2.35)$$

Keterangan :

W : Pelebaran jalan pada tikungan (m)

W<sub>c</sub> : Lebar jalan pada tikungan (m)

W<sub>n</sub> : Lebar jalan pada jalan lurus (m)

Nilai pelebaran jalan lalu lintas juga dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.27 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

R (m)	V <sub>R</sub> = 120 km/jam		V <sub>R</sub> = 100 km/jam		V <sub>R</sub> = 80 km/jam		V <sub>R</sub> = 60 km/jam	
	W <sub>c</sub> (m)	Pelebaran, W (m)	W <sub>c</sub> (m)	Pelebaran, W (m)	W <sub>c</sub> (m)	Pelebaran, W (m)	W <sub>c</sub> (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 <sub>min</sub> = 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 <sub>min</sub> = 365 m		7,88	0,68	7,77	0,57
250					8,02	0,82	7,89	0,69
200					R <sub>min</sub> = 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 <sub>min</sub> = 110 m	

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

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

## 2.7 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. Komposisi penampang

melintang jalan bebas hambatan untuk jalan tol terdiri dari: jalur lalu lintas, median dan jalur tepian, bahu, rel pengaman, saluran samping, lereng/talud.

### 2.7.1 Kelandaian Maksimum

Pembatasan kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum jalan harus memenuhi tabel dibawah ini.

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, 2009)

### 2.7.2 Panjang Landai Kritis

Panjang landai kritis yaitu panjang landai maksimum dimana kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa, yang ditetapkan atas dasar besarnya landai (tanjakan) dan penurunan kecepatan kendaraan berat sebesar 15 km/jam. Panjang kritis ditetapkan dari tabel 2.29 sebagai berikut

Tabel 2.29 Panjang Landai Kritis

$V_R$ (km/jam)	Landai (%)	Panjang Landai Kritis (m)
120	3	800
	4	500
	5	400

Lanjutan Tabel 2.29 Panjang Landai Kritis

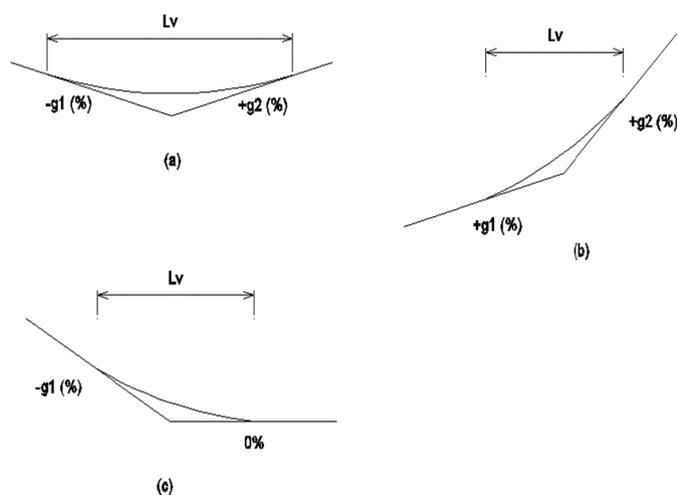
<b>V<sub>R</sub></b> <b>(km/jam)</b>	<b>Landai</b> <b>(%)</b>	<b>Panjang Landai Kritis</b> <b>(m)</b>
100	4	700
	5	500
	6	400
80	5	600
	6	500
60	6	500

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

### 2.7.3 Lengkung Vertikal

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

- a. Lengkung vertikal cekung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan. Berikut adalah gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.18 Lengkung Vertikal Cekung

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

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

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

$$L = \frac{AS^2}{120+3,5S} \dots\dots\dots(2.36)$$

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

$$L = 2S - \frac{120+3,5S}{A} \dots\dots\dots(2.37)$$

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 2.30 berikut.

Tabel 2.30 Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

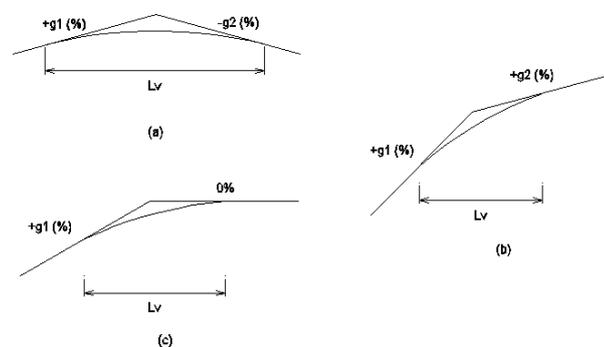
Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		536	353	208
11,0		491	324	191
10,0		446	294	174
9,0		402	265	156

Lanjutan Tabel 2.30 Panjang Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cekung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
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, 2009)

- b. Lengkung vertikal cembung, adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Berikut adalah gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.19 Lengkung Vertikal Cembung

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

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

- a) jika jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S < L$ ), seperti pada gambar 2.25

$$L = \frac{AS^2}{658} \dots\dots\dots(2.38)$$

- b) jika jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung ( $S > L$ ), seperti pada gambar 2.26

$$L = 2S - \frac{658}{A} \dots\dots\dots(2.39)$$

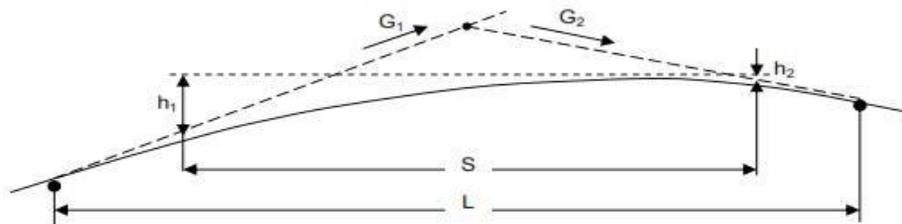
Keterangan :

L : panjang lengkung vertikal (m)

A : perbedaan aljabar landai (%)

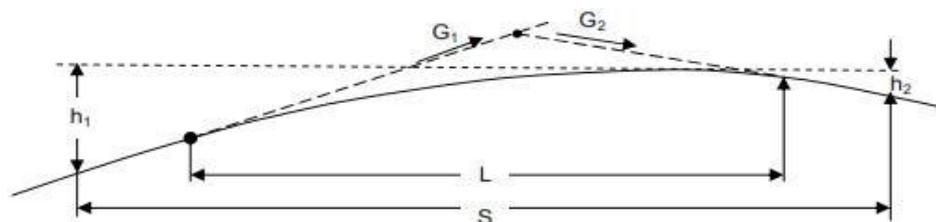
S : jarak pandang henti (m)

Jarak pandang henti lebih kecil dari panjang lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.25 dan jarak pandang henti lebih besar dari panjang lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.26 berikut.



Gambar 2.20 Jarak Pandang Henti Lebih Kecil dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung

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



Gambar 2.21 Jarak Pandang Henti Lebih Besar dari Panjang Lengkung Vertikal Cembung

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

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 berikut.

Tabel 2.31 Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

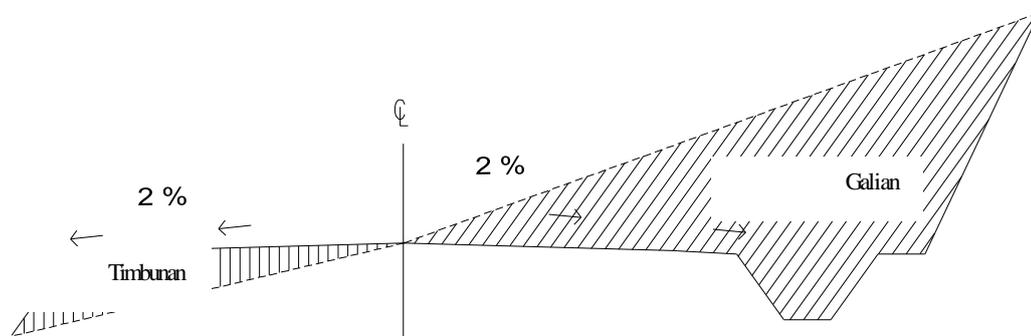
Perbedaan Aljabar Landai (%)	Panjang Lengkung Vertikal Cembung (m)			
	$V_R = 120$ km/jam	$V_R = 100$ km/jam	$V_R = 80$ km/jam	$V_R = 60$ km/jam
12,0		625	309	132
11,0		573	283	121
10,0		521	257	110
9,0		469	232	99
8,0	760	417	206	88
7,0	665	365	180	76
6,0	570	313	155	61
5,0	475	261	129	39
4,0	380	209	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., 2009)

## 2.8 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam suatu perencanaan jalan, usahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Hal tersebut dilakukan agar pada saat mengkombinasikan antara alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, dapat memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Untuk memperoleh hasil timbunan yang sesuai, ada beberapa langkah perhitungan yang perlu dilakukan, yaitu:

1. Penentuan jarak patok (*stasioning*), sehingga diperoleh panjang horizontal dari alinyemen horizontal. Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:
  - a. Untuk daerah datar dan lurus, jarak antar patok 100 m
  - b. Untuk daerah bukit, jarak antar patok 50 m
  - c. Untuk daerah gunung, jarak antar patok 25 m
  - d. Untuk daerah sepanjang tikungan, jarak antar patok per-setiap perubahan superelevasi
2. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan beda tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
3. Penggambaran potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan. Penampang galian dan timbunan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.22 Galian dan Timbunan

4. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar *stationing* tersebut.

Perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antar Sta, maka harga volume galian dan juga timbunan semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antar Sta, maka semakin jauh ketidaktepatan hasil yang diperoleh. Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan pada waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahalnya biaya pembuatan jalan yang direncanakan. Contoh perhitungan tabel galian dan timbunan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.32 Perhitungan Galian dan Timbunan

STA	Luas (m <sup>2</sup> )		Jarak (m)	Volume (m <sup>3</sup> )	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	G1	T1	L	$\frac{G1 + G2}{2} = C$	$\frac{T1 + T2}{2} = C$
0+100	G2	T2			
JUMLAH				$\sum C, \dots, N$	$\sum C, \dots, N$

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

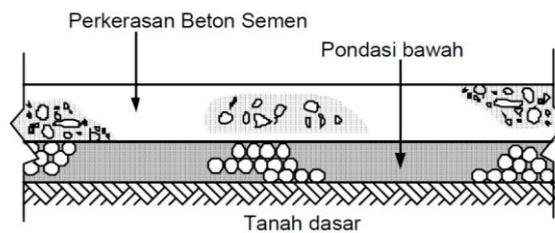
## 2.9 Perancangan Tebal Perkerasan

### 2.9.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Kaku

Struktur jalan kaku (*rigid pavement*) disebut juga perkerasan jalan beton semen. Dapat dilaksanakan pada kondisi daya dukung tanah dasar kurang baik (kecil, misal berkisar 2%), atau beban lalu lintas yang dilayani relatif besar, maka dibuat solusi dengan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) atau disebut juga perkerasan beton semen, karena terbuat dari

beton semen. Berdasarkan Pd T-14-2003 tentang Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, perkerasan beton semen dibedakan ke dalam 4 jenis :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
- d. Perkerasan beton semen pra-tegang



Gambar 2.23 Tipikal Struktur Perkerasan Kaku  
(Sumber: *Perkerasan Jalan Beton Semen*, 2003)

Pada perkerasan beton semen, daya dukung perkerasan terutama diperoleh dari pelat beton. Sifat, daya dukung dan keseragaman tanah dasar sangat mempengaruhi keawetan dan kekuatan perkerasan beton semen. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah kadar air pemadatan, kepadatan dan perubahan kadar air selama masa pelayanan. Lapis pondasi bawah pada perkerasan beton semen adalah bukan merupakan bagian utama yang memikul beban, tetapi merupakan bagian yang berfungsi sebagai berikut :

- a. Mengendalikan pengaruh kembang susut tanah dasar.
- b. Mencegah intrusi dan pemompaan pada sambungan, retakan dan tepi-tepi pelat.
- c. Memberikan dukungan yang mantap dan seragam pada pelat.
- d. Sebagai perkerasan lantai kerja selama pelaksanaan.

Pelat beton semen mempunyai sifat yang cukup kaku serta dapat menyebarkan beban pada bidang yang luas dan menghasilkan tegangan yang rendah pada lapisan-lapisan di bawahnya. Bila diperlukan tingkat kenyamanan yang tinggi, permukaan perkerasan beton semen dapat dilapisi dengan lapis campuran beraspal setebal 5 cm.

## 2.9.2 Kriteria Perancangan Perkerasan Kaku

Menurut pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan teknis dalam merencanakan perkerasan kaku yaitu:

### a. Tanah Dasar

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR insitu sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perencanaan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. Apabila tanah dasar mempunyai nilai CBR lebih kecil dari 2 %, maka harus dipasang pondasi bawah yang terbuat dari beton kurus (*Lean-Mix Concrete*) setebal 15 cm yang dianggap mempunyai nilai CBR tanah dasar efektif 5 %.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara grafis dan analitis.

#### a) Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data bermacam – macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu. Dari data yang diperoleh dilakukan perhitungan dengan cara menentukan harga CBR terendah, kemudian menentukan jumlah harga CBR yang sama dan yang lebih besar. Angka jumlah terbanyak dinyatakan dalam 100%, jumlah yang lain merupakan persentase dari 100%. Buatlah grafik hubungan antara nilai CBR dengan % jumlah dan akan diperoleh nilai CBR rerata dengan diambil angka persentasenya = 90%

#### b) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR_{segmen} = CBR_{rata-rata} - \left( \frac{CBR_{maks} - CBR_{min}}{R} \right) \dots\dots\dots(2.40)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel berikut.

Tabel 2.33 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

<b>Jumlah Titik Pengamatan</b>	<b>Nilai R</b>
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,57
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

b. Pondasi bawah

Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam waktu lama, menjaga perubahan volume lapisan tanah dasar akibat pemuaian dan penyusutan serta mencegah keluarnya air atau *pumping* pada sambungan pada tepi-tepi pelat beton. Bahan pondasi bawah dapat berupa :

1) Bahan berbutir

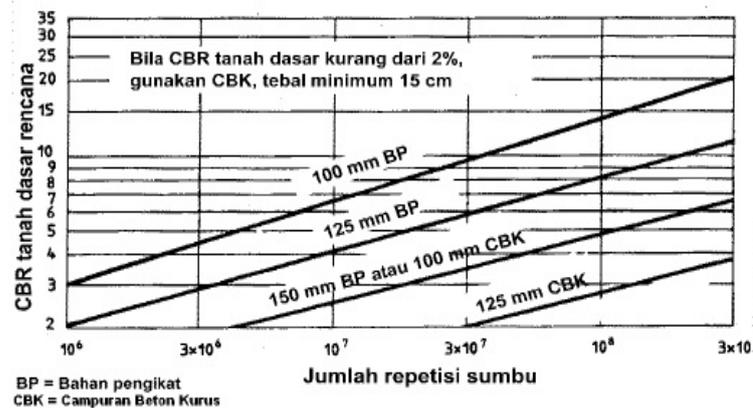
Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas B. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3% - 5%.

2) Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)

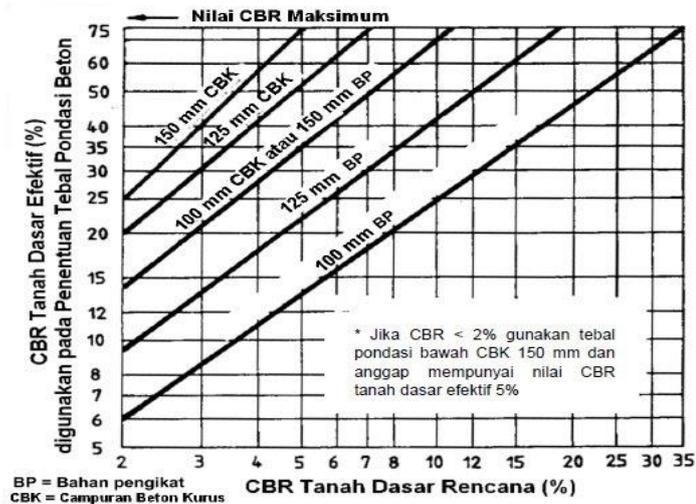
Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat yang sesuai dengan hasil perencanaan, untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi. Jenis bahan pengikat dapat meliputi semen, kapur, serta abu terbang dan/atau *slag* yang dihaluskan.

- a) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
  - b) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 MPa (55 kg/cm<sup>2</sup>).
  - c) Campuran beton kurus (*Lean Mix Concrete*)
- 3) Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa (50 kg/cm<sup>2</sup>) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 MPa (70 kg/cm<sup>2</sup>) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10 cm.

Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran beton kurus (CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.25 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.26



Gambar 2.24 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.25 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5 kg/cm<sup>2</sup>) terdekat. Hubungan antara kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

$$F_{cf} = K (f_c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f_c')^{0.50} \text{ dalam Mpa atau} \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana:

$f_c'$  = kuat tekan beton karakteristik 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_{cf}$  = kuat tarik lentur beton 28 hari (kg/cm<sup>2</sup>)

K = konstanta 0,7 untuk agregat tidak dipecah dan 0,75 untuk agregat pecah

d. Lalu lintas

Penentuan beban lalu-lintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalu-lintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalu-lintas dan konfigurasi sumbu, menggunakan data terakhir atau data 2 tahun terakhir. Kendaraan yang ditinjau untuk perencanaan perkerasan beton semen adalah yang mempunyai berat total minimum 5 ton. Konfigurasi sumbu untuk perencanaan terdiri atas 4 jenis kelompok sumbu sebagai berikut :

- a) Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- b) Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- c) Sumbu tandem roda ganda (STdRG)
- d) Sumbu tridem roda ganda (STrRG)

e. Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai tabel 2.34 berikut.

Tabel 2.34 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan dan Koefisien Distribusi

Lebar perkerasan (Lp)	Jumlah Lajur (n <sub>l</sub> )	Koefisien	
		1 Arah	2 Arah
$L_p < 5,50 \text{ m}$	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_p < 8,25 \text{ m}$	2 lajur	0,70	0,500
$8,25 \text{ m} \leq L_p < 11,25 \text{ m}$	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_p < 15,00 \text{ m}$	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_p < 18,75 \text{ m}$	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_p < 22,00 \text{ m}$	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

## f. Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu-lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan, yang dapat ditentukan antara lain dengan metode *Benefit Cost Ratio*, *Internal Rate of Return*, kombinasi dari metode tersebut atau cara lain yang tidak terlepas dari pola pengembangan wilayah. Umumnya perkerasan beton semen dapat direncanakan dengan umur rencana (UR) 20 tahun sampai 40 tahun.

## g. Pertumbuhan lalu lintas

Volume lalu-lintas akan bertambah sesuai dengan umur rencana atau sampai tahap di mana kapasitas jalan dicapai dengan faktor pertumbuhan lalu-lintas yang dapat ditentukan berdasarkan rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{(1+i)^n - 1}{\ln(1+i)} \dots\dots\dots(2.43)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas (tabel 2.35)

I = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.35 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana	Laju Pertumbuhan (i) per tahun (%)					
	0	2	4	6	8	10
5	5	5,2	5,4	5,6	5,9	6,1
10	10	10,9	12	13,2	14,5	15,9
15	15	17,3	20	23,3	27,2	31,8
20	20	24,3	29,8	36,8	45,8	57,3
25	25	32	41,6	54,9	73,1	98,3
30	30	40,6	56,1	79,1	113,3	164,5
35	35	50	73,7	111,4	172,3	271
40	40	60,4	95	154,8	259,1	442,6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

h. Lalu Lintas Rencana

Lalu lintas rencana adalah jumlah kumulatif sumbu kendaraan niaga pada lajur rencana selama umur rencana, meliputi proporsi sumbu serta distribusi beban pada setiap jenis sumbu kendaraan. Beban pada suatu jenis sumbu secara tipikal dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH = Jumlah sumbu kendaran niaga harian, pada saat jalan dibuka

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas yang besarnya berdasarkan faktor pertumbuhan lalu lintas tahunan (i) dan umur rencana (n).

C = Koefisien distribusi kendaraan.

i. Faktor keamanan beban

Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.36 berikut.

Tabel 2.36 Faktor Keamanan Beban ( $F_{kb}$ )

No.	Penggunaan	Nilai $F_{KB}$
1.	<p>Jalan bebas hambatan utama (<i>major freeway</i>) dan jalan berlajur banyak, yang aliran lalu lintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi.</p> <p>Bila menggunakan data lalu lintas dari hasil survey beban (<i>weight- in-motion</i>) dan adanya kemungkinan route alternative, maka nilai faktor keamanan beban dapat dikurangi menjadi 1,15</p>	1,2

Lanjutan Tabel 2.36 Faktor Keamanan Beban (Fkb)

No.	Pergunaan	Nilai F <sub>KB</sub>
2.	Jalan bebas hambatan ( <i>freeway</i> ) dan jalan arteri dengan volume kendaraan niaga menengah	1,1
3.	Jalan dengan volume kendaraan niaga rendah	1,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB).

### 2.9.3 Bahu Jalan

Bahu dapat terbuat dari bahan lapisan pondasi bawah dengan atau tanpa lapisan penutup beraspal atau lapisan beton semen. Perbedaan kekuatan antara bahu dengan jalur lalu-lintas akan memberikan pengaruh pada kinerja perkerasan. Hal tersebut dapat diatasi dengan bahu beton semen, sehingga akan meningkatkan kinerja perkerasan dan mengurangi tebal pelat. Yang dimaksud dengan bahu beton semen dalam pedoman ini adalah bahu yang dikunci dan diikat dengan lajur lalu-lintas dengan lebar minimum 1,50 m, atau bahu yang menyatu dengan lajur lalu-lintas selebar 0,60 m, yang juga dapat mencakup saluran dan kereb.

### 2.9.4 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- 1) Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu-lintas
- 2) Memudahkan pelaksanaan
- 3) Mengakomodasi gerakan pelat

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

- a. Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 3 - 4 m. Sambungan memanjang harus dilengkapi dengan batang ulir dengan mutu minimum BJTU- 24 dan berdiameter 16 mm. Ukuran batang pengikat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$A_t = 204 \times b \times h \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Dimana :

$A_t$  = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan ( $\text{mm}^2$ ).

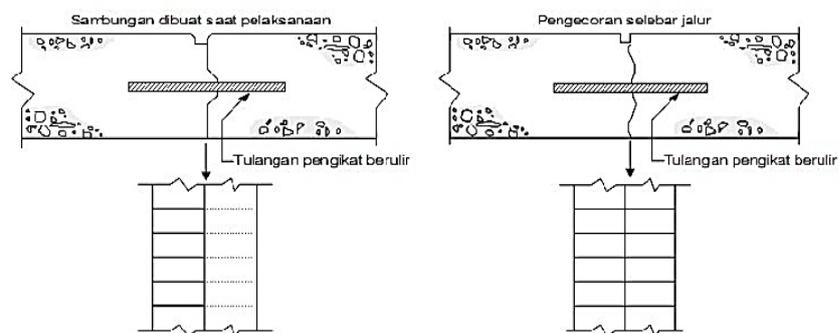
$b$  = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

$h$  = Tebal pelat (m).

$l$  = Panjang batang pengikat (mm).

$\phi$  = Diameter batang pengikat yang dipilih (mm).

Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.26.

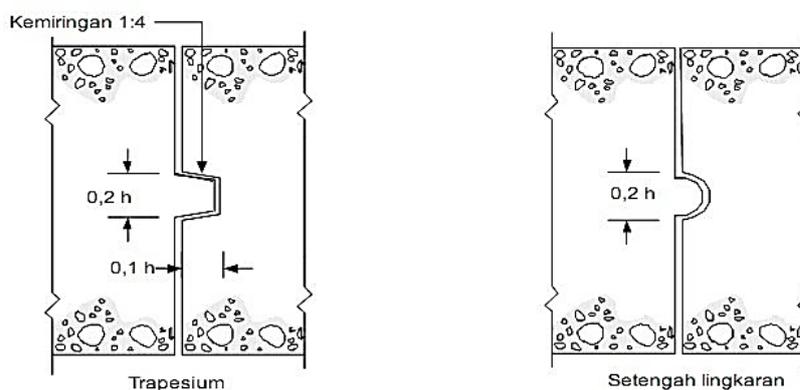


Gambar 2.26 Tipikal Sambungan Memanjang  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

#### b. Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2..

Sebelum penghamparan pelat beton di sebelahnya, permukaan sambungan pelaksanaan harus dicat dengan aspal atau kapur tembok untuk mencegah terjadinya ikatan beton lama dengan yang baru. Tipikal standar penguncian sambungan memanjang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.27 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Sambungan Susut Memanjang

Sambungan susut memanjang dapat dilakukan dengan salah satu dari dua cara ini, yaitu menggergaji atau membentuk pada saat beton masih plastis dengan kedalaman sepertiga dari tebal pelat.

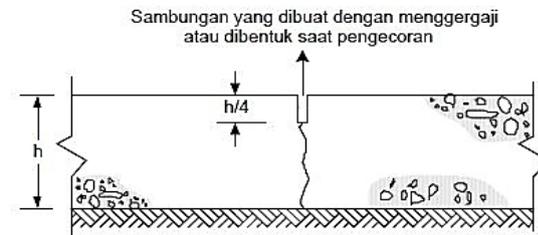
d. Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

Ujung sambungan ini harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang harus dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah perputaran jarum jam.

e. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari

tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.28 dan gambar 2.29



Gambar 2.28 Sambungan Susut Melintang Tanpa Ruji  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.29 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Jarak sambungan susut melintang untuk perkerasan beton bersambung tanpa tulangan sekitar 4-5 m, sedangkan untuk perkerasan beton bersambung dengan tulangan 8-15 m dan untuk sambungan perkerasan beton menerus dengan tulangan sesuai dengan kemampuan pelaksanaan. Sambungan ini harus dilengkapi dengan ruji polos panjang 45 cm, jarak antara ruji 30 cm, lurus dan bebas dari tonjolan tajam yang akan mempengaruhi gerakan bebas saat pelat beton menyusut. Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton sebagaimana terlihat pada tabel 2.37

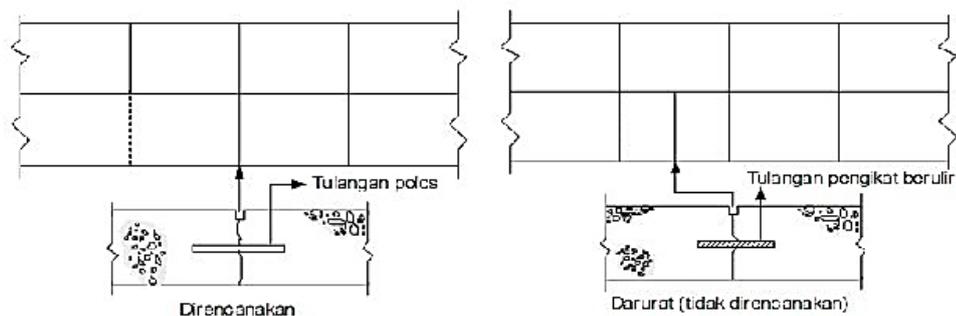
Tabel 2.37 Diameter Ruji

Tebal pelat beton, h (mm)	Diameter ruji (mm)
$125 < h \leq 140$	20
$140 < h \leq 160$	24
$160 < h \leq 190$	28
$190 < h \leq 220$	33
$220 < h \leq 250$	36

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

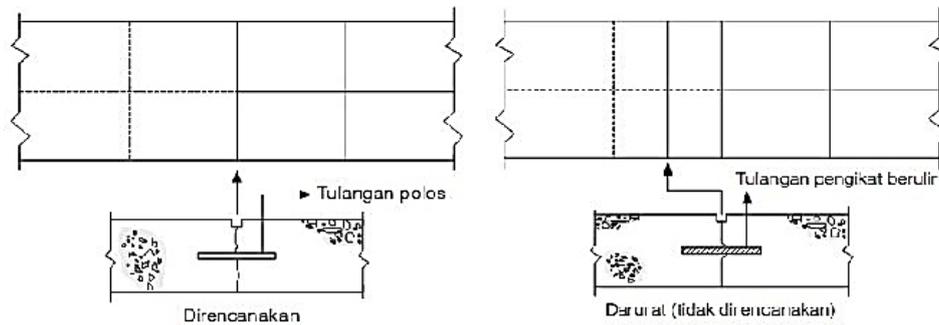
f. Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat. Sambungan pelaksanaan tersebut di atas harus dilengkapi dengan batang pengikat berdiameter 16 mm, panjang 69 cm dan jarak 60 cm, untuk ketebalan pelat sampai 17 cm. Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



Gambar 2.30 Sambungan Pelaksanaan Yang Direncanakan dan Yang Tidak Direncanakan Untuk Pengecoran Per Lajur

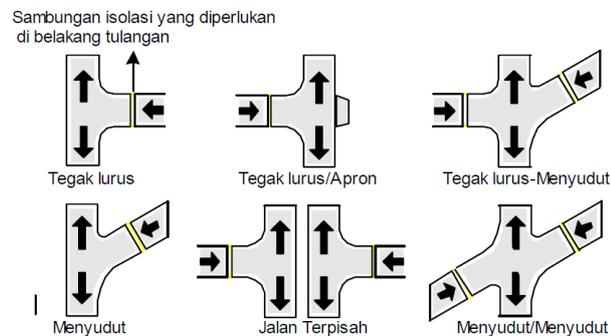
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



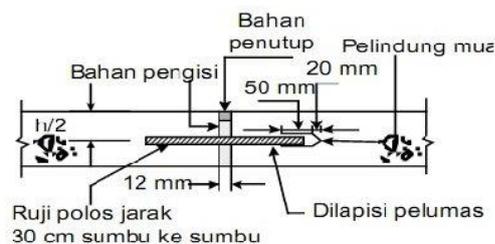
Gambar 2.31 Sambungan Pelaksanaan Yang Direncanakan Dan Yang Tidak Direncanakan Untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

g. Sambungan isolasi

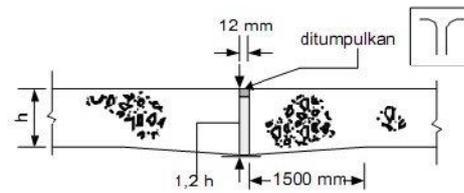
Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.32.



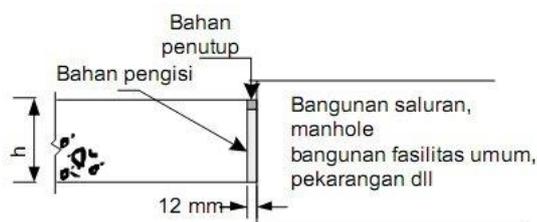
Gambar 2.32 Contoh Persimpangan Membutuhkan Sambungan Isolasi  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.33 Sambungan Isolasi Dengan Ruji  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.34 Sambungan Isolasi Dengan Penebalan Tepi  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



Gambar 2.35 Sambungan Isolasi Tanpa Ruji  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

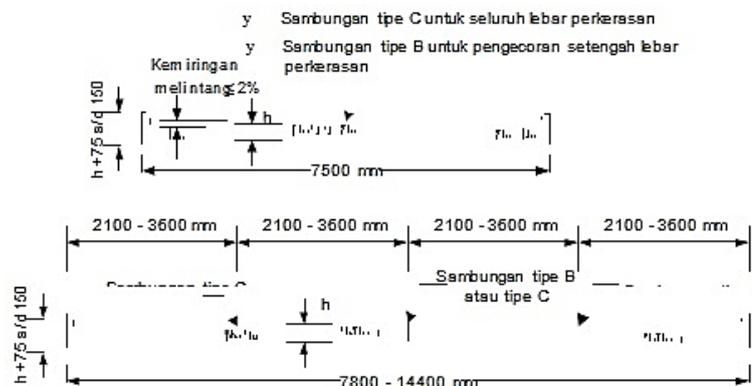
Sambungan isolasi yang digunakan pada bangunan lain, seperti jembatan perlu pemasangan ruji sebagai transfer beban. Pada ujung ruji harus dipasang pelindung muai agar ruji dapat bergerak bebas.

#### h. Pola Sambungan

Pola sambungan pada perkerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- 1) Hindari bentuk panel yang tidak teratur. Usahakan bentuk panel sepersegi mungkin. Perbandingan maksimum panjang panel terhadap lebar adalah 1,25.
- 2) Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 meter.
- 3) Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- 4) Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.

- 5) Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- 6) Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- 7) Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa sehingga antara sambungan dengan manhole atau bangunan yang lain tersebut membentuk sudut tegak lurus. Hal tersebut berlaku untuk bangunan yang berbentuk bundar. Untuk bangunan berbentuk segi empat, sambungan harus berada pada sudutnya atau diantara dua sudut.
- 8) Semua bangunan lain seperti *manhole* harus dipisahkan dari perkerasan dengan sambungan muai selebar 12 mm yang meliputi keseluruhan tebal pelat.
- 9) Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal dan berangsur-angsur berkurang sampai ketebalan normal sepanjang 1,5 meter seperti diperlihatkan pada Gambar 11b.
- 10) Panel yang tidak persegi empat dan yang mengelilingi manhole harus diberi tulangan berbentuk anyaman sebesar 0,15% terhadap penampang beton semen dan dipasang 5 cm di bawah permukaan atas. Tulangan harus dihentikan 7,5 cm dari sambungan.



Gambar 2.36 Potongan Melintang Perkerasan dan Lokasi Sambungan  
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)



- 1) Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- 2) Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- 3) Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut.

Banyaknya tulangan baja yang didistribusikan ditentukan oleh jarak sambungan susut dalam hal ini dimungkinkan penggunaan pelat lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan. Adapun tujuan utama penulangan untuk :

- a) Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- b) Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih panjang agar dapat mengurangi jumlah sambungan melintang sehingga dapat meningkatkan kenyamanan
- c) Mengurangi biaya pemeliharaan

Jumlah tulangan yang diperlukan dipengaruhi oleh jarak sambungan susut, sedangkan dalam hal beton bertulang menerus, diperlukan jumlah tulangan yang cukup untuk mengurangi sambungan susut. Perencanaan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu :

a. Perkerasan Beton Semen Bersambung Tanpa Tulangan

Pada perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada :

- 1) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*),
- 2) pelat disebut besar dari 1,25, atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang.

3) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).

4) Pelat berlubang (*pits or structures*).

b. Perkerasan Beton Semen Bersambung dengan Tulangan :

$$A_s = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot f_s} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana :

$A_s$  = luas penampang tulangan baja (mm<sup>2</sup>/m lebar pelat)

$f_s$  = kuat-tarik ijin tulangan (MPa), biasanya 0,6 kali tegangan leleh

$g$  = gravitasi (m/detik)

$h$  = tebal pelat beton (m)

$L$  = jarak antara sambungan yang tidak diikat atau tepi bebas pelat (m)

$M$  = berat per satuan volume pelat (kg/m<sup>3</sup>)

$\mu$  = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada tabel 2. 37 dibawah ini :

Tabel 2.38 Koefisien Gesekan Pelat Beton dengan Lapisan Pondasi Bawah

No.	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resap ikat aspal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>A chlorinated rubber curing compound</i> )	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

1) Penulangan memanjang

Tulangan memanjang yang dibutuhkan pada perkerasan beton semen bertulang menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan:

$P_s$  : persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang beton (%)

$f_{ct}$  : kuat tarik langsung beton = (0,4 – 0,5  $f_{cf}$ ) (kg/cm<sup>2</sup>)

$f_y$  : tegangan leleh rencana baja (kg/cm<sup>2</sup>)

$n$  : angka ekuivalensi antara baja dan beton ( $E_s/E_c$ ), dapat dilihat pada Tabel 2.38

$\mu$  : koefisien gesekan antara pelat beton dengan lapisan di bawahnya

$E_s$  : modulus elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

$E_c$  : modulus elastisitas beton =  $1485 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Tabel 2.39 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekuivalen Baja/Beton (n)

$f_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	n
175 – 225	10
235 - 285	8
290 - ke atas	6

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Jumlah optimum tulangan memanjang, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{f_{cr}^2}{n \cdot p^2 \cdot u \cdot f_b \cdot (\epsilon_s \cdot E_c - f_{ct})} \dots\dots\dots (2.49)$$

Dimana :

$L_{cr}$  = jarak teoritis antara retakan (cm)

$P$  = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

$u$  = perbandingan keliling terhadap luas tulangan =  $4/d$

$f_b$  = tegangan lekat antara tulangan dengan beton =  $(1,97\sqrt{f'_c})/d$ . (kg/cm<sup>2</sup>)

- $S$  = koefisien susut beton =  $(400 \cdot 10^{-6})$   
 $f_{ct}$  = kuat tarik langsung beton =  $(0,4 - 0,5 f_{cf})$  (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $n$  = angka ekuivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$   
 $E_c$  = modulus Elastisitas beton =  $1485 \sqrt{f'_c}$  (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $E_s$  = modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  (kg/cm<sup>2</sup>)

Untuk menjamin agar didapat retakan-retakan yang halus dan jarak antara retakan yang optimum, maka :

- a. Persentase tulangan dan perbandingan antara keliling dan luas tulangan harus besar.
- b. Perlu menggunakan tulangan ulir (*deformed bars*) untuk memperoleh tegangan lekat yang lebih tinggi.

Jarak retakan teoritis yang dihitung dengan persamaan di atas harus memberikan hasil antara 150 dan 250 cm. Jarak antar tulangan 100 mm - 225 mm. Diameter batang tulangan memanjang berkisar antara 12mm dan 20mm.

## 2) Penulangan melintang

Luas tulangan melintang ( $A_s$ ) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.33. Tulangan melintang direkomendasikan sebagai berikut:

- a. Diameter batang ulir tidak lebih kecil dari 12 mm.
- b. Jarak maksimum tulangan dari sumbu-ke-sumbu 75 cm.

## 3) Penempatan tulangan

Penulangan melintang pada perkerasan beton semen harus ditempatkan pada kedalaman lebih besar dari 65 mm dari permukaan untuk tebal pelat  $\leq 20$  cm dan maksimum sampai sepertiga tebal pelat untuk tebal pelat  $> 20$  cm. Tulangan arah memanjang dipasang di atas tulangan arah melintang.

## **2.10 Bangunan Pelengkap**

### **2.10.1 Perancangan Drainase**

Air adalah salah satu musuh utama dari suatu konstruksi jalan, langsung maupun tidak langsung, perkerasan lentur maupun perkerasan kaku. Air sangat erat hubungannya dengan hidrologi. Analisis hidrologi merupakan tahapan penting yang menentukan laju aliran, kemampuan limpasan (*runoff*) dan debit air.

Drainase adalah suatu bangunan pelengkap yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya air yang kemungkinan akan menggenangi badan jalan. Dalam perencanaan sistem drainase dua hal pokok yang perlu untuk dipertimbangkan, yaitu :

#### **1. Drainase Permukaan**

Drainase permukaan berfungsi mengalirkan air hujan yang ada dipermukaan agar tidak menghambat arus lalu lintas di jalan tersebut dan juga mencegah air agar tidak merusak lapisan perkerasan jalan.

#### **2. Drainase Bawah Permukaan**

Analisis hidrologi dilakukan sehubungan dengan drainase permukaan, sedangkan adanya air tanah akibat proses infiltrasi dan kapilerisasi yang akan mempengaruhi kondisi subgrade, stabilitas lereng dan tembok penahan tanah, termasuk dalam drainase bawah permukaan.

Berikut adalah prinsip umum dalam perencanaan drainase, yaitu :

##### **a. Daya guna dan hasil guna (efektif dan efisien)**

Perencanaan haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.

##### **b. Ekonomis dan aman**

Pemilihan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan

c. Pemeliharaan

Perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase tersebut.

### 2.10.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Drainase

Menurut Perencanaan Sistem Drainase Jalan, 2006 hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan di bawah ini:

1. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots(2.50)$$

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum(X^2) - X \sum X}{n-1}} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$\bar{Rt} = \bar{R} + \frac{Yt - Yn}{Sn} \cdot Sx \dots\dots\dots(2.52)$$

$$K = \frac{YT - Yn}{Sn} \dots\dots\dots(2.53)$$

Keterangan:

$\bar{X}$	= curah hujan harian rata-rata
$Sx$	= standar deviasi
$\bar{Rt}$	= hujan rencana untuk periode ulang T tahun
$Yt$	= faktor reduksi (tabel 2.38)
$Yn$	= angka reduksi rata-rata (tabel 2.39)
$Sn$	= angka reduksi standar deviasi (tabel 2.40)
$K$	= faktor frekuensi (tabel 2.41)

Angka faktor reduksi ( $Yt$ ) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.40 Faktor Reduksi ( $Y_t$ )

T	$Y_t$	Lama Pengamatan (tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3655	-0.1355	-0.1434	-0.1478	-0.1506	-0.1526
5	1,1499	1.0580	0.9672	0.9186	0.8878	0.8663
10	2,2502	1.8482	1.7023	1.6246	1.5752	1.5408
20	2,9702	2.6064	2.4078	2.302	2.2348	2.1881
25	3,1985	2.8468	2.6315	2.5168	2.444	2.3933
50	3,9019	3.5875	3.3207	3.1787	3.0884	3.0256
100	4,6001	4.3228	4.0048	3.8356	3.7281	3.6523

(Sumber: Hendarsin, 2000)

Nilai angka reduksi rata-rata ( $Y_n$ ) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.41 Angka Reduksi Rata-Rata ( $Y_n$ )

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,5396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,554
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

Nilai angka reduksi standar deviasi ( $S_n$ ) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.41 Angka Reduksi Standar Deviasi ( $S_n$ )

<b>N</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>10</b>	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
<b>20</b>	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
<b>30</b>	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
<b>40</b>	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
<b>50</b>	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
<b>60</b>	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
<b>70</b>	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
<b>80</b>	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
<b>90</b>	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
<b>100</b>	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2090	1,2096

Nilai faktor frekuensi ( $K$ ) dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.42 Faktor Frekuensi ( $K$ )

<b>T</b>	<b><math>Y_T</math></b>	<b>Lama Pengamatan (Tahun)</b>				
		<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881
25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,7281	3,6533

## 2. Waktu Konsetrasi ( $T_c$ )

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*run off*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus berikut:

$$Tc = t_1 + t_2 \dots \dots \dots (2.50)$$

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times I_0 \times \frac{nd}{\sqrt{i_s}} \right)^{0,167} \dots \dots \dots (2.51)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots \dots \dots (2.52)$$

Keterangan :

Tc = waktu konsentrasi (menit)

t<sub>1</sub> = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)

t<sub>2</sub> = waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

l<sub>0</sub> = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

L = panjang saluran (m)

nd = koefisien hambatan (Tabel 2.42)

i<sub>s</sub> = kemiringan saluran memanjang

V = kecepatan air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Tabel 2.43 Koefisien Hambatan (nd)

No.	Kondisi Lapis Permukaan	nd
1.	Lapis semen dan aspal beton	0,013
2.	Permukaan licin dan kedap air	0,020
3.	Permukaan licin dan kokoh	0,100
4.	Tanah dengan rumput tipis dan gundul dengan permukaan sedikit kasar	0,200
5.	Padang rumput dan rerumputan	0,400
6.	Hutan gundul	0,600
7.	Hutan rimbun dan hutan gundul rapat dengan hamparan rumput jarang sampai rapat	0,800

3. Intensitas hujan selama waktu konsentrasi

Curah hujan dalam jangka waktu pendek dinyatakan dalam intensitas, yaitu tinggi air per satuan waktu (mm/jam, mm/menit).

$$I_t = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{T_c}\right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.53)$$

Keterangan :

$I_t$  = Intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimum (mm)

$T_c$  = Waktu konsentrasi (jam)

4. Luas daerah pengaliran

- a. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
- b. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
- c. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
- d. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (l1) lebar bahu jalan (l2) dan daerah sekitar (l3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu  $\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
- e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).

5. Koefisien pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.

6. Faktor limpasan (fk)

a. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien run off biasa dengan tujuan agar kinerja satuan tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengatiran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.44.

Tabel 2.44 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Faktor Limpasan(fk)
	<b>BAHAN</b>		
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95	
2	Jalan krikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70	
3	Bahu jalan :		
	tanah berbutir halus	0,40– 0,65	
	tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20	
	batuan masif keras	0,70 – 0,85	
	batuan masif lunak	0,60 – 0,75	

Lanjutan Tabel 2.44 Koefisien Pengaliran (C) dan Faktor Limpasan (fk)

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran(C)	Faktor Limpasan(fk)
	<b>TATA GUNA LAHAN</b>		
1	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95	2,0
2	Daerah pinggiran kota	0,60 – 0,70	1,5
3	Daerah industry	0,60 – 0,90	1,2
4	Pemukiman padat	0,40 – 0,60	2,0
5	Pemukiman tidak padat	0,40 – 0,60	1,5
6	Taman dan kebun	0,45 – 0,60	0,2
7	Persawahan	0,70 – 0,80	0,5
8	Perbukitan	0,70 – 0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75 – 0,90	0,3

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

Keterangan:

- 1) Harga koefisien pengaliran (C) untuk daerah datar diambil nilai C yang terkecil dan untuk daerah lereng diambil nilai C yang besar.
- 2) Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan.

- b. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut.

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.fk_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

- C1, C2, C3 = koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan
- A1,A2,A3 = luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan
- fk = faktor limpasan sesuai guna lahan

## 7. Debit limpasan

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} C \times I \times A \dots \dots \dots (2.53)$$

Dimana :

Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C1, C2, C3

I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah layanan (km) terdiri atas A1, A2, A3

## 8. Kemiringan saluran (Is)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan.

Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada Tabel 2.45.

Tabel 2.45 Kemiringan Saluran Memanjang (is)

Jenis Material	Kemiringan saluran (is)
Tanah Asli	0%-5%
Kerikil	5%-7,5%
Pasangan Batu	7,5%

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

## 9. Perencanaan dimensi saluran samping

Bentuk penampang saluran dapat yang akan di desain dapat berupa trapesium, segiempat, segitiga, maupun lingkaran. Rumus-rumus dimensinya dapat dilihat pada Tabel 2.46 untuk masing-masing bentuk penampang.

Tabel 2.46 Komponen Penampang Saluran

Komponen	Jenis Penampang			
	Trapezium	Segiempat	Segitiga	Lingkar
Dimensi				
Lebar atas (b)	$b + 2 \times z$	B	$2 \times z$	$2 \times (h - 0,5) \tan \theta$
Tinggi muka air (h)	H	H	H	H
Faktor kemiringan (z)	1:1 $\rightarrow z=h$ 1;1,5 $\rightarrow z=1,5h$ 1:2 $\rightarrow z=2h$	-	1:1 $\rightarrow z=h$ 1;1,5 $\rightarrow z=1,5h$ 1:2 $\rightarrow z=2h$	
Penampang Basah				
Luas (F)	$(b + z) \times h$	$b \times h$	$z \times h$	$\frac{1}{2}(\theta - \sin\theta)d_0^2$
Keliling (P)	$B + 2 \times h$	$b + 2 \times h$	$2 \times h\sqrt{(1 + z^2)}$	$\pi D \left(1 - \frac{\theta}{180}\right)$
Jari-jari hidrolis (R)	$\frac{(b + z) \times h}{b + 2h\sqrt{1 + z^2}}$	$\frac{b \times h}{b + 2h}$	$\frac{z}{2\sqrt{(1 + z^2)}}$	$\left[4\pi D \left(1 - \frac{\theta}{180}\right)\right]$
Kecepatan (v)	$\frac{V}{\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Is^{1/2}}$	$\frac{V}{\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Is^{1/2}}$	$\frac{V}{\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Is^{1/2}}$	$\frac{V}{\frac{1}{n} \times R^{2/3} \times Is^{1/2}}$
Debit (Q)	$F \times V$	$F \times V$	$F \times V$	$0,8 \times F \times V$

(Sumber : Perencanaan Sistem Drainase, 2006)

### 2.10.3 Perancangan Gorong-Gorong (*Box Culvert*)

Gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ketempat pembuangan. Gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai dengan kebutuhan.

Selain berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping jalan, gorong-gorong juga perlu dibuat atau ditempatkan pada jalan yang berbentuk tanggul yaitu berupa timbunan (*embankment*) dengan lembah pada sisi kiri dan kanan jalan. Gorong-gorong berfungsi untuk mengalirkan air dari lembah yang satu ke lembah yang lainnya yang memiliki sarana pembuangan, jadi gorong-gorong berfungsi sebagai pengering. Gorong-gorong memiliki beberapa jenis, yaitu :

1. Gorong-gorong silinder (*cylinder culvert*)
2. Gorong-gorong kotak (*box culvert*)

Beberapa standar yang dipakai dalam pekerjaan gorong-gorong adalah :

1. SNI 03-6719-2002 : spesifikasi pipa baja bergelombang dengan lapis pelindung logam untuk pembuangan air dan drainase bawah tanah.
2. AASHTO M170-07 : *Reinforced Concrete Culvert, Storm Drain and sewer pipe*.

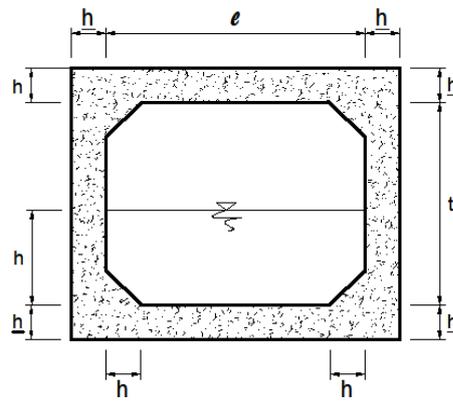
#### **2.10.4 Persyaratan Teknis Gorong-Gorong Persegi (*Box Culvert*)**

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan ,sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong.

1. Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang

Pada umumnya struktur beton bertulang mengalami tegangan tarik yang cukup besar akibat adanya gaya-baya luar yang ada. Tegangan tarik yang ditimbulkan oleh gaya-gaya luar tersebut ditahan oleh tulangan tarik yang ada pada striktur beton bertulang.

Konstruksi gorong-gorong persegi standar, direncanakan sesuai standar tipe single, Panjang gorong-gorong persegi , merupakan lebar jalan ditambah dua kali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter. Penampang gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti terlihat pada Gambar 2.38 berikut.



Gambar 2.38 Sketsa dengan Bentuk Persegi

Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.47 Ukuran Dimensi Gorong-Gorong

<b>Tipe single</b>		
<b>L</b>	<b>T</b>	<b>h</b>
100	100	16
100	150	17
100	200	18
200	100	22
200	150	23
200	200	25
200	250	26
200	300	28
300	150	28
300	200	30
300	250	30
300	300	30

(Sumber : Standar Gorong-gorong persegi tipe single, SNI PU)

## 2. Analisis pembebanan

Perhitungan struktur didasarkan pada asumsi tanah lunak yang umumnya disebut *highly compressible*, dengan mengambil hasil

pembebanan terbesar/maksimum dari kombinasi pembebanan sebagai berikut:

- a) Berat sendiri gorong-gorong persegi beton bertulang.
- b) Beban roda ganda (*dual wheel load*) 10 ton atau muatan rencana sumbu 20 ton.
- c) Beban kendaraan di atas konstruksi gorong-gorong persegi ini diperhitungkan setara dengan muatan tanah setinggi 60 cm.
- d) Tekanan tanah aktif.
- e) Tekanan air dari luar.
- f) Tekanan *hydrostatic* ( $q_a$ ).

### 3. Penulangan

Penulangan gorong-gorong persegi beton bertulang ini dirancang sedemikian rupa sehingga:

- a) Mudah dilaksanakan agar didapat hasil yang rapih dan sesuai dengan perhitungan serta gambar.
- b) Diameter tulangan yang digunakan 19 mm, 16 mm, 12 mm dan 10 mm (menghindari penggunaan tulangan dengan ukuran/diameter yang beragam).
- c) Bentuk/ukuran segmen gorong-gorong serta beratnya pun diperhitungkan sedemikian rupa sehingga mudah dirakit/dipasang dan diikat.
- d) Pembengkokan dan penempatan tulangan direncanakan sedemikian rupa sehingga tidak membahayakan pemakai jalan bila penutup beton pecah karena benturan keras atau aus (ujung tulangan tidak akan menonjol ke permukaan lantai kendaraan)

### 3. Persyaratan material

#### a) Beton bertulang

Berdasarkan kuat tekan karakteristik beton pada umur 28 hari sesuai dengan mutu K-225 dan  $\sigma'_{bk}$  (kekuatan beton yang diizinkan) untuk

dinding dan pelat telah mencapai 22,5 MPa, kepadatan beton (*Density*) sebesar 2500 kg/m<sup>3</sup> dan *Poison ratio*: 0,2.

Semua material yang dipakai dalam campuran beton disyaratkan sebagai berikut:

1. Semen; harus memenuhi ketentuan dan syarat yang ditentukan dalam NI-8
2. Pasir (Agregat halus); harus berupa butiran halus yang tajam dan keras serta tidak pecah atau hancur oleh pengaruh-pengaruh cuaca. Agregat halus tersebut tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dan bahan-bahan organis.
3. Kerikil dan batu pecah (Agregat kasar); harus berupa batu pecah yang diperoleh dari pemecahan batu dengan ukuran tidak lebih besar dari 20 mm. Agregat kasar ini bersifat keras dan tidak berpori serta tidak mudah pecah atau hancur oleh pengaruh cuaca.
4. Air; tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam, bahan-bahan organis atau bahan lainnya yang merusak beton maupun baja tulangan.
5. Bahan pembantu (bahan *additive* atau *admixture*); untuk memperbaiki mutu beton, sifat-sifat pengerjaan, waktu pengikatan dan pengerasan ataupun lainnya. Dapat dipakai bahan-bahan pembantu, jenis dan jumlah bahan pembantu yang dipakai harus disetujui terlebih dahulu oleh Direksi.

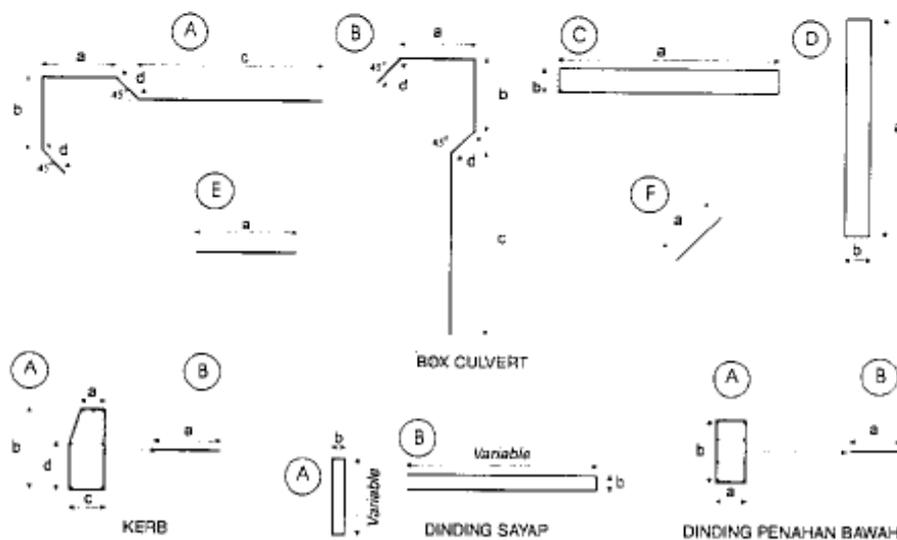
b) Besi tulangan

1. Mutu baja tulangan BJ-24.
2. Kuat leleh tulangan  $\sigma^*_{au}$  untuk baja polos dan ulir dari kelas BJ-24,  $\sigma^*_{au} = 240$  MPa.
3. Modulus elastisitas  $E_s = 2 \times 10^5$  MPa.
4. Kawat untuk mengikat tulangan harus berupa kawat ikat baja lunak sesuai dengan AASHTO M32-78.
5. Pembengkokan tulangan harus dilakukan dalam keadaan dingin.

Tabel 2.48 Tabel Detail Penulangan *Box Culvert* Per Meter Panjang untuk Dimensi 2/2

**TIPE SINGLE [ S 2/1 ]**

Bangunan	Bentuk	φ [mm]	Ukuran [ cm ]				Panjang [ cm ]	Jumlah	Berat [ kg ]
			a	b	c	d			
Box Culvert per meter panjang	A	19	48	23	128	24	248	8	44
	B	19	48	23	78	24	198	8	35
	C	10	239	17			512	10	32
	D	10	139	17			312	10	19
	E	10	100				100	68	42
	F	10	57				57	16	8
Dinding Sayap ( 1 buah )	A	10	57 s.d. 206				166 s.d. 444	9	30
	B	10	0 s.d. 161				0 s.d. 338	10	28
Kerb ( 1 buah )	A	10	15	57	33	31	168	26	27
	B	10	527				527	7	23
Dinding Penahan Bawah ( 1 buah )	A	10	36	92			256	12	19
	B	10	239				239	8	12



(Sumber: Standar Gorong-Gorong Beton Bertulang (Box Culvert) Tipe Single, 1987)

## 2.11 Manajemen Proyek

Menurut Husen (2011), Manajemen proyek adalah penerapan ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, cara teknis yang terbaik dan dengan sumber daya yang terbatas, untuk mencapai sasaran dan tujuan

yang telah ditentukan agar mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kinerja biaya, mutu dan waktu, serta keselarasan kerja.

Proses manajemen proyek dimulai dari kegiatan perencanaan hingga pengendalian yang didasarkan atas *input-input* seperti tujuan dan sasaran proyek, informasi dan data yang digunakan, serta penggunaan sumber daya yang benar dan sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan.

### **2.11.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat Kerja (RKS)**

Rencana kerja dan syarat-syarat kerja (RKS) merupakan sebuah buku yang berisi tentang syarat-syarat administrasi berupa instruksi kepada penyedia jasa dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Instruksi ini berisi informasi yang diperlukan oleh pelaksana (kontraktor) untuk menyiapkan penawarannya sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh pengguna jasa. Informasi tersebut berkaitan dengan penyusunan, penyampaian, pembukaan, evaluasi penawaran dan penunjukan penyedia jasa.
2. Hal-hal berkaitan dengan pelaksanaan kontrak oleh penyedia jasa, termasuk hak, kewajiban, dan resiko dimuat dalam syarat-syarat umum kontrak. Apabila terjadi perbedaan penafsiran/pengaturan pada dokumen lelang, penyedia jasa harus mempelajari dengan seksama untuk menghindari pertentangan pengertian.
3. Data proyek memuat ketentuan, informasi tambahan, atau perubahan atas instruksi kepada pelaksana (kontraktor) sesuai dengan kebutuhan paket pekerjaan yang akan dikerjakan.

RKS sebagai kelengkapan gambar kerja yang didalamnya memuat uraian tentang:

#### **a. Syarat-syarat umum**

Berisi keterangan mengenai pekerjaan, pemberi tugas, dan pengawasan bangunan.

Syarat-syarat administrasi

- 1) Jangka waktu pelaksanaan.
  - 2) Tanggal penyerahan pekerjaan.
  - 3) Syarat-syarat pembayaran.
  - 4) Denda keterlambatan.
  - 5) Besarnya jaminan penawaran.
  - 6) Besarnya jaminan pelaksanaan.
- b. Syarat-syarat teknis
- 1) Jenis dan uraian pekerjaan yang harus dilaksanakan.
  - 2) Jenis dan mutu bahan yang digunakan.

### **2.11.2 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. Rencana anggaran biaya dapat dilakukan dengan langkah-langkah seperti berikut:

- a. Harga satuan bahan dan upah
- Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek ini berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung rancangan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor.
- b. Perhitungan volume pekerjaan
- Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.
- c. Analisa harga satuan pekerjaan
- Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam

analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

d. Rencana anggaran biaya

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 2 cara sebagai berikut:

1. Anggaran biaya kasar (taksiran)

Sebagai pedoman dalam menyusun anggaran biaya kasar digunakan harga satuan tiap meter persegi (m<sup>2</sup>) luas lantai.

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. Taksiran haruslah berdasarkan harga yang wajar, dan tidak terlalu jauh berbeda dengan harga yang dihitung secara teliti.

e. Rekapitulasi biaya

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

### 2.11.3 Rencana Waktu Kerja (*Time Schedule*)

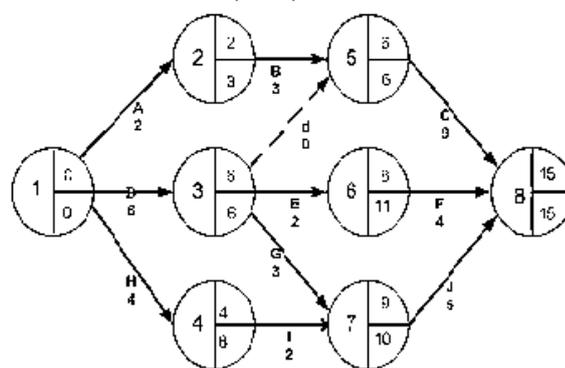
1. *Network Planning* (NWP)

*Network planning* sebagai jaringan kerja berbagai kegiatan dapat menunjukkan kegiatan-kegiatan kritis yang membutuhkan pengawasan ketat agar pelaksanaannya tidak keterlambatan. Sketsa *network planning* dapat dilihat pada Gambar 2.38. Format *network planning* juga digunakan untuk mengetahui kegiatan-kegiatan yang longgar waktu penyelesaiannya berdasarkan total *float*-nya. Sehingga kesemua itu dapat digunakan untuk

memperbaiki jadwal dan agar alokasi sumber dayanya menjadi lebih efektif serta efisien. Dalam *network planning* 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.

Tahapan penyusunan *network scheduling*:

- Menginventarisasi kegiatan-kegiatan berdasarkan item pekerjaan, lalu diberi kode kegiatan untuk memudahkan identifikasi.
- Memperkirakan durasi setiap kegiatan dengan mempertimbangkan jenis pekerjaan, volume pekerjaan, jumlah sumber daya, lingkungan kerja, serta produktivitas pekerja.
- Penentuan logika ketergantungan antar kegiatan dilakukan dengan tiga kemungkinan hubungan, yaitu kegiatan yang mendahului (prodecessor), kegiatan yang didahului (successor), serta bebas.
- Perhitungan analisis waktu serta alokasi sumber daya, dilakukan setelah langkah-langkah di atas dilakukan dengan akurat dan teliti.



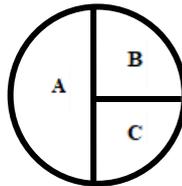
Gambar 2.39 Sketsa *Network Planning*

Adapun simbol yang sering digunakan dalam *network planning* adalah:

- $\longrightarrow$  (Arrow), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktivitas/kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan/tugas yang penyelesaiannya

menghubungkan dua *nodes*, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

2.  (*Double arrow*), bentuk ini merupakan anak panah sejajar yang merupakan kegiatan lintasan kritis (*critical path*).
3.  (*Dummy*), bentuk ini merupakan anak panah putus-putus yang artinya semu. Yang dimaksud aktivitas semu adalah aktivitas yang tidak menekan waktu. Aktivitas semu hanya boleh dipakai bila menggambarkan hubungan-hubungan aktivitas yang ada dalam satu *network*.
4.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan. Di dalam simbol node terdapat angka-angka yang memiliki arti sebagai berikut:



- A = Urutan pekerjaan/nomor kejadian  
 B = Earliest Event Time (EET), waktu penyelesaian paling awal  
 C = Latest Event Time (LET), waktu penyelesaian paling akhir

## 2. *Barchart*

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

### 3. Kurva S

Kurva S berguna dalam pengendalian kinerja waktu. Hal ini ditunjukkan dari bobot penyelesaian kumulatif masing-masing kegiatan dibandingkan dengan keadaan aktual, sehingga apakah proyek terlambat atau tidak dapat dikontrol dengan memberikan *baseline* pada periode tertentu.