

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

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

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survei lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku (Shirley L.Hendarsin,2000:88).

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan *route* dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jenderal Bina Marga (Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah- Kimpraswil) yang disesuaikan dengan klasifikasi jalan berdasarkan peruntukan jalan raya, yaitu:

- a. Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya No. 013/ 1990.
- b. Standar Perencanaan Geometrik untuk Jalan Perkotaan, 1992.
- c. Peraturan Perencanaan Geometrik untuk Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997.

Dalam penentuan *route* suatu ruas jalan, sebelum sampai pada suatu keputusan akhir perancangan, banyak faktor internal yang perlu ditinjau, seperti:

- Tata ruang dimana jalan akan dibangun,
- Data perancangan sebelumnya pada lokasi atau sekitar lokasi,
- Tingkat kecelakaan yang pernah terjadi akibat permasalahan geometrik,
- Tingkat perkembangan lalu lintas,
- Alternatif *route* selanjutnya dalam rangka pengembangan

jaringan jalan,

- Faktor lingkungan yang mendukung dan mengganggu,
- Faktor ketersediaan bahan, tenaga dan peralatan,
- Faktor pengembangan ekonomi
- Biaya pemeliharaan, dan sebagainya.

Peninjauan masalah dalam hal non-teknis biasanya banyak yang lebih rnengganggu dari pada faktor teknis. Sehingga pemikiran perancangan geometrik jalan jangan hanya dititik-beratkan kepada faktor teknis saja, faktor non-teknis tetap diperhatikan (Ir.Hamirhan Saodang,2010:20).

Dalam perencanaan jalan raya, pola dan bentuk geometrik harus direncanakan sedemikian rupa sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalulintas sesuai dengan fungsinya. Dalam tinjauan pembangunan berkelanjutan, perencanaan geometrik adalah merupakan fase lanjutan dari langkah penyiapan suatu prasaran, jalan secara utuh, yang kemudian akan diikuti dengan serangkaian fase selanjutnya yang lebih menekankan pada langkah membangun struktur jalan sesuai dengan kriteria fungsional jalan.

### **2.1.1 Penentuan Trase**

Penentuan lokasi dan perencanaan suatu trase jalan sampai pada batas-batas tertentu sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi serta peruntukan lahan yang dilaluinya. Keadaan tanah dasar dapat mempengaruhi lokasi dan bentuk trase dari suatu jalan, misalnya keadaan tanah dasar yang kurang baik dapat memaksa perencana untuk memindahkan trase jalan atau melakukan penimbunan yang tinggi, walaupun dalam kondisi tertentu dapat diatasi dengan cara tata alir drainase yang baik (Ir. Hamirhan Saodang,2010:47).

Keadaan iklim juga dapat mempengaruhi penetapan lokasi serta bentuk geometrik, misalnya pada daerah yang banyak hujan memaksa perencana untuk menggunakan lereng melintang perkerasan yang lebih besar daripada keadaan normal, juga dapat memaksa pelaksana membuat

alinyemen yang jauh lebih tinggi daripada permukaan tanah asli. Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan tanah (*soil improvement*), sehingga hanya terbatas pada pekerjaan gali- timbun (*cut and fill*) saja.

Permen PU No.19 Tahun 2011 tentang Persyaratan Teknis Jalan dan Kriteria Perencanaan Teknis Jalan, penentuan pemilihan trase dipertimbangkan melalui:

- a. Trase jalan sebaiknya dibuat lurus, pendek, sedikit tikungan, dan kelandaiannya seminim mungkin
- b. Trase jalan menjauhi Daerah Aliran Sungai (DAS).
- c. Trase jalan mempertimbangkan besarnya volume galian dan timbunan.
- d. Pemilihan lokasi trase pada tanah yang mempunyai nilai CBR yang memenuhi syarat, sehingga keberadaan tanah tersebut bisa dipakai untuk pekerjaan timbunan pada lokasi trase jalan yang akan direncanakan.

### **2.1.2 Data Peta Topografi**

Survei topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran *route* yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L.Hendarsin,2000:30).

Kegiatan pengukuran *route* ini juga mencakup pengukuran penampang. Pengukuran *route* yang dilakukan sepanjang trase jalan rencana (*route* hasil survei *reconnaissance*) dengan menganggap sumbu jalan rencana pada trase ini sebagai garis kerangka poligon utama.

### **2.1.3 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan adalah pengelompokan jalan berdasarkan fungsi

jalan, administrasi pemerintahan dan muatan sumbu yang menyangkut dimensi dan berat kendaraan. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar perencanaan didasarkan pada klasifikasi jalan menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku.

Berikut ini adalah pembagian klasifikasi jalan menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, antara lain:

a. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

1) Jalan Arteri

Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi.

2) Jalan Kolektor

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

3) Jalan Lokal

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

b. Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalulintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

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

Berdasarkan peraturan perancangan geometrik jalan yang dikeluarkan oleh Bina Marga, jalan dibagi dalam kelas berdasarkan fungsinya salah satunya dengan mempertimbangkan Lalu Lintas Harian Rata-rata (smp). Kelas jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970. Klasifikasi menurut kelas jalan dalam Lhr untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Rata-rata
1	Arteri	I	> 20.000
2	Kolektor	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3	Lokal	III	-

(Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

c. Klasifikasi Menurut 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

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1977)

d. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Menurut Ir. Hamirhan Saodang (2004:7), klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya terdiri dari :

1) Jalan Nasional

(a) Jalan Arteri Primer

(b) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Provinsi.

- (c) Jalan yang selain dari arteri/kolektor primer, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Nasional.
- 2) Jalan Provinsi
  - (a) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan ibukota Provinsi dengan ibukota Kabupaten/Kotamadya.
  - (b) Jalan Kolektor Primer, yang menghubungkan antar ibukota Kabupaten/Kotamadya.
  - (c) Jalan selain dari yang disebut diatas, yang mempunyai nilai strategisterhadap kepentingan Provinsi.
- 3) Jalan Kabupaten
  - (a) Jalan Kolektor Primer, yang tidak termasuk dalam kelompok jalan Nasional dan kelompok Jalan Provinsi.
  - (b) Jalan Lokal Primer
  - (c) Jalan Sekunder lain, selain sebagaimana dimaksud sebagai Jalan Nasional, dan Jalan Provinsi.
  - (d) Jalan selain dari yang disebutkan diatas, yang mempunyai nilai strategis terhadap kepentingan Kabupaten,.
- 4) Jalan Kotamadya
  - Jalan sekunder didalam Kotamadya.
- 5) Jalan Desa.
- 6) Jalan Khusus
  - Jalan yang dibangun dan dipelihara oleh Instansi/Badan Hukum/Perorangan untuk melayani kepentingan masing-masing.

#### **2.1.4 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan**

Berdasarkan karakteristik-karakteristik dari unsur-unsur kendaraan, lalu lintas dan pengendara, disamping faktor-faktor lingkungan dimana jalan tersebut berada. Pertimbangannya adalah jalan raya harus dapat menampung berbagai jenis kendaraan yang lewat, memberikan kemudahan pada para pengendara, dan layak dilalui untuk sejumlah kapasitas lalu lintas rencana, agar jalan nyaman, aman, murah dan aksesibilitasnya tinggi (Ir.

Hamirhan Saodang,2010:21).

Beberapa parameter perencanaan geometrik dari unsur karakteristik kendaraan antara lain :

a. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

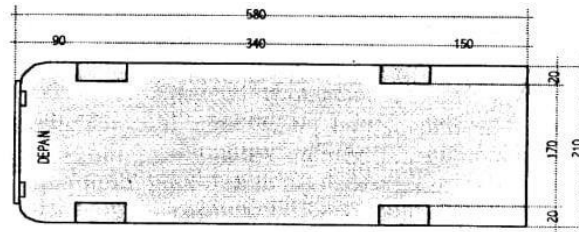
Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 5 (lima) kategori, yaitu :

- 1) Kendaraan ringan/kecil, yaitu kendaraan yang mempunyai 2 as dengan empat roda dengan jarak as 2,00 - 3,00 meter meliputi : penumpang, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga.
- 2) Kendaraan Sedang, yaitu kendaraan yang mempunyai dua as gandar, dengan jarak as 3,5 - 5,00 meter meliputi : bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
- 3) Kendaraan Berat/Besar, yaitu bus dengan dua/tiga gandar, dengan jarak as 5,00 - 6,00 meter.
- 4) Truk Besar, yaitu truk dengan tiga gandar dan truk kombinasi tiga, dengan jarak gandar (gandar pertama ke gandar kedua) < 3,50 meter.
- 5) Sepeda Motor, yaitu kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda tiga.

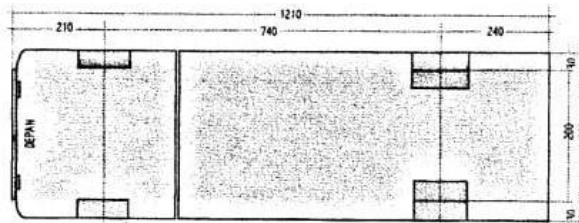
Tabel 2.4 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

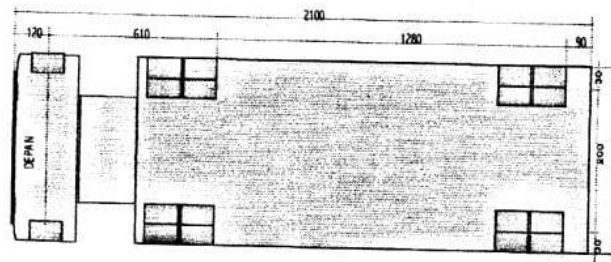
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Berat

b. Satuan Mobil Penumpang

Satuan mobil penumpang (SMP) adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP.

Tabel 2.5 Ekuivalen Mobil Penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon Pick Up	1,0	1,0
2	Bus Kecil, Truk Kecil	1,2 - 2,4	1,9 - 3,5
3	Bus dan Truk Besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

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



c. Volume Lalu Lintas Rencana

Volume lalu lintas adalah jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satu-satuan waktu (hari, jam atau menit). Volume lalu lintas yang ini membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih besar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan tinggi. Satuan volume lalu lintas yang umum digunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah:

1) Lalu Lintas Harian Rata-Rata

Lalu lintas harian rata-rata adalah volume lalu lintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal dua jenis yaitu lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT) dan lalu lintas harian rata-rata (LHR). LHRT adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari rata-rata selama 1 tahun penuh. (Rekayasa Jalan Raya, 1998).

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365 \text{ hari}} \dots\dots\dots (2.1)$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah

LHR adalah jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dibandingkan atau dibagi dengan lamanya pengamatan.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots\dots\dots (2.2)$$

(Rekayasa Jalan, 1998)

2) Volume Jam Rencana (VJR)

Volume lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan SMP/hari. Volume jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas

dinyatakan dalam SMP/jam yang digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan, sehingga dapat dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLHR \times K \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

K = adalah faktor volume lalu lintas jam sibuk

F = adalah faktor variasi tingkat lalu lintas per ¼ jam dalam satu jam

Tabel 2.6 Penentuan Faktor-K

VLHR (SMP/hari)	Faktor-K (%)
> 50.000	4 - 6
30.000 - 50.000	6 - 8
10.000 - 30.000	6 - 8
5.000 - 10.000	8 - 10
1.000 - 5.000	10 - 12
< 1.000	12 - 16

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

d. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi serta arus lalu lintas tertentu (Silvia Sukirman, 1999:46). Kapasitas jalan akan menunjukkan jumlah arus lalu lintas yang maksimum dapat melewati penampang tersebut dalam waktu 1 jam sesuai kondisi jalan. Persamaan dasar untuk menghitung kapasitas ruas jalan dalam MKJI (1997) jalan luar kota adalah sebagai berikut:

$$C = C_o \times FC_W \times FC_{SP} \times FC_{SF} \text{ (smp/jam)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

C = Kapasitas (smp/jam)

C<sub>o</sub> = Kapasitas dasar (smp/jam)

FC<sub>W</sub> = Faktor penyesuaian lebar jalur lalu lintas

FC<sub>SP</sub> = Faktor penyesuaian pemisah arah

FC<sub>SF</sub> = Faktor penyesuaian hambatan samping

Tabel 2.7 Kapasitas Dasar Ruas Jalan

Tipe Jalan	Tipe Alinyemen	Kapasitas Dasar (smp/jam)			Catatan
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan	
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah	Datar	1,650	1,900	2,300	Per lajur
	Bukit		1,850	2,250	
	Gunung		1,800	2,150	
Empat lajur tak terbagi	Datar	1,500	1,700		Per lajur
	Bukit		1,650		
	Gunung		1,600		
Dua lajur tak terbagi	Datar	2,900	3,100	3,400	Total dua arah
	Bukit		3,000	3,300	
	Gunung		2,900	3,200	

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.8 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Lebar Jalur Lalu Lintas

( $FC_w$ )

Tipe Jalan	Lebar Jalur Lalu Lintas Efektif ( $C_w$ ) (m)	$FC_w$		
		Jalan Perkotaan	Jalan Luar Kota	Jalan Bebas Hambatan
Enam atau empat lajur terbagi atau jalan satu arah (6/2 D) atau (4/2 D)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,96	0,96	0,96
	3,50	1,00	1,00	1,00
	3,75	1,04	1,03	1,03
	4,00			
Empat lajur tak terbagi (4/2 UD)	Per lajur			
	3,00	0,92	0,91	
	3,25	0,95	0,96	
	3,50	1,00	1,00	
	3,75	1,05	1,03	
	4,00			
Dua lajur tak terbagi (2/2 UD)	Total dua arah			
	5,0	0,56	0,69	
	6,0	0,87	0,91	
	6,5			0,96
	7,0	1,00	1,00	1,00
	7,5			1,04
	8,0	1,14	1,08	
	9,0	1,25	1,15	
	10,0	1,29	1,21	
	11,0	1,34	1,27	

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.9 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Pemisah Arah (FCSP)

Pemisahan arah SP % - %		50-50	55-45	60-40	65-35	70-30	
FC <sub>SP</sub>	Jalan Perkotaan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,985	0,97	0,955	0,94
FC <sub>SP</sub>	Jalan Luar Kota	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88
		(4/2)	1,00	0,975	0,95	0,925	0,9
FC <sub>SP</sub>	Jalan Bebas Hambatan	(2/2)	1,00	0,97	0,94	0,91	0,88

(Sumber: Manual Kapasitas Jalan Indonesia, 1997)

Tabel 2.10 Faktor Penyesuaian Kapasitas untuk Hambatan Samping (FC<sub>SF</sub>)

Tipe Jalan	Kelas Hambatan Samping	Faktor Penyesuaian untuk Hambatan Samping untuk Jalan dengan Bahu (FC <sub>SF</sub> )			
		Lebar Bahu Efektif (W <sub>s</sub> )			
		≤ 0,5	1,0	1,5	≥ 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	0,92	0,93	0,96
4/2 UD atau 2/2 UD	VL	0,97	0,99	1,00	1,02
	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 (DS) didefinisikan sebagai rasio arus jalan terhadap kapasitas, yang digunakan sebagai faktor utama dalam penentuan tingkar kinerja simpang dan segmen jalan. Nilai DS menunjukkan apakah segmen jalan tersebut mempunyai masalah kapasitas atau tidak. Persamaan dasar untuk menentukan derajat kejenuhan adalah sebagai berikut:

$$DS = \frac{Q}{c}$$

Dimana:

DS = Derajat Kejenuhan

Q = Arus Lalu Lintas (smp/jam)

$C$  = Kapasitas (smp/jam)

Derajat kejenuhan dihitung dengan menggunakan arus dan kapasitas yang dinyatakan dalam smp/jam, untuk perilaku lalu lintas berupa kecepatan.

Tabel 2.11 Tingkat Pelayanan Jalan

Tingkat Pelayanan	Karakteristik	Batas Lingkup (Q/C)
A	Arus Bebas; Volume rendah dan kecepatan tinggi, pengemudi dapat memilih kecepatan yang dikehendaki	0,00 – 0,20
B	Arus Stabil; Kecepatan sedikit terbatas oleh lalu lintas	0,21 – 0,44
C	Arus Stabil; Kecepatan dikontrol oleh lalu lintas	0,45 – 0,74
D	Arus mendekati tidak stabil; Kecepatan menurun akibat hambatan yang timbul dan kebebasan bergerak relatif kecil	0,75 – 0,84
E	Arus tidak stabil; Kecepatan rendah dan berbeda-beda terkadang berhenti, volume mendekati kapasitas	0,85 – 1,00
F	Arus yang dipaksakan atau macet; Kecepatan rendah, volume diatas kapasitas, terjadi hambatan besar	> 1,00

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

f. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( $V_R$ ) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit,  $V_R$  suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 Km/jam.

Tabel 2.12 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ) sesuai klasifikasi fungsi dan medan jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana, $V_R$ (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70

Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

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

## 2.2 Penampang Melintang

Penampang melintang jalan merupakan potongan melintang tegak lurus sumbu jalan (Silvia Sukirman, 1994:21). Pada potongan melintang jalan dapat terlihat bagian-bagian jalan, bagian-bagian jalan yang utama dapat dikelompokkan sebagai berikut :

### 2.2.1 Jalur Lalu Lintas

Jalur lalu lintas (*travelled way = carriage way*) adalah keseluruhan bagian perkerasan jalan yang diperuntukkan untuk lalu lintas kendaraan. Jalur lalu lintas terdiri dari beberapa lajur (*lane*) kendaraan. Lajur kendaraan, yaitu bagian dari jalur lalu lintas yang khusus diperuntukkan untuk dilewati oleh satu rangkaian kendaraan beroda empat atau lebih dalam satu arah (Silvia Sukirman, 1994:22).

a. Jalur lalu lintas dapat terdiri atas beberapa tipe

- 1) 1 jalur – 2 lajur – 2 arah (2/2 TB)
- 2) 1 jalur – 2 lajur – 1 arah (2/1 TB)
- 3) 2 jalur – 4 lajur – 2 arah (4/2 B)
- 4) 2 jalur – n lajur – 2 arah (n/2 B), di mana n = jumlah lajur

Keterangan : TB = tidak terbagi

B = terbagi

b. Lebar Jalur

Lebar jalur lalu lintas merupakan bagian yang paling menentukan lebar melintang jalan secara keseluruhan. Besarnya lebar lajur lalu lintas hanya dapat ditentukan dengan pengamatan langsung di lapangan. Lebar kendaraan penumpang pada umumnya bervariasi antara 1,50 m – 1,75 m. Bina Marga mengambil lebar kendaraan rencana untuk mobil penumpang adalah 1,70 m – 2,50 m, untuk kendaraan rencana truk/bis/semitrailer.

Lebar jalur merupakan lebar kendaraan ditambah dengan ruang bebas antara kendaraan yang besarnya sangat ditentukan oleh keamanan dan kenyamanan yang diharapkan. Lebar jalur sangat ditentukan oleh jumlah dan lebar lajur permukaannya. Menunjukkan lebar jalur dan bahu jalan sesuai VLHR-nya. Lebar jalur minimum adalah 4,5 meter, mungkin 2 kendaraan kecil saling berpapasan. Papasan dua kendaraan besar yang terjadi sewaktu – waktu dapat menggunakan bahu jalan. (Tata Cara Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997).

Tabel 2.13 Penentuan Lebar Jalur

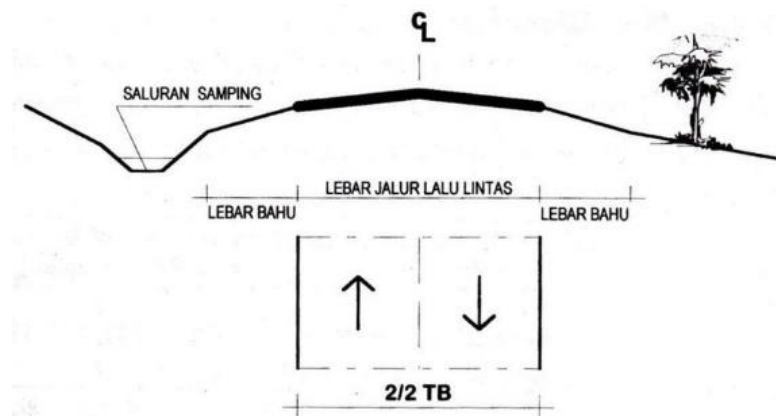
VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)
<3000	6	4.5	6	4.5	6	4.5
3000-10000	7	6	7	6	7	6
10000-25000	7	7	7	**)	-	-
>25000	2n x 3.5*	2 x 7*	2n x 3.5*	**)	-	-

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

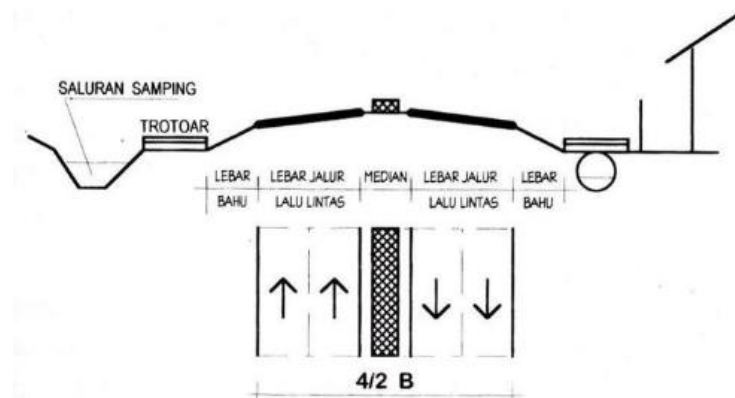
Keterangan : \*\*) = Mengacu pada persyaratan ideal

\*) = 2 jalur terbagi, masing-masing  $n \times 3.5$  m, dimana  $n$  = jumlah lajur pejalur

- = Tidak ditentukan



Gambar 2.4 Penampang Melintang Jalan Tanpa Median



Gambar 2.5 Penampang Melintang Jalan dengan Median

### 2.2.2 Bahu Jalan

Bahu jalan adalah bagian jalan yang terletak di tepi jalur lalu lintas dan harus diperkeras. Fungsi bahu jalan adalah sebagai berikut :

- a) Ruang untuk tempat berhenti sementara kendaraan yang mogok atau sekedar berhenti karena pengemudi ingin berorientasi mengenai jurusan yang akan ditempuh atau untuk beristirahat.
- b) Ruang untuk menghindarkan diri dari saat-saat darurat, sehingga dapat mencegah terjadinya kecelakaan.
- c) Memberikan kelegaan pada pengemudi, dengan demikian dapat meningkatkan kapasitas jalan yang bersangkutan.
- d) Memberikan sokongan pada konstruksi perkerasan jalan dari arah samping.
- e) Ruang pembantu pada waktu mengadakan pekerjaan perbaikan atau pemeliharaan jalan.
- f) Ruang untuk lintasan kendaraan-kendaraan patroli, ambulans, yang sangat dibutuhkan pada keadaan darurat.

Berdasarkan tipe perkerasannya, bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu yang tidak diperkeras, yaitu bahu yang hanya dibuat dari material jalan tanpa bahan pengikat. Biasanya digunakan material agregat bercampur sedikit lempung. Bahu yang tidak diperkeras ini dipergunakan untuk daerah-daerah yang tidak begitu genting, dimana kendaraan berhenti dan menggunakan bahu tidak begitu banyak jumlahnya.
- b) Bahu yang diperkeras, yaitu bahu yang menggunakan bahan pengikat



sehingga lapisan tersebut lebih kedap air dibandingkan dengan bahu yang tidak diperkeras. Bahu jenis ini dipergunakan untuk jalan-jalan dimana kendaraan yang akan berhenti dan memakai bagian tersebut besar jumlahnya, seperti sepanjang jalan tol, di sepanjang jalan arteri yang melintasi kota, dan di tikungan-tikungan yang tajam.

Dilihat dari letaknya bahu terhadap arah arus lalu lintas, maka bahu jalan dapat dibedakan atas:

- a) Bahu kiri/bahu luar (*left shoulder/ outer shoulder*) adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kiri dari jalur lalu lintas.
- b) Bahu kanan/bahu dalam (*right/inner shoulder*) adalah bahu yang terletak di tepi sebelah kanan dari jalur lalu lintas.

Adapun lebar bahu pada jalan dapat dipengaruhi oleh:

- a) Fungsi jalan

Jalan arteri direncanakan untuk kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan jalan lokal. Dengan demikian jalan arteri membutuhkan kebebasan samping, keamanan, dan kenyamanan yang lebih besar, atau menurut lebar bahu yang lebih lebar dari jalan lokal.

- b) Volume lalu lintas

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar bahu yang lebih besar dibandingkan dengan volume lalu lintas yang lebih rendah.

- c) Kegiatan di sekitar jalan

Jalan yang melintasi daerah perkotaan, pasar, sekolah, membutuhkan lebar bahu jalan yang lebih besar daripada jalan yang melintasi daerah rural, karena bahu jalan tersebut dipergunakan pula sebagai tempat parkir dan pejalan kaki.

- d) Ada atau tidak adanya trotoar

- e) Biaya yang tersedia

Biaya yang tersedia sehubungan dengan biaya pembebasan tanah, dan biaya untuk konstruksi. Lebar bahu jalan dengan demikian dapat bervariasi antara 0,5 m – 2,5 m.

Tabel 2.14 Penentuan Lebar Bahu Jalan

VLHR (smp/hari)	Arteri		Kolektor		Lokal	
	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum	Ideal	Minimum
	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)	Lebar Jalur (m)
<3000	1.5	1	1.5	1	1	1
3000-10000	2	1.5	1.5	1.5	1.5	1
10000-25000	2	2	2	**)	-	-
>25000	2	2	2	**)	-	-

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

Keterangan : \*\*) = Mengacu pada persyaratan ideal

\*) = 2 jalur terbagi, masing-masing  $n \times 3.5$  m, dimana  $n$  = jumlah lajur pejalur

- = Tidak ditentukan

### 2.2.3 Trotoar atau Jalur Pejalan Kaki (*Side Walk*)

Trotoar adalah jalur yang terletak berdampingan dengan jalur lalu lintas yang khusus dipergunakan untuk pejalan kaki (pedestrian). Untuk keamanan pejalan kaki, maka trotoar ini harus dibuat terpisah dari jalur lalu lintas oleh struktur fisik berupa kereb. Perlu atau tidaknya trotoar yang disediakan sangat tergantung dari volume pedestrian dan volume lalu lintas pemakai jalan tersebut (Silvia Sukirman, 1994).

Lebar trotoar yang dibutuhkan ditentukan oleh volume pejalan kaki, tingkat pelayanan pejalan kaki yang diinginkan, dan fungsi jalan. Untuk itu lebar 1,5 - 3,0 m merupakan nilai yang umum dipergunakan.

### 2.2.4 Median

Median adalah jalur yang terletak di tengah jalan untuk membagi jalan dalam masing-masing arah. Secara garis besar, median berfungsi sebagai :

- Menyediakan daerah netral yang cukup lebar dimana pengemudi masih dapat mengontrol kendaraannya pada saat-saat darurat.
- Menyediakan jarak yang cukup untuk membatasi/mengurangi kesilauan terhadap lampu besar dari kendaraan yang berlawanan arah.
- Menambah rasa kelegaan, kenyamanan dan kendahan bagi setiap pengemudi.

d. Mengamankan kebebasan samping dari masing-masing arah lalu lintas.

Untuk memenuhi keperluan-keperluan tersebut di atas, maka median serta batas-batasnya harus nyata oleh setiap mata pengemudi baik pada siang hari maupun pada malam hari serta segala cuaca dan keadaan. Lebar median bervariasi antara 1,0– 12 meter.

Median dengan lebar sampai 5m sebaiknya ditinggikan dengan kereb atau dilengkapi dengan pembatas agar tidak dilanggar kendaraan. Semakin lebar median semakin baik bagi lalu lintas tetapi semakin mahal biaya yang dibutuhkan. Jadi biaya yang tersedia dan fungsi jalan sangat menentukan lebar median yang dipergunakan.

### 2.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal terdiri dari garis - garis lurus yang dihubungkan dengan garis - garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (Silvia Sukirman,1999:67).

Pada perencanaan alinyemen horizontal (Shirley L.Hendarsin,2000:93), umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung atau tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu :

- a. Lingkaran (*Full Circle* = FC)
- b. Spiral - Lingkaran - Spiral (*Spiral - Circle - Spiral* = SCS)
- c. Spiral - Spiral (SS)

#### 2.3.1 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  $V_R$ ).

Tabel 2.15 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Perbukitan	Pegunungan
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

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

### 2.3.2 Jari-jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengurangi gaya sentrifugal tersebut perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi ( $e$ ).

Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang ( $f$ ).

Rumus umum untuk lengkung horizontal adalah :

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \dots\dots\dots (2.5)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360^\circ \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana : R = Jari-jari lengkung (m)

D = derajat lengkung ( $^\circ$ )

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari – jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum,

$$R_{min} = \frac{VR^2}{127(e_{maks}+f_{maks})} \dots\dots\dots (2.7)$$

$$D_{maks} = \frac{181913,53(e_{maks}+f_{maks})}{VR^2} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dimana : Rmin = Jari-jari tikungan minimum (m)

$V_R$  = kecepatan kendaraan rencana (km/jam)

$e_{maks}$  = superelevasi maksimum (%)

$f_{maks}$  = koefisien gesekan melintang maksimum

D = derajat lengkung

$D_{maks}$  = derajat maksimum

Untuk pertimbangan perencanaan, digunakan  $e_{maks} = 10\%$  dan  $f_{maks}$  yang hasilnya dibulatkan. Untuk berbagai variasi kecepatan dapat digunakan tabel.

Tabel 2.16 Panjang Jari-jari Minimum (dibulatkan) untuk  $e_{maks} = 10\%$

$V_R$ (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
$R_{min}$ (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

(sumber: Shirley Hendarshin, 2000)

Pada perencanaan garis-garis lengkung peralihan atau tikungan perlu dilakukan perhitungan kemiringan jalan atau superelevasi, karena ada tikungan akan bekerja gaya yang dapat mendorong kendaraan secara radial keluar jalur yang disebut gaya sentrifugal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal. Semakin besar superelevasi, maka semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan perlu tipe dan kelas jalan. Menurut Silvia Sukirman (1999:120) ada 3 bentuk lengkung horizontal atau tikungan, yaitu:

- a. Tikungan *Full Circle* (FC)
- b. Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SC)
- c. Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

### 2.3.3 Tikungan

Tikungan terdiri atas 3 (tiga) bentuk, antara lain :

- a. *Full Circle* (FC) atau Busur Lingkaran

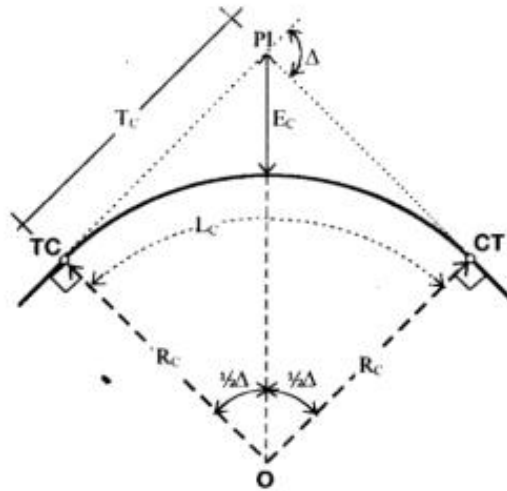
*Full Circle* (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari - jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar (Shirley L.Hendarsin,2000:96).

Rumus yang digunakan pada tikungan full circle, yaitu:

$$T_c = R_c \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.9)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots (2.10)$$

$$L_c = \frac{\Delta 2\pi \cdot R_c}{180^\circ} \dots \dots \dots (2.11)$$



Gambar 2.6 Tikungan *Full Circle* (FC)

Keterangan:

- Δ = Sudut lingkaran
- O = Titik pusat lingkaran
- Tc = Panjang tangen jarak dari TC ke PI atau PI ke CT
- Rc = Jari-jari lingkaran
- Lc = Panjang busur lingkaran
- Ec = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran

Tabel 2.17 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan

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

(sumber: Shirley Hendarshin, 2000)

b. *Spiral - Circle - Spiral* (SCS) atau Lengkung Peralihan

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

dan bagian lingkaran (*Circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk *full circle*/busur lingkaran. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S (Shirley L.Hendarsin, 2000:96).

Panjang lengkung peralihan (LS), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$LS = \frac{V_R}{3,6} \times T \dots\dots\dots (2.12)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal digunakan rumus Modifikasi *Shortt*, sebagai berikut :

$$LS = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c \cdot C} - 2,727 \frac{V_R \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.13)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$LS = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \times V_r \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana :

T = waktu tempuh = 3 detik

VR = kecepatan rencana (km/jam)

RC = jari-jari busur lingkaran (m)

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det<sup>3</sup>

e = superelevasi

em = superelevasi maksimum

en = superelevasi minimum

re = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut :

- Untuk  $VR \leq 70$  km/jam, nilai re mak = 0,035 m/m/det
- Untuk  $VR > 70$  km/jam, nilai re mak = 0,035 m/m/det

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

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R_c^2}\right) \dots \dots \dots (2.15)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R_c} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$\theta_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R_c} - R_c (1 - \cos\theta) \dots \dots \dots (2.18)$$

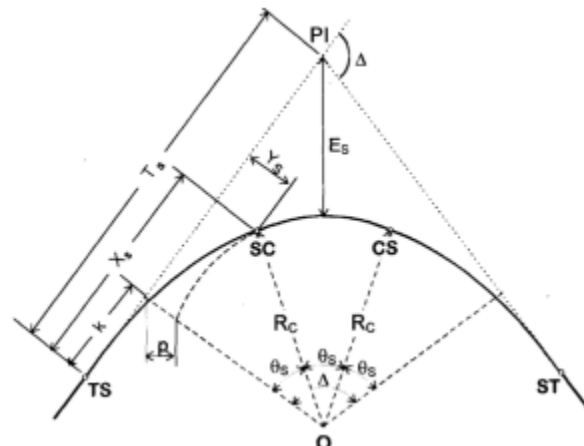
$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R_c^2} - R_c \sin\theta_s \dots \dots \dots (2.19)$$

$$Ts = (Rc + p) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots (2.20)$$

$$Es = (Rc + p) \sec \frac{1}{2} \Delta + Rc \dots \dots \dots (2.21)$$

$$Lc = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times Rc \dots \dots \dots (2.22)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots \dots \dots (2.23)$$



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST)

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)



Ts	= Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST
TS	= Titik dari tangen ke spiral
SC	= Titik dari spiral ke lingkaran
Es	= Jarak dari PI ke busur lingkaran
$\theta_s$	= Sudut lengkung spiral
Rc	= Jari – jari lingkaran
p	= Pergeseran tangen terhadap spiral
k	= Absis dari p pada garis tangen spiral

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan (Shirley L.Hendarsin,2000:99).

c. *Spiral – spiral* (SS)

Tikungan ini merupakan tikungan yang terdiri lengkung horizontal berbentuk *spiral – spiral* tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS (Silvia Sukirman, 1999:134). Adapun ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan spiral - spiral adalah sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2}\Delta \dots\dots\dots(2.24)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360^\circ} \cdot 2\theta_s \dots\dots\dots(2.25)$$

$$L_c = 0 \dots\dots\dots(2.26)$$

$$Ts = (R + p) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \dots\dots\dots(2.27)$$

$$Es = (R + p) \sec \frac{1}{2}\Delta - R \dots\dots\dots(2.28)$$

$$L = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.29)$$

$$K = k \cdot x \cdot L_s \dots\dots\dots(2.30)$$

$$P = p \cdot x \cdot L_s \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

$L_s$  = Panjang lengkung peralihan (jarak TS – SC atau CS – ST), (m)

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (jarak SC – CS), (m)

$\Delta$  = Sudut tikungan ( $^\circ$ )

$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral ( $^\circ$ )

$R$  = Jari-jari tikungan (m)

$p$  = pergeseran tangen terhadap spiral (m)

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

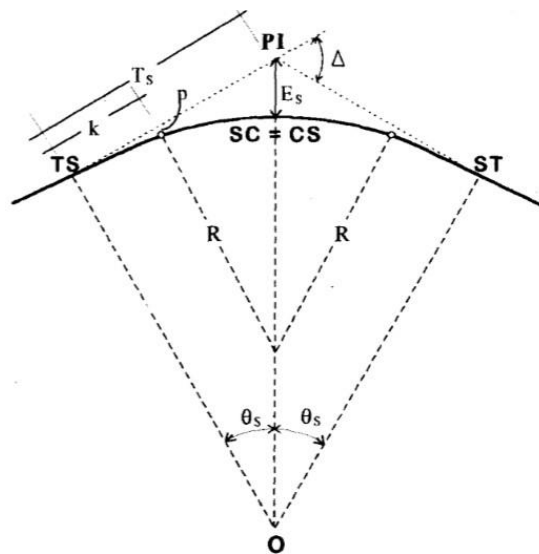
$L$  = Panjang tikungan S-S (m)

Tabel 2.18  $p^*$  dan  $k^*$ , untuk  $L_s = 1$

$qs(^*)$	$p^*$	$k^*$	$qs(^*)$	$p^*$	$k^*$	$qs(^*)$	$p^*$	$k^*$
0,5	0,0007272	0,4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4943141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769

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

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, 1997)



Gambar 2.8 Tikungan *Spiral - Spiral*

### 2.3.4 Landai Relatif

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif. Presentase kelandaian ini disesuaikan dengan kecepatan rencana dan jumlah lajur yang ada (Shirley L.Hendarsin,2000:103). rumus :

$$\frac{1}{m} = \frac{(e+e_n)B}{L_S} \dots\dots\dots(2.32)$$

Dimana :

$\frac{1}{m}$  = landai relatif (%)

e = superelevasi (m/m<sup>1</sup>)

e<sub>n</sub> = kemiringan melintang normal (m/m<sup>1</sup>)

B = lebar jalur (m)

Tabel 2.19 Landai Relatif Maksimum (Untuk 2/2 TB)

V <sub>R</sub> (km/jam)	20	30	40	50	60	80
Kemiringan maksimum	1/50	1/75	1/100	1/11	1/125	1/150

(Sumber : Shirley L.Hendarsin, 2000)

### 2.3.5 Diagram Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu yang berfungsi untuk mempermudah dalam pelaksanaan pengerjaan.

- Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir lengkung peralihan.
- Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang 2/3 L<sub>s</sub> sampai bagian lingkaran penuh sepanjang 1/3 L<sub>s</sub>.
- Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap lereng normal (LN).

Pada tikungan *full circle* (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif ( $L_s'$ ). Bina Marga menempatkan  $\frac{3}{4} L_s'$ , di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan  $\frac{1}{4} L_s'$  ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan  $\frac{2}{3} L_s'$  di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan  $\frac{1}{3} L_s'$  ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier melalui dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari (R) cukup besar untuk itu cukup lereng diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk itu nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada tabel 2.20 berikut:

Tabel 2.20 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	50	0.025	60	0.033	70	0.040	75
1.500	955	Lp	45	0.023	50	0.030	60	0.038	70	0.047	75

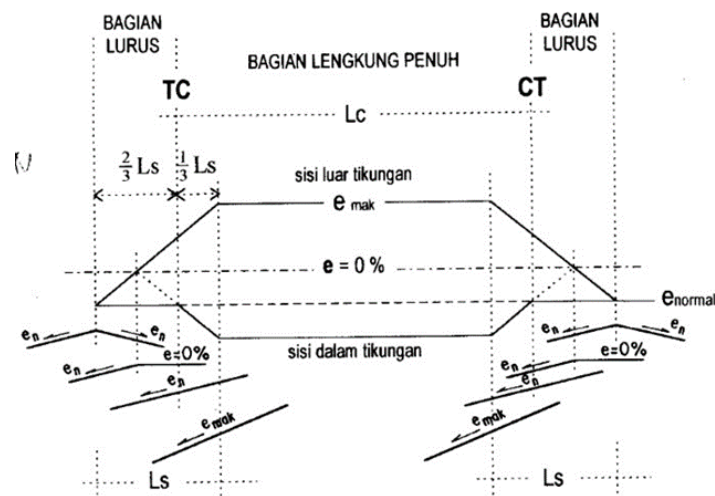
1.750	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60				
9.000	179	0.074	45	0.091	60	0.099	60				
10.000	143	0.079	45	0.095	60	D maks = 9,12					
11.000	130	0.083	45	0.098	60						
12.000	119	0.087	45	0.100	60						
13.000	110	0.091	45	D maks = 12,79							
14.000	102	0.093	45								
15.000	96	0.096	45								
16.000	90	0.097	45								

17.000	84	0.099	45
18.000	80	0.099	45
19.000	75	D maks = 18,8	

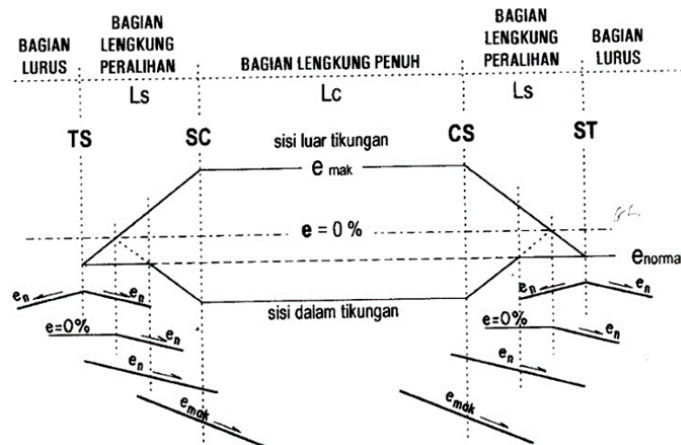
(sumber: Silvia Sukirman, 1999)

Metoda untuk melakukan superelevasi yaitu merubah lereng potongan melintang, dilakukan dengan bentuk profil dari tepi perkerasan yang dibundarkan, tetapi disarankan cukup untuk mengambil garis lurus saja (Shirley L.Hendarsin,2000:104).

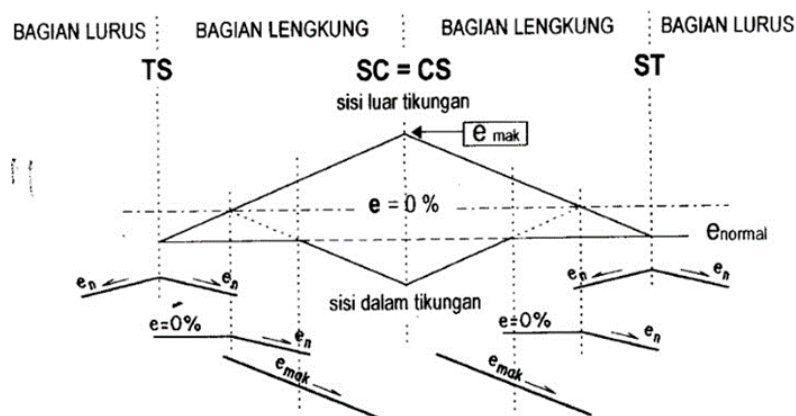
Adapun diagram superelevasi pada tikungan *full circle*, *spiral - circle - spiral*, dan *spiral - spiral* adalah sebagai berikut :



Gambar 2.9 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe FC  
(contoh untuk tikungan ke kiri)



Gambar 2.10 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SCS  
(contoh untuk tikungan ke kanan)



Gambar 2.11 Metoda pencapaian superelevasi pada tikungan tipe SS  
(contoh untuk tikungan ke kanan)

### 2.3.6 Pelebaran Jalur Lalu Lintas di Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas di tikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar jalur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi di tikungan (Shirley L.Hendarsin,2000:106).

Menurut Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997, pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.



- b. Penambahan lebar lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar
- c. Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana dan besarnya ditetapkan sesuai tabel 2.21 dan 2.22.
- d. Untuk jalan 1 jalur 3 lajur, nilai dalam tabel 2.21 dan 2.22 harus dikalikan 1,5.
- e. Untuk jalan 1 jalur 4 lajur, nilai dalam tabel 2.21 dan 2.12 harus dikalikan 2.

Tabel 2.21 Pelebaran di Tikungan untuk lebar jalur  $2 \times 3,50$  m, 2 arah atau 1 arah

R (min)	Kecepatan Rencana, $V_R$ (km/jam)							
	50	60	70	80	90	100	110	120
1500	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1000	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
750	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,3	0,3
500	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	
400	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5		
300	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5			
250	0,4	0,5	0,5	0,6				
200	0,6	0,7	0,8					
150	0,7	0,8						
140	0,7	0,8						
130	0,7	0,8						
120	0,7	0,8						
110	0,7							
100	0,8							
90	0,8							
80	1,0							
70	1,0							

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

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsisten geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan :

- a. Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
- b. Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga

proyeksi kendaraan tetap pada jalurnya.

- c. Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b' \dots\dots\dots(2.33)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25)^2} + 64 - (\sqrt{R_c^2 - 64} - 1,25) \dots\dots\dots(2.34)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$B_t = n (B+c) + z \dots\dots\dots(2.36)$$

Dimana :

B = lebar perkerasan pada tikungan (m).

B<sub>n</sub> = lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

b = lebar kendaraan rencana (m).

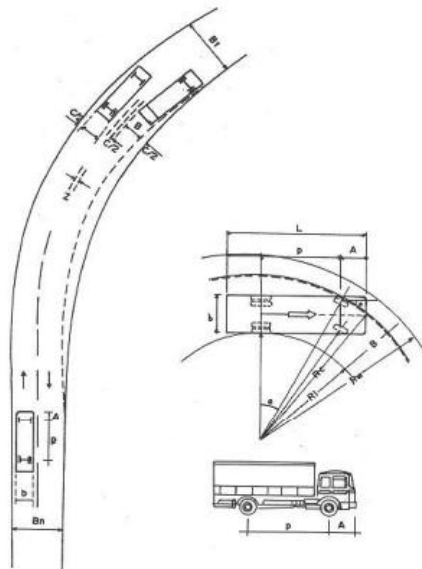
R<sub>c</sub> = radius lengkung untuk lintasan luar rada depan (m).

Z = lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R = radius lengkung (m)

n = jumlah lajur.

C = kebebasan samping (0,8 m).



Gambar 2.12 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

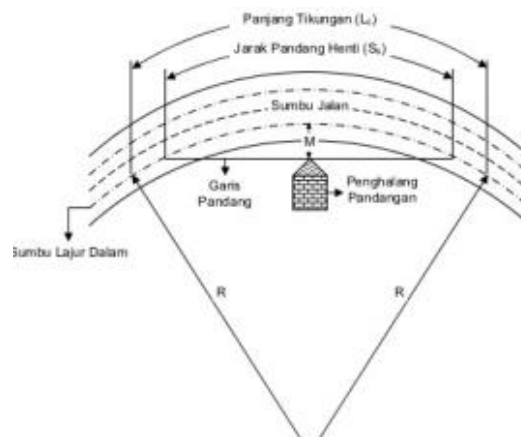
### 2.3.7 Kebebasan Samping pada Tikungan

Daerah bebas samping adalah ruang yang disediakan pada suatu tikungan agar pengemudi mempunyai kebebasan pandangan sesuai jarak pandang yang dipersyaratkan (Ir. Hamirham Saodang,2010:17).

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh  $E$  (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan  $J_h$  (jarak pandang henti) dipenuhi (Shirley L. Hendarsin, 2000:107).

Menurut Bina Marga daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

1. Jika  $J_h < L_t$



Gambar 2.13 Daerah Bebas Samping di tikungan untuk  $J_h < L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{90 J_h}{\pi x R} \right) \dots \dots \dots (2.37)$$

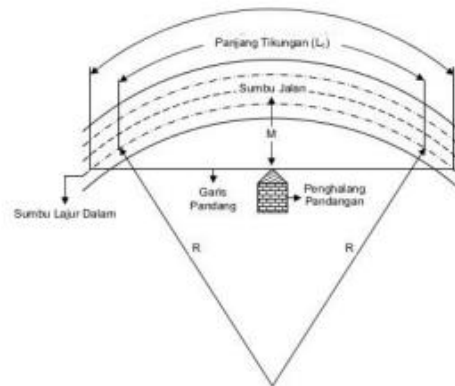
Dimana:

$E$  = jarak bebas samping (m)

$R$  = jari-jari tikungan (m)

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

$J_h$  = jarak pandang henti (m)

2. Jika  $J_h > L_t$ Gambar 2.14 Daerah Bebas Sampung di tikungan untuk  $J_h > L_t$ 

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{90J_h}{\pi x R} \right) \times \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \frac{90J_h}{\pi x R} \dots \dots \dots (2.38)$$

Dimana:

- E = jarak bebas sampung (m)
- R = jari-jari tikungan (m)
- $J_h$  = jarak pandang henti (m)
- $L_t$  = panjang tikungan (m)

### 2.3.8 Penomoran Panjang Jalan (*Stationing*)

Penomoran *stationing* panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan (Silvia Sukirman, 1999:181).

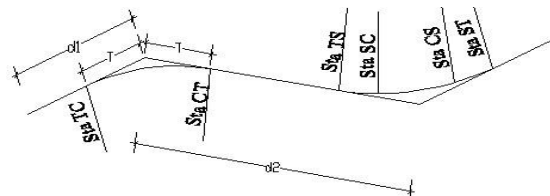
Nomor jalan (STA Jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain:

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok STA merupakan patok sementara selama pelaksanaannya proyek tersebut.

Metoda penomoran STA jalan dimulai dari 0 + 000 m yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

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

Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap titik penting, jadi terdapat STA titik TC, dan STA titik CT pada tikungan jenis lingkaran sederhana. STA titik TS, STA titik SC, STA titik CS, dan STA titik ST pada tikungan jenis spiral – busur lingkaran, dan spiral..



Gambar 2.15 Sistem Penomoran *Stationing* Jalan  
(Silvia Sukirman, 2000)

## 2.4 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan. Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain : Kondisi tanah dasar, keadaan medan, fungsi jalan, muka air banjir, muka air tanah dan kelandaian yang masih memungkinkan (Ir. Hamirham Saodang, 2010:108).

Pada perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan) sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung cekung. Disamping itu akan ditemui pula kelandaian = 0 (datar) (Shirley L. Hendarsin, 2000:114).

Perlu diperhatikan bahwa alinyemen vertikal yang direncanakan itu akan berlaku untuk masa panjang, sehingga sebaiknya alinyemen vertikal yang dipilih

tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

#### 2.4.1 Kelandaian

Untuk menghitung dan merencanakan lengkung vertikal, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu :

##### a. Karakteristik kendaraan pada kelandaian

Hampir seluruh kendaraan penumpang dapat berjalan baik dengan kelandaian 7 - 8% tanpa ada perbedaan dibandingkan pada bagian datar. Sedangkan untuk truk, kelandaian akan lebih besar pengaruhnya.

##### b. Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh dan mampu bergerak dengan kecepatan tidak kurang dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.

Tabel 2.22 Kelandaian Maksimum yang Diizinkan

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

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

##### c. Kelandaian Minimum

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

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Pada jalan yang menggunakan kerb di tepi perkerasannya, perlu dibuat kelandaian minimum 0,5 % untuk keperluan kemiringan saluran samping karena kemiringan melintang jalan dengan kerb hanya cukup untuk mengalirkan air ke samping.

d. Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis ini diperlukan sebagai batasan panjang kelandaian maksimum agar pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh  $V_R$ . Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari satu menit.

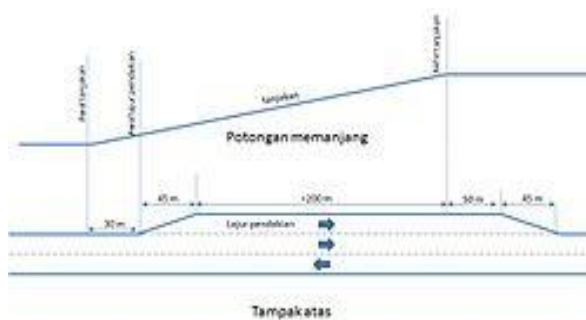
Tabel 2.23 Panjang Kritis (m)

Kecepatan pada Awal Tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Shirley L. Hendarsin,2000)

e. Lajur pendakian pada kelandaian khusus

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi terutama untuk tipe 2/2 TB, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah  $V_R$ , sedangkan kendaraan lain masih dapat bergerak dengan  $V_R$ , sebaiknya dipertimbangkan untuk dibuat lajur tambahan pada bagian kiri dengan ketentuan untuk jalan baru menurut MKJI didasarkan pada BSH (Biaya Siklus Hidup).



Gambar 2.16 Lajur Pendakian

## 2.4.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal direncanakan untuk merubah secara bertahap perubahan dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup untuk keamanan dan kenyamanan (Shirley L. Hendarsin,2000:117).

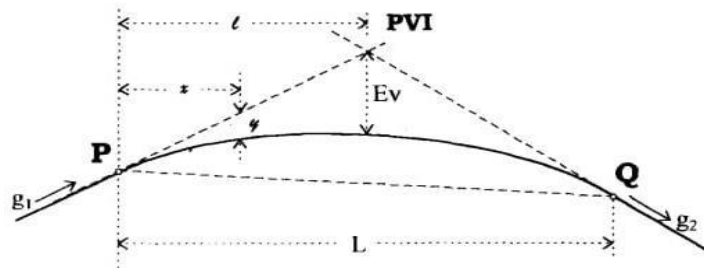
Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi panjang lengkung dapat diperkirakan panjangnya, panjang minimum lengkung vertikal bisa ditentukan langsung dengan tabel 2.25 berikut:

Tabel 2.24 Panjang Minimum Lengkung Vertikal

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

(sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-) ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Tipikal lengkung vertikal seperti pada gambar 2.15 berikut.



Gambar 2.17 Tipikal Lengkung Vertikal Bentuk Parabola

Rumus yang digunakan:

$$A = g_1 \pm g_2 \dots\dots\dots(2.39)$$

$$Y' = \left[ \frac{g_2 - g_1}{200L_v} \right] \cdot x^2 \dots\dots\dots(2.40)$$

Untuk  $X = \frac{1}{2} L_v$ , maka  $y' = E_v$  yang dirumuskan sebagai berikut:

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana:

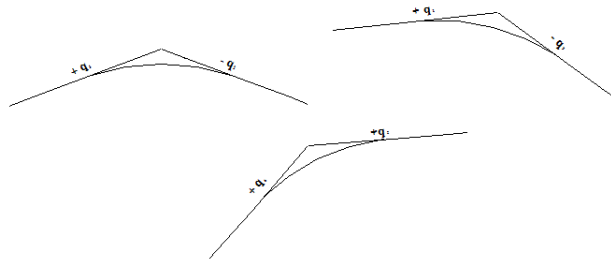
- x :Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
- y' :Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkungan (m)
- g1,g2 :Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)
- Lv :Panjang lengkung vertikal (m)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (*tangen*), yaitu:



a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan (Silvia Sukirman, 2000).



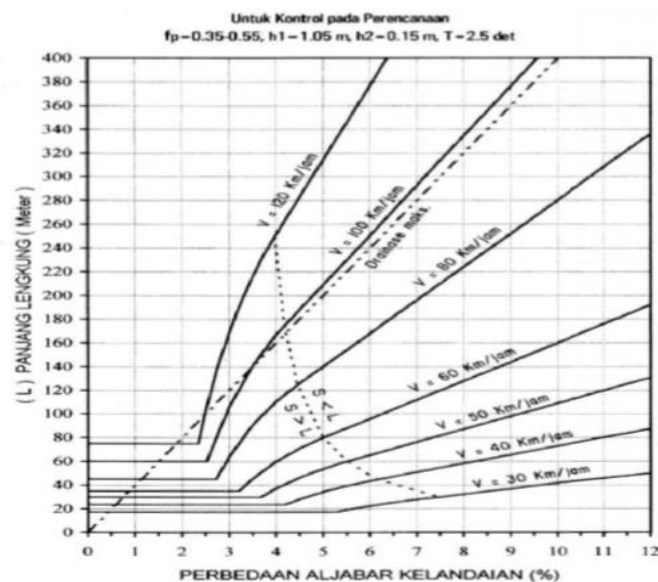
Gambar 2.18 Alinyemen Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Pedoman Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997, untuk lengkung cembung seperti dibawah ini :

Tabel 2.25 Ketentuan Tinggi untuk Jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	$h_1$ (m) tinggi mata	$h_2$ (m) tinggi obyek
Henti ( $J_h$ )	1,05	0,15
Mendahului ( $J_d$ )	1,05	1,05

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

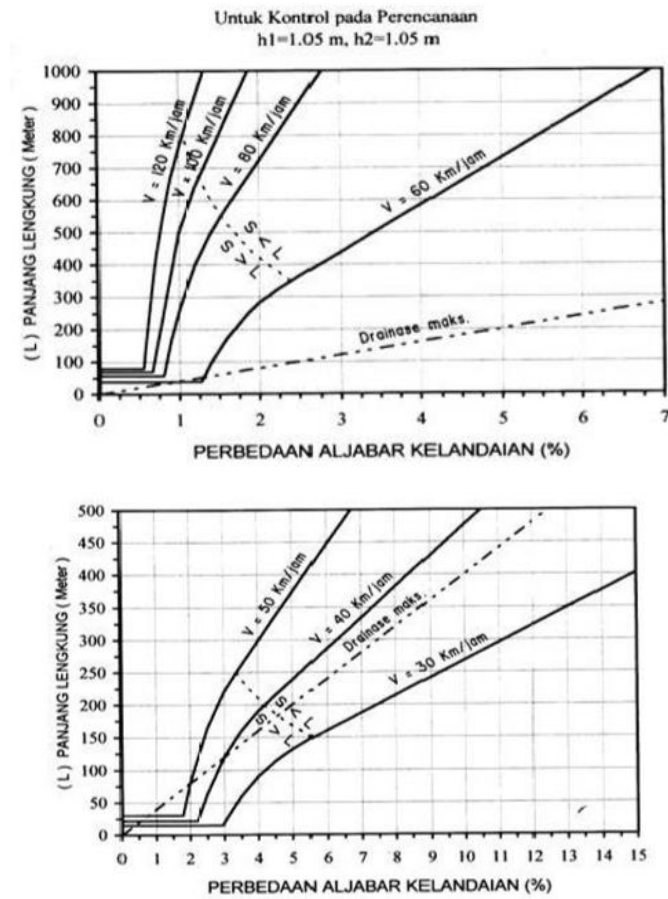


Gambar 2.19 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

1) Panjang L, berdasarkan Jh

$$J_h < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots \dots \dots (2.42)$$

$$J_h > L, \text{ maka } L = 2J_h - \frac{399}{A} \dots \dots \dots (2.43)$$

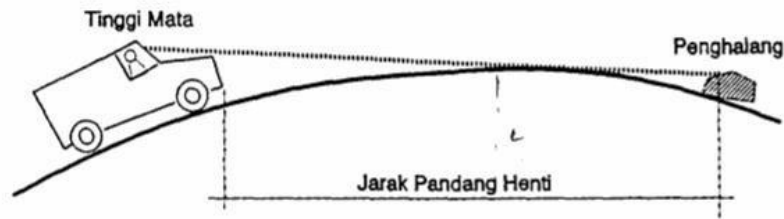


Gambar 2.20 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

2) Panjang L, berdasarkan Jd

$$J_d < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots \dots \dots (2.44)$$

$$J_d > L, \text{ maka } L = 2J_d - \frac{840}{A} \dots \dots \dots (2.45)$$



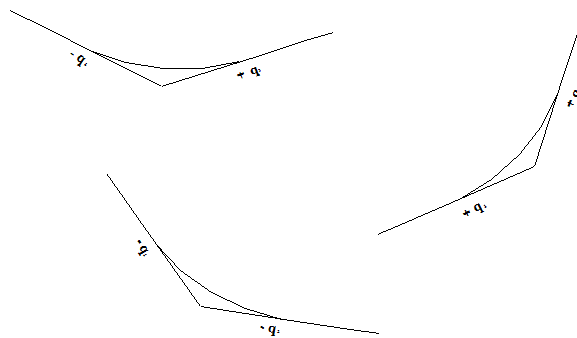
Gambar 2.21 Lengkung Vertikal Cembung

b. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan.

Ada 4 kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung vertikal (L) Menurut Shirley L. Hendarsin (2000:122), yaitu:

- 1) Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- 2) Kenyamanan pengemudi
- 3) Ketentuan drainase
- 4) Penampilan secara umum



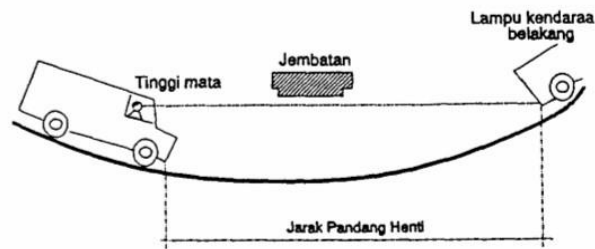
Gambar 2.22 Alinyemen Vertikal Cekung

Dengan tinggi lampu besar kendaraan = 0,60 m dan sudut bias = 1°, maka diperoleh rumus sebagai berikut :

- 1) Panjang L, berdasarkan Jh

$$J_h < L, \text{ maka } L = \frac{A \cdot J_h^2}{120 + 3,5 J_h} \dots\dots\dots(2.46)$$

$$J_h > L, \text{ maka } L = 2J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots\dots\dots(2.47)$$



Gambar 2.23 Lengkung Vertikal Cekung

### 2.4.3 Koordinasi Alinyemen

Menurut Shirley L. Hendarsin (2000: 124-125), koordinasi alinyemen pada perencanaan teknik jalan, diperlukan untuk menjamin suatu perencanaan teknik jalan raya yang baik dan menghasilkan keamanan serta rasa nyaman bagi pengemudi kendaraan (selaku pengguna jalan) yang melalui jalan tersebut.

Maksud koordinasi dalam hal ini, yaitu penggabungan beberapa elemen dalam perencanaan geometrik jalan yang terdiri dari perencanaan alinyemen horizontal, alinyemen vertikal dan potongan memanjang dalam suatu panduan sehingga menghasilkan produk perencanaan teknik sedemikian yang memenuhi unsur aman, nyaman dan ekonomis. Beberapa ketentuan atau syarat-syarat sebagai panduan yang dapat digunakan untuk proses koordinasi alinyemen, yaitu:

- a. Alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal terletak pada suatu fase, dimana alinyemen horizontal sedikit lebih panjang dari alinyemen vertikal.
- b. Tikungan tajam yang terletak di atas lengkung vertikal cembung atau di bawah lengkung vertikal cekung harus dihindarkan, karena hal ini akan menghalangi pandangan mata pengemudi pada saat memasuki tikungan pertama dan juga jalan terkesan putus.
- c. Pada kelandaian jalan yang lurus dan panjang, sebaiknya tidak dibuat lengkung vertikal cekung, karena pandangan pengemudi akan terhalang oleh puncak alinyemen vertikal sehingga sulit untuk memperkirakan alinyemen di balik puncak tersebut.

- d. Lengkung vertikal dua atau lebih pada satu lengkung horizontal, sebaiknya dihindarkan.
- e. Tikungan tajam yang terletak di antara bagian jalan yang lurus dan panjang harus dihindarkan.

## 2.5 Potongan Memanjang dan Melintang

Perencanaan potongan memanjang dan melintang pada suatu perencanaan jalan berkaitan erat dengan kondisi tanah yang ada sebagaimana di gambarkan pada potongan memanjang dan melintang hasil pengukuran sipat datar (*waterpassing*). Secara garis besar perancangan potongan memanjang dan melintang.

### 2.5.1 Potongan Memanjang

Potongan memanjang biasanya digambar dengan skala :

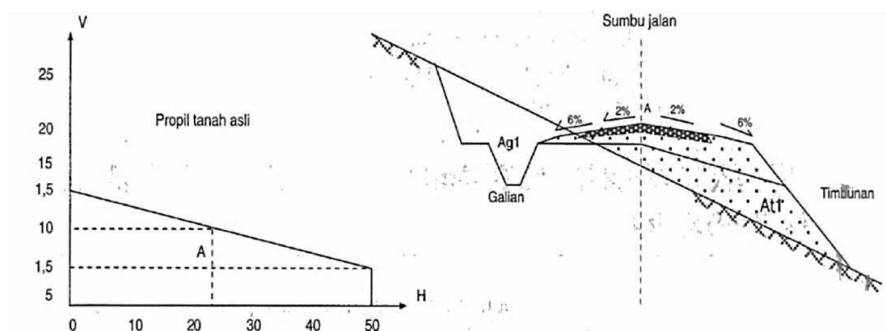
- a. Horizontal 1:1000 atau 1:2000
- b. Vertikal 1:100 atau 1:200

Potongan memanjang perencanaan digambarkan langsung pada gambar potongan memanjang pada hasil pengukuran, sehingga akan diketahui bagian – bagian yang harus digali maupun bagian – bagian yang harus ditimbun dalam arah memanjang trase.

### 2.5.2 Potongan Melintang

Sebagai contoh dalam hal ini kita ambil titik STA. A s/d TC yang akan kita gambarkan profil melintangnya sebagai jalan raya sekunder kelas II B dengan data – data :

- a. Lebar Perkerasan : 2 x 3,5m
- b. Lebar Bahu : 3 m
- c. Lebar Saluran : 1 m
- d. Lereng Melintang perkerasan : 2 %
- e. Lereng Melintang bahu : 6 %



Gambar 2.24 Galian dan Timbunan

(Suryadharma, 1999).

## 2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah konstruksi yang dibangun di atas lapisan tanah dasar (*subgrade*), yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas. Jenis konstruksi perkerasan jalan pada umumnya ada dua jenis, yaitu perkerasan lentur (*flexible pavement*) dan perkerasan kaku (*rigid pavement*) (Shirley L. Hendarsin, 2000:208).

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen). Perkerasan akan mempunyai kinerja yang baik, bila perencanaan dilakukan dengan baik dan komponen utama dalam sistem perkerasan berfungsi dengan baik pula. Menurut *Federal Highway Administration* (dalam Hardiyatmo, 2015:2) komponen-komponen perkerasan meliputi:

- Lapis aus (*wearing course*) yang memberikan cukup kekesatan, tahanan gesek dan penutup kedap air atau drainase di permukaan.
- Lapisan perkerasan terikat atau tersementasi (aspal dan beton) yang memberikan daya dukung yang cukup dan sekaligus sebagai penghalang air yang masuk ke dalam material tak terikat di bawahnya.
- Lapis pondasi (*base course*) dan lapisan pondasi bawah (*sub-base course*) tak terikat yang memberikan tambahan kekuatan khususnya untuk perkerasan lentur dan ketahanan terhadap pengaruh air yang merusak struktur perkerasan, serta pengaruh degradasi yang lain (erosi dan instrusi

butiran halus).

- d. Tanah dasar (*subgrade*) yang memberikan cukup kekakuan, kekuatan yang seragam dan merupakan landasan yang stabil bagi lapisan material perkerasan di atasnya.
- e. Sistem drainase yang dapat membuang air dengan cepat dari sistem perkerasan, sebelum air menurunkan kualitas lapisan material granuler tak terikat dan tanah dasar.

### **2.6.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)**

Beberapa keuntungan dari perkerasan kaku antara lain adalah:

- a. Struktur perkerasan lebih tipis kecuali untuk area tanah lunak yang membutuhkan struktur pondasi jalan lebih besar dari pada perkerasan kaku.
- b. Pekerjaan Konstruksi dan pengendalian mutu yang lebih mudah untuk daerah perkotaan yang tertutup termasuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- c. Biaya pemeliharaan lebih rendah jika dilaksanakan dengan baik : keuntungan signifikan untuk area perkotaan dengan Lintas Harian Rata – Rata Tahunan (LHRT) tinggi.
- d. Pembuatan campuran lebih mudah (contoh : tidak perlu pencucian pasir).

Kerugiannya antara lain:

- 1) Biaya konstruksi lebih mahal untuk jalan dengan lalu lintas rendah.
- 2) Rentan terhadap retak jika dilaksanakan di atas tanah lunak
- 3) Umumnya memiliki kenyamanan berkendara yang lebih rendah (Kementrian PU Dirjen Bina Marga, 2013).

Prosedur perkerasan kaku mengikuti ketentuan Pd T-14-2003 Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Beton Semen. Dengan catatan bahwa spektrum beban lalu lintas hendaklah mengikuti ketentuan seperti dinyatakan pada Lampiran D yang ditetapkan berdasarkan beban aktual. Beban sumbu berdasarkan spektrum beban menurut Pd T-14 - 2003 adalah untuk kondisi beban terkendali.

Tabel 2.26 Perkerasan Kaku untuk Jalan dengan Beban Lalu lintas Berat

Struktur Perkerasan	R1	R2	R3	R4	R5
Kelompok sumbu kendaraan berat ( <i>overloaded</i> ) (10E6)	< 4.3	< 8.6	< 25.8	< 43	< 86
Dowel dan bahu beton	Ya				
STRUKTUR PERKERASAN (mm)					
Tebal pelat beton	265	275	285	295	305
Lapis Fondasi LMC	100				
Lapis Drainase (dapat mengalir dengan baik)	150				

(Sumber : Manual Perkerasan Jalan Tahun 2017)

Perencana harus menerapkan kelompok sumbu kendaraan niaga dengan beban yang aktual. Bagan beban di dalam Pd T-14-2003 tidak boleh digunakan untuk desain perkerasan karena didasarkan pada ketentuan berat kelompok kendaraan yang tidak realistis dengan kondisi Indonesia. Lampiran D memberikan pembebanan kelompok sumbu yang mewakili kondisi Indonesia. (Sumber : Manual Perkerasan Jalan Tahun 2017).

### 2.6.2 Persyaratan Teknis Perencanaan Perkerasan Kaku

Menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003, terdapat beberapa persyaratan 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.

#### 1) Cara Grafis

Langkah – langkah pengerjaannya sebagai berikut :

#### a. Tentukan nilai CBR terendah



- b. Tentukan beberapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabel garis mulai dari nilai CBR terkecil sampai terbesar
- c. Angka terbanyak diberi nilai 100% angka yang lain merupakan presentase dari 100%
- d. Buat kurva hubungan antara harga CBR dan presentase jumlah tadi
- e. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%

(Hendra Suryadharma, 2009)

## 2) Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR = \overline{CBR} - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots (2.48)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.27 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
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 Suryadharma, 1999)

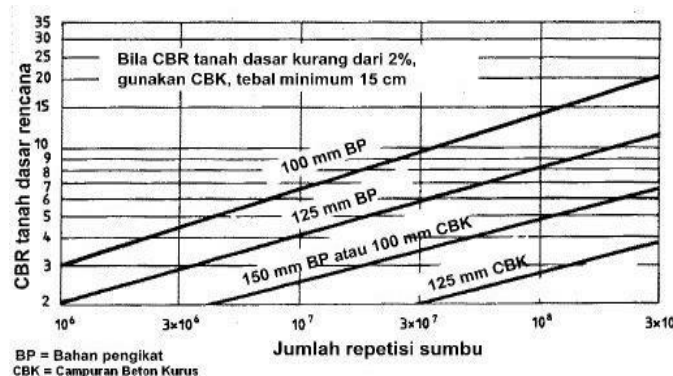
## b. Pondasi Bawah

Bahan pondasi bawah dapat berupa :

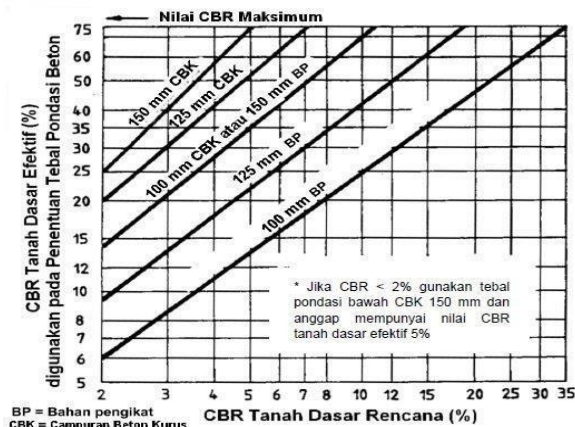
- Bahan berbutir.
- Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*Lean Rolled Concrete*)
- Campuran beton kurus (*Lean-Mix Concrete*).

Lapis pondasi bawah perlu diperlebar sampai 60 cm diluar tepi perkerasan beton semen. Untuk tanah ekspansif perlu pertimbangan khusus perihal jenis dan penentuan lebar lapisan pondasi dengan memperhitungkan tegangan pengembangan yang mungkin timbul. Pemasangan lapis pondasi dengan lebar sampai ke tepi luar lebar jalan merupakan salah satu cara untuk mereduksi perilaku tanah ekspansif.

Tebal lapisan pondasi minimum 10 cm yang paling sedikit mempunyai mutu sesuai dengan SNI No. 03-6388-2000 dan AASHTO M-155 serta SNI 03-17431989. 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 2.29 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar 2.30. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).



Gambar 2.25 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.26 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

1) Pondasi bawah material berbutir

Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah dengan penyimpangan ijin 3% - 5%. Ketebalan minimum lapis pondasi bawah untuk tanah dasar dengan CBR minimum 5% adalah 15 cm dengan derajat kepadatan lapis pondasi bawah minimum 100%.

2) Pondasi bawah dengan bahan pengikat (*bound sub-base*)

Pondasi bawah dengan bahan pengikat dapat digunakan salah satu dari :

- a) Stabilisasi material berbutir dengan kadar bahan pengikat sesuai dengan hasil perencanaan untuk menjamin kekuatan campuran dan ketahanan terhadap erosi.
- b) Campuran beraspal bergradasi rapat (*dense-graded asphalt*).
- c) Campuran beton kurus giling padat harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5 Mpa (55 kg/cm<sup>2</sup>).

3) Pondasi bawah dengan campuran beton kurus (*lean-mix concrete*)

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.

4) Lapis pemecah ikatan pondasi bawah dan pelat

Perencanaan ini didasarkan bahwa antara pelat dengan pondasi bawah tidak ada ikatan.

Tabel 2.28 Nilai Koefisien Gesekan ( $\mu$ )

No	Lapis Pemecah Ikatan	Koefisien Gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resap ikat aspal di atas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan parafin tipis pemecah kilat	1,5
3	Karet kompon	2,0

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

c. Beton semen

Kekuatan beton harus dinyatakan dalam nilai kuat tarik lentur (*flexural strength*) umur 28 hari, yang didapat dari hasil pengujian balok dengan pembebanan tiga titik 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 :

$$F_{cf} = K (f'c)^{0.50} \text{ dalam MPa atau } \dots\dots\dots (2.49)$$

$$F_{cf} = 3,13 K (f'c)^{0.50} \text{ dalam kg/cm}^2 \dots\dots\dots (2.50)$$

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 lalulintas rencana untuk perkerasan beton semen, dinyatakan dalam jumlah sumbu kendaraan niaga (*commercial vehicle*), sesuai dengan konfigurasi sumbu pada lajur rencana selama umur rencana. Lalulintas harus dianalisis berdasarkan hasil perhitungan volume lalulintas 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.

1) Lajur rencana dan koefisien distribusi

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalulintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalulintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak

memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan.

Tabel 2.29 Jumlah Lajur Kendaraan Niaga

Lebar Perkerasan ( $L_P$ )	Jumlah Lajur (n)	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_P < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_P < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_P < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_P < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_P < 18,75$ m	5 lajur	-	0,425
$18,75 \text{ m} \leq L_P < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003)

## 2) Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan ditentukan atas pertimbangan klasifikasi fungsional jalan, pola lalu lintas serta nilai ekonomi jalan yang bersangkutan 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.

## 3) 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 :

$$R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i} \dots\dots\dots (2.51)$$

Dimana :

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.30 Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas (R)

Umur Rencana (Tahun)	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)

#### 4) 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 suatu jenis sumbu dikelompokkan dalam interval 10 kN (1 ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots (2.52)$$

Dimana :

JSKN = jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

JSKNH = jumlah sumbu kendaran niaga harian, 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.

#### 5) Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban ( $F_{KB}$ ).

Tabel 2.31 Faktor Keamanan Beban ( $F_{KB}$ )

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

#### e. Bahu Jalan

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

### 2.6.3 Perencanaan Penulangan

Tujuan utama penulangan untuk :

- Membatasi lebar retakan, agar kekuatan pelat tetap dapat dipertahankan
- Memungkinkan penggunaan pelat yang lebih Panjang agar dapat meningkatkan kenyamanan
- Mengurangi biaya pemeliharaan

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

(Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003). Jenis perkerasan beton semen terbagi menjadi :

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 diberitulangan. Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- 1) Pelat dengan bentuk tak lazim (*odd-shaped slabs*), pelat disebut besar dari 1,25 atau bila pola sambungan pada pelat tidak benar-benar berbentuk bujur sangkar atau empat persegi panjang. Tidak lazim bila perbandingan antara panjang dengan lebar lebih.
- 2) Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*miss matched joints*).
- 3) Pelat berlubang (*pitsor structures*).

b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan :

Luas penampang tulangan dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times F_s} \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana:

$A_s$  = luas penampang tulangan baja ( $\text{mm}^2/\text{m}$  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 tidak diikat atau tepi bebas pelat(m)

$M$  = berat persatuan volume pelat ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  $\mu$  = koefisien gesek antara pelat beton dan pondasi bawah

Luas penampang tulangan berbentuk anyaman empat persegi panjang dan bujur sangkar ditunjukkan pada tabel 2.32



Tabel 2.32 Luas Penampang

Tulangan Memanjang		Tulangan Melintang		Luas Penampang Tulangan		Berat Per Satuan Luas (kg/m <sup>2</sup> )
Diameter (mm)	Jarak (mm)	Diameter (mm)	Jarak (mm)	Memanjang (mm <sup>2</sup> /m)	Melintang (mm <sup>2</sup> /m)	
<b>Empat Persegi Panjang</b>						
12,5	100	8	200	1227	251	11,606
11,2	100	8	200	986	251	9,707
10	100	8	200	785	251	8,138
9	100	8	200	636	251	6,967
8	100	8	200	503	251	5,919
7,1	100	8	200	396	251	5,091
9	200	8	250	318	201	4,076
8	200	8	250	251	201	3,552
<b>Bujur Sangkar</b>						
8	100	8	100	503	503	7,892
10	200	10	200	393	393	6,165
9	200	9	200	318	318	4,994
8	200	8	200	251	251	3,946
7,1	200	7,1	200	198	198	3,108
6,3	200	6,3	200	156	156	2,447
5	200	5	200	98	98	1,542
4	200	4	200	63	63	0,987

(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 :

$$P_s = \frac{100 \cdot f_{ct} \cdot (1,3 - 0,2\mu)}{f_y - n \cdot f_{ct}} \dots\dots\dots(2.54)$$

Dimana:

$P_s$  = Persentase luas tulangan memanjang yang dibutuhkan terhadap luas penampang (%)

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

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

- n = angka ekivalensi antara baja dan beton ( $E_s/E_c$ ), dapat dilihat pada table 2.23
- $\mu$  = 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 2.33 Hubungan Kuat Tekan Beton dan Angka Ekivalen Baja/Beton (n)

$f'_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N
175–225	10
235-285	8
290-keatas	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, tulangan perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$L_{cr} = \frac{F_{cr}^2}{N \times P^2 \times f_b \times (\epsilon_s \cdot E_c - F_{ct})} \dots\dots\dots (2.55)$$

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

$\epsilon_s$  = koefisien susut beton =  $(400 \cdot 10^{-6})$

$f_{ct}$  = kuat tarik langsung beton =  $(0,4-0,5f_c f)$ (kg/cm<sup>2</sup>)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton =  $(E_s/E_c)$

$E_c$  = modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f'_c}$ (kg/cm<sup>2</sup>)

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

## 2) Penulangan Melintang

Luas tulangan melintang ( $A_s$ ) yang diperlukan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung menggunakan persamaan rumus 2.52. 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 diatas tulangan arah melintang. (Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003).

### 2.6.4 Sambungan

Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

- a. Membatasi tegangan dan pengendalian retak yang disebabkan oleh penyusutan, pengaruh lenting serta beban lalu lintas.
- b. Memudahkan pelaksanaan.
- c. Mengakomodasi gerakan pelat.

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan yaitu :

#### 1) Sambungan Memanjang dengan Batang Pengikat (*tie bars*)

Pemasangan sambungan memanjang ditujukan untuk mengendalikan terjadinya retak memanjang. Jarak antar sambungan memanjang sekitar 34 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 :

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots (2.56)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots (2.57)$$

Dimana :

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

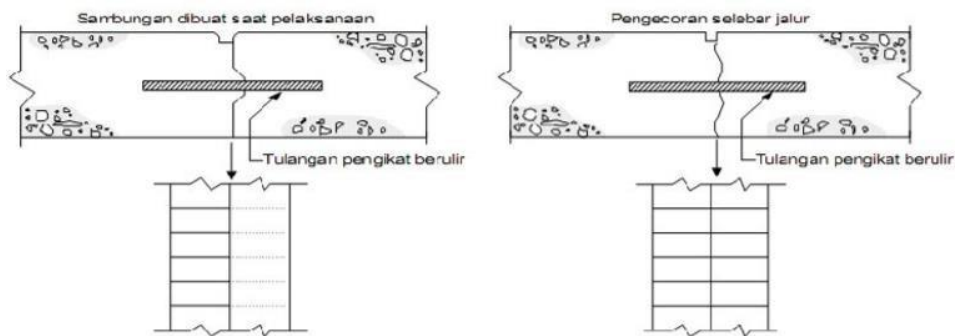
$b$  = Jarak terkecil antar sambungan atau jarak sambungan dengan tepi perkerasan (m).

$H$  = Tebal pelat (m).

$l$  = Panjang batang pengikat (mm).

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

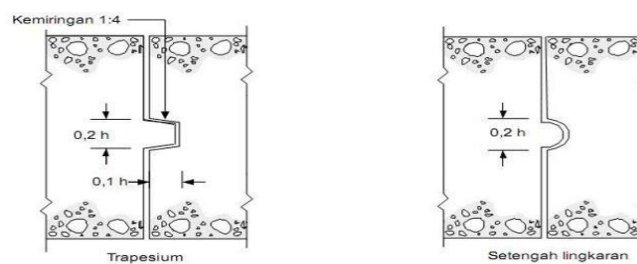
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.17



Gambar 2.27 Tipikal Sambungan Memanjang

## 2) Sambungan Pelaksanaan Memanjang

Sambungan pelaksanaan memanjang umumnya dilakukan dengan cara penguncian. Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.18.



Gambar 2.28 Ukuran Standar Penguncian Sambungan Memanjang

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.

### 3) 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.

### 4) Sambungan Susut dan Sambungan Pelaksanaan Melintang

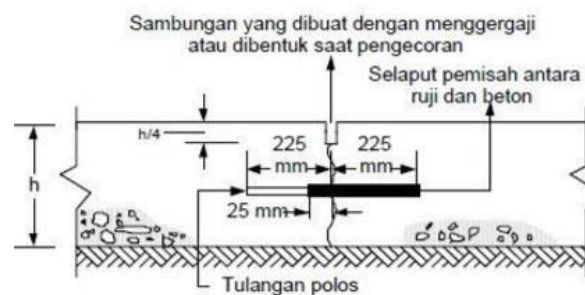
Ujung sambungan harus tegak lurus terhadap sumbu memanjang jalan dan tepi perkerasan. Untuk mengurangi beban dinamis, sambungan melintang dipasang dengan kemiringan 1 : 10 searah jarum jam.

### 5) 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 sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.19 dan gambar 2.20.



Gambar 2.29 Sambungan Susut Melintang tanpa Ruji



Gambar 2.30 Sambungan Susut Melintang dengan Ruji

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 pada tabel 2.34

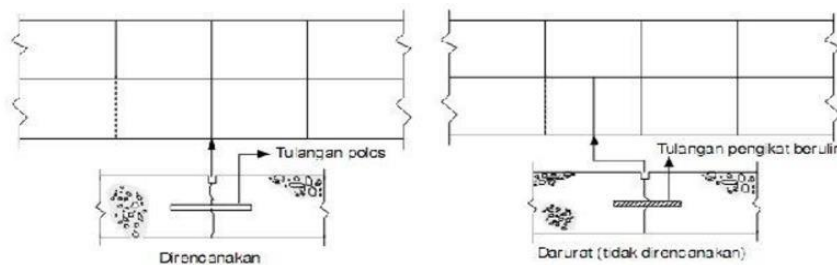
Tabel 2.34 Diameter Ruji

No	Tebal Pelat Beton, h (mm)	Diameter Ruji (mm)
1	$125 < h \leq 140$	20
2	$140 < h \leq 160$	24
3	$160 < h \leq 190$	28
4	$190 < h \leq 220$	33
5	$220 < h \leq 250$	36

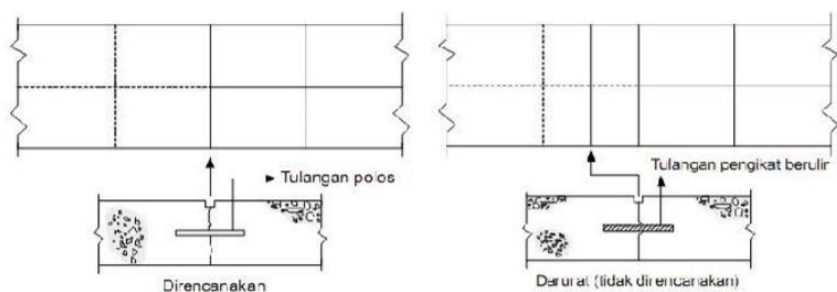
(Sumber : Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen,2003)

#### 6) Sambungan Pelaksanaan Melintang

Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.



Gambar 2.31 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Per Lajur



Gambar 2.32 Sambungan Pelaksanaan yang Direncanakan dan yang tidak Direncanakan untuk Pengecoran Seluruh Lebar Perkerasan

## 7) 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*) sebagaimana diperlihatkan pada gambar 2.23.



Gambar 2.33 Sambungan Isolasi

## 8) Pola Sambungan

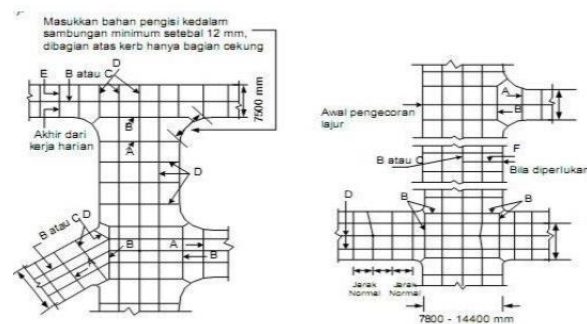
Pola sambungan pada pekerasan beton semen harus mengikuti batasan-batasan sebagai berikut :

- Hindari bentuk panel yang tidak teratur.
- Jarak maksimum sambungan memanjang 3 - 4 m.
- Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0m.
- Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman  $\frac{1}{4}$  dan  $\frac{1}{3}$  dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- Apabila sambungan berada dalam area 1,5 m dengan *manhole* atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus membentuk sudut tegak lurus.

(g) Perkerasan yang berdekatan dengan bangunan lain atau *manhole* harus ditebalkan 20% dari ketebalan normal.

#### 9) Penutup Sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan. Benda-benda lain yang masuk ke dalam sambungan dapat menyebabkan kerusakan berupa gompal atau pelat beton yang saling menekan ke atas (*blow up*).



Gambar 2.34 Detail Potongan Melintang Sambungan Perkerasan

Keterangan :

- A = Sambungan Isolasi
- B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang
- C = Sambungan Susut Memanjang
- D = Sambungan Susut Melintang
- E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan
- F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

## 2.7 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 (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Besarnya volume atau arus lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar jalur pada suatu jalur jalan dalam penentuan karakteristik geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas beban atau MST (Muatan Sumbu Terberat) yang akan berpengaruh langsung pada perencanaan



konstruksi perkerasan. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya, karena saling berkaitan satu sama lain. Unsur lalu lintas adalah benda atau pejalan kaki sebagai bagian dari lalu lintas, sedangkan unsur lalu lintas di atas roda disebut kendaraan dengan unit.

### **2.7.1 Kendaraan Rencana**

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya digunakan sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan (Dirjen Bina Marga, 1997). Kendaraan rencana dapat dikelompokkan ke dalam beberapa kategori yaitu:

a. Kendaraan Kecil

Kendaraan ringan/kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dan dengan jarak as 2,0-3,0 m (meliputi mobil penumpang, oplet, mikrobus, pick up, dan truck kecil sesuai sistem klasifikasi bina marga).

b. Kendaraan Sedang

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5-5,0m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi bina marga)

c. Kendaraan Besar

- Bus besar (LB), bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0- 6,0 m.
- Truk besar (LT) truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5m (sesuai sistem klasifikasi bina marga).

d. Sepeda Motor

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi bina marga).

e. Kendaraan Tak Bermotor

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi sepeda, becak, kereta kuda, kereta dorong, sesuai

klasifikasi bina marga).

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.35.

Tabel 2.35 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan Rencana (m)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	T	L	P	Depan	Belakang	Min	Max	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	420	260	2100	120	90	290	1400	1370

(sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

### 2.7.2 Komposisi Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada parkir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

a. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi 2 kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan smp.

b. Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP)

Faktor konversi berbagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan ringan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (untuk mobil penumpang dan kendaraan ringan lainnya, EMP=1).

Tabel 2.36 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No.	Jenis Kendaraan	Datar/Bukit	Gunung
1.	Sedan, jeep, station wagon	1	1
2.	Pick up, bus kecil, truck kecil	1,2-2,4	1,9-3,5
3.	Bus dan truck besar	1,2-5,0	2,2-6,0

(sumber: TPGJAK No. 038/TBM/1997)

c. Faktor (F)

Faktor adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

d. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalu lintas jam sibuk.

e. Volume Jam Rencana (VJR)

LHR dan LHRT adalah volume lalu lintas dalam satu hari, merupakan volume harian, sehingga LHR dan LHRT itu tak dapat memberikan gambaran tentang fluktuasi arus lalu lintas lebih pendek dari 24 jam. LHR dan LHRT dapat memberikan gambaran perubahan-perubahan yang terjadi pada berbagai jam dalam hari, yang nilainya dapat bervariasi antara 0-100% LHR. Oleh karena itu LHR atau LHRT itu tak dapat langsung dipergunakan dalam perencanaan geometrik.

Arus lalu lintas bervariasi dari jam ke jam berikutnya dalam satu hari, maka sangatlah cocok jika volume lalu lintas dalam 1 jam dipergunakan untuk perencanaan. Volume dalam 1 jam yang dipakai untuk perencanaan dinamakan “Volume Jam Perencanaan (VJP)”.

Volume jam perencanaan digunakan untuk menghitung jumlah lajur dalam dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots \dots \dots (2.58)$$

Tabel 2.37 Volume Jam Perencanaan

VLHR	Faktor/K (%)	Faktor/F (%)
>50.000	4-6	0,9-1
30.000-50.000	6-8	0,8-1
10.000-30.000	6-8	0,8-1
5.000-10.000	8-10	0,6-8
1.000-5.000	10-12	0,6-8
<1.000	12-16	<0.6

(sumber: TPGJAK No.038/TBM/1997)

f. Kapasitas (C)

Kapasitas adalah jumlah kendaraan maksimum yang dapat melewati suatu penampang jalan pada jalur jalan selama 1 jam dengan kondisi tertentu. Volume lalu lintas maksimum yang dapat dipertahankan pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu. Nilai kapasitas diperoleh dari penyesuaian kapasitas dasar/ideal dengan kondisi dari

jalan yang direncanakan.

g. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas.

### 2.7.3 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain.

Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan. Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang di tikungan, jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dan lain-lain.

Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari Tabel 2.38 untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.38 Kecepatan Rencana Sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana (km/jam)		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70-120	60-80	40-70
Kolektor	60-90	50-60	30-50
Lokal	40-70	30-50	20-30

(sumber: TPHJAK No. 38/TBM/1997)

## 2.8 Perencanaan Bangunan Pelengkap

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan yang mungkin terjadi pada permukaan jalan yang nantinya akan berdampak pada

kenyaman pemakai jalan. Menurut Shirley L. Hendarsain (2000: 309) bangunan pelengkap jalan dapat dikelompokan sebagai berikut:

- a. Bangunan Drainase Jalan
- b. Bangunan Penguat Tebing
- c. Bangunan Pengaman Lalu Lintas, Rambu dan Marka Jalan.

### 2.8.1 Drainase Jalan

Pada pembangunan dan pemeliharaan jalan, drainase sangat penting diperhatikan karena kondisi drainase yang buruk juga merupakan penyebab utama kerusakan perkerasan. Drainase jalan yang baik harus mampu menghindari masalah-masalah atau kerusakan jalan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban lalu lintas.

Ada dua jenis drainase yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Drainase permukaan berfungsi untuk membuang air dari permukaan perkerasan ke saluran pembuang. Saluran drainase permukaan terdiri dari tiga jenis, yaitu saluran (saluran penangkap; saluran samping), gorong-gorong (*culvert*) dan saluran alam (sungai) yang memotong jalan.

Agar saluran air hujan dapat ditampung dan dialirkan ketempat pembuangan (sungai dll) maka kapasitas sarana drainase jalan (kecuali saluran alam) ukuran/dimensinya harus direncanakan terlebih dahulu berdasarkan besarnya kapasitas yang diperlukan ( $Q_s$ ) yaitu dapat menampung besarnya debit aliran rencana ( $Q_r$ ).

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinyu (berbagai pertimbangan dari segi SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

Metode untuk menentukan  $Q_r$  akibat hujan yang banyak digunakan dan disarankan oleh JICA, AASHTO maupun SNI yaitu metode rasional yang merupakan rumus empiris dari hubungan antara curah hujan dan besarnya limpasan (debit).

$$Q = C_{3,6} \cdot I_t \cdot A \dots\dots\dots (2.59)$$

Dimana:

Q = Debit Limpasan ( $m^3/det$ )

C = Koefisien Limpasan atau pengaliran

It = Intensitas Hujan selama waktu konsentrasi ( $mm/jam$ )

A = Luas daerah tangkapan hujan ( $km^2$ )

### 2.8.2 Saluran Samping

Tahapan untuk menentukan kapasitas saluran samping jika menggunakan metode rasional.

- a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus dengan Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel. Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \dots \dots \dots (2.60)$$

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum(x^2) - x \sum x}{n-1}} \dots \dots \dots (2.61)$$

$$R_T = \bar{X} + S_x \dots \dots \dots (2.62)$$

Dimana:

X = Curah Hujan Harian maksimum pertahun (mm) N = Jumlah data curah hujan

$\bar{x}$  = Curah Hujan Harian rata-rata (mm)

Sx = Standar Deviasi

$R_T$  = Frekuensi Hujan Pada Perioda ulang T

K = Faktor Frekuensi

Tabel 2.39 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	YT	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
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	3,1787	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,8356	3,6533

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

a. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (Frekuensi Hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Mononobe sebagai berikut :

$$I = \frac{R24}{24} \cdot \left( \frac{24^{\frac{2}{3}}}{t} \right) \dots \dots \dots (2.63)$$

Dimana :

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

t = Lamanya curah hujan (menit)

R<sub>24</sub> = Curah hujan maksimum harian (selama 24 jam) (mm)

Biasanya intensitas hujan dihubungkan dengan durasi hujan jangka pendek misalnya 5 menit, 30 menit, 60 menit dan jam.

a. Luas Daerah Pengaliran (A)

Luas daerah tangkapan hujan (*catchment area*) pada perencanaan seluran samping jalan adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu (intensitas hujan) sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus dialirkan perhitungan luas daerah pengaliran didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

b. Koefisien Pengaliran dan Faktor Limpasan

Koefisien pengaliran (C) dan koefisien limpasan (fk) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi. Berdasarkan Pd. T-02-2006-B tentang Perencanaan Drainase Jalan nilai C dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut:

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3.fk}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots \dots \dots (2.64)$$

Dimana:

C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> .... = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub> .... = Luas daerah pengaliran (Km<sup>2</sup>)

C<sub>w</sub> = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung

F<sub>k</sub> = Faktor limpasan sesuai guna jalan

Tabel 2.40 Harga Koefisien Pengaliran (C) dan Harga Faktor Limpasan (fk)

No.	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)	Faktor Limpasan (fk)
<b>BAHAN</b>			
1	Jalan beton & jalan aspal	0,70-0,90	-
2	Jalan kerikil & 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	-
	Batu masif lunak	0,60-0,75	-
<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	0,20-0,40	0,2
7	Persawitan	0,45-0,60	0,5
8	Perbukitan	0,70-0,80	0,4
9	Pegunungan	0,75-0,95	0,3

(Sumber :Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

c. Waktu Konsentrasi (Tc)

Waktu Konsentrasi (Tc) adalah waktu terpanjang yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan aliran air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu.

Terdiri dari ( $t_1$ ) waktu untuk mencapai seluran dari titik terjauh dan ( $t_2$ ) waktu pengaliran. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus

$$T_c = t_1 + t_2 \dots\dots\dots (2.65)$$

$$t_1 = \left( \frac{2}{3} \times 3,28 \times L \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right)^{0,167} \dots\dots\dots (2.66)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times v} \dots\dots\dots (2.67)$$

Dimana:

Tc= Waktu konsentrasi (menit)

$t_1$  = Waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)



$t_2$  = Waktu aliran dalam saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)

$I_o$  = Jarak dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

L = Panjang saluran (m)

K = Kelandaian permukaan  $n_d$  = Koefisien hambatan (lihat Tabel 2.41)

$I_s$  = Kemiringan saluran memanjang

V = Kecepatan air rata-rata pada saluran drainase

d. Debit Banjir

Untuk menghitung debit aliran (Q) dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C_w \times I \times A \dots\dots\dots (2.68)$$

Dimana:

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

$C_w$  = Koefisien pengaliran rata-rata

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

A = Luas daerah layanan (km<sup>2</sup>)

Tabel 2.41 Koefisien Hambatan Berdasarkan Kondisi Permukaan

No.	Kondisi Permukaan yang Dilalui Aliran	$n_d$
1	Lapisan semen dan aspal beton	0,013
2	Permukaan halus dan kedap air	0,02
3	Permukaan halus dan padat	0,10
4	Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20
5	Lading dan lapangan rumput	0,40
6	Hutan	0,60
7	Hutan dan rimba	0,80

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

### 2.8.3 Gorong-Gorong (*Box Culvert*)

Pada drainase jalan, gorong-gorong berfungsi sebagai penerus aliran dari saluran samping ke tempat pembuangan, gorong-gorong ditempatkan melintang jalan di beberapa lokasi sesuai kebutuhan.

Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen dapat dilihat pada Tabel 2.42 dengan desain umur rencana untuk periode ulang untuk perencanaan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi:

- Jalan Tol = 25 tahun
- Jalan Arteri = 10 tahun
- Jalan Kolektor = 7 tahun
- Jalan Lokal = 5 tahun

Perhitungan gorong-gorong mengambil asumsi sebagai saluran terbuka dan dimensi gorong-gorong harus memperkirakan debit yang masuk gorong-gorong tersebut. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm dengan kedalaman minimum 1 m – 1,5 m tergantung tipe.

Tabel 2.42 Tipe Penampang Gorong-gorong

No.	Tipe Gorong-gorong	Bahan yang dipakai
1	Pipa tunggal atau lebih	Metal gelombang, beton bertulang atau beton tumbuk, besi cor dan lain-lain
2	Pipa lengkung tunggal atau lebih	Metal gelombang
3	Gorong-gorong persegi ( <i>Boxculvert</i> )	Beton bertulang

(Sumber : Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

Berdasarkan standar gorong-gorong persegi *single* beton bertulang dari Bina Marga panjang gorong-gorong persegi merupakan lebar jalan ditambah duakali lebar bahu jalan dan dua kali tebal dinding sayap. Konstruksi gorong-gorong persegi beton bertulang ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat besi tulangan diambil terbatas dengan lebar perkerasan yang umum, yaitu 3,5; 4,5; 6 dan 7 meter.

Dimensi gorong-gorong persegi beton bertulang direncanakan seperti pada Tabel 2.43 berikut ini:

Tabel 2.43 Ukuran Dimensi Gorong-gorong

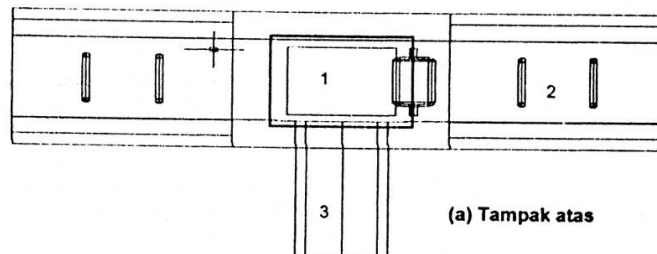
Tipe Single		
I	t	h
100	100	16
100	150	17
100	200	18

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

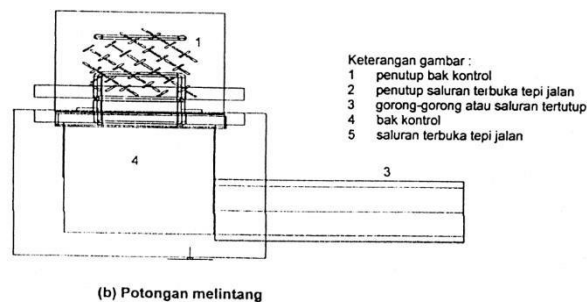
(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

#### 2.8.4 Bak Kontrol

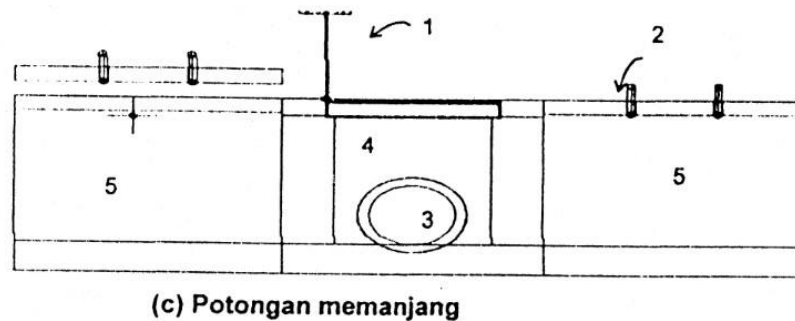
Bak kontrol merupakan tempat masuknya air (*inlet*) dan saluran untuk menampung aliran permukaan yang akan disalurkan ke sistem drainase saluran tertutup dan merupakan ruang akses bagi jaringan pipa serta untuk pemeliharaan. Ukuran bak kontrol disesuaikan dengan kondisi lapangan dan juga mudah, aman dalam melakukan inspeksi dan pemeliharaan rutin (bak kontrol mudah dibuka dan ditutup) serta aman bagi pejalan kaki (untuk saluran tertutup yang berada di bawah trotoar).



Gambar 2.35 Tampak atas Bak Kontrol



Gambar 2.36 Potongan Melintang Bak Kontrol



Gambar 2.37 Potongan Memanjang Bak Kontrol

### 2.8.5 Kriteria Perencanaan dan Desain Saluran Terbuka

Perencanaan saluran terbuka secara hidrolika, jenis aliran yang terjadi adalah aliran terbuka (*open channel*), yaitu pengaliran air dengan permukaan bebas. Perencanaan ini digunakan untuk perencanaan saluran samping jalan maupun gorong-gorong.

Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut seperti pada tabel 2.45

Tabel 2.45 Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan Berdasarkan Jenis Material

No	Jenis Bahan	Kecepatan Aliran Air yang Diijinkan (m/detik)
1	Pasir Halus	0,45
2	Lempung Kepasiran	0,50
3	Lanau Aluvial	0,60
4	Kerikil Halus	0,75
5	Lempung Kokoh	0,75
6	Lempung Padat	1,10
7	Kerikil Kasar	1,20
8	Batu-batu Besar	1,50
9	Pasangan Batu	1,50
10	Beton	1,50
11	Beton Bertulang	1,50

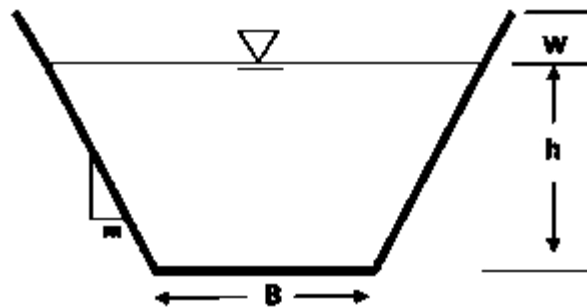
(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan, 2006)

Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang dapat dilihat pada tabel 2.41.

Tabel 2.46 Kemiringan Saluran Memanjang ( $i_s$ ) Berdasarkan Jenis Material

No.	Jenis Material	Kemiringan Saluran $i_s$ (%)
1	Tanah asli	0 - 5
2	Kerikil	5 - 7,5
3	Pasangan	7,5

(Sumber : Pedoman Sistem Drainase Jalan, 2006)



Gambar 2.38 Penampang Saluran Berbentuk Trapesium

Perhitungan dimensi saluran dilakukan dengan menggunakan rumus Manning :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times s^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots (2.69)$$

$$Q = V \times A \dots \dots \dots (2.70)$$

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots (2.71)$$

$$W = \sqrt{0.5h} \dots \dots \dots (2.72)$$

Rumus Penampang Ekonomis

$$B + 2mh = 2h\sqrt{m^2 + 1} \dots \dots \dots (2.73)$$

Dimana:

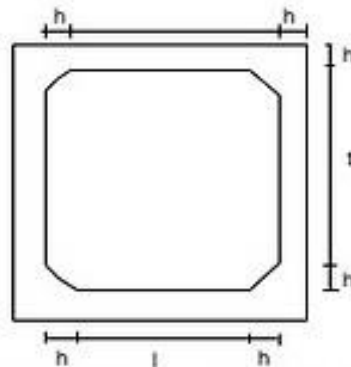
V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

R = Radius hidrolis (m)

- S = Kemiringan saluran  
 A = Luas penampang basah saluran (m<sup>2</sup>)  
 P = Keliling basah saluran (m) Q = Debit aliran (m<sup>3</sup>/detik)  
 n = Koefisien kekasaran Manning (Tabel 2.47)  
 w = Tinggi jagaan (m)  
 B = Lebar saluran (m)  
 m = Perbangindan kemiring talud  
 h = Tinggi muka air (m)

### 2.8.6 Kriteria Perencanaan dan Desain Gorong-Gorong

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.



Gambar 2.39 Dimensi Gorong-gorong Persegi

$$A = \frac{Q}{V} \dots\dots\dots (2.74)$$

$$b = 2h \dots\dots\dots (2.75)$$

$$A = l \times h \dots\dots\dots (2.76)$$

$$W = \sqrt{0.5h} \dots\dots\dots (2.77)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran dalam saluran (m/detik)

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

A = Luas penampang melintang (m<sup>2</sup>)

w = Tinggi jagaan (m)

- b = Tinggi penampang saluran (m)  
 I = Lebar saluran (m)  
 h = Tinggi muka air (m)

Tabel 2.47 Koefisien Kekasaran Manning

No	Tipe saluran	Baik sekali	Baik	Bedang	Jelek
<b>SALURAN BUATAN</b>					
1.	Saluran tanah, lurus teratur	0,017	0,020	0,023	0,025
2.	Saluran tanah yang dibuat dengan excavator	0,023	0,028	0,030	0,040
3.	Saluran pada dinding batuan, lurus, teratur	0,020	0,030	0,033	0,035
4.	Saluran pada dinding batuan, tidak lurus, tidak teratur	0,035	0,040	0,045	0,045
5.	Saluran batuan yang diledakkan, ada tumbuh-tumbuhan	0,025	0,030	0,035	0,040
6.	Dasar saluran dari tanah, sisi saluran berbatu	0,028	0,030	0,033	0,035
7.	Saluran lengkung, dengan kecepatan aliran rendah	0,020	0,025	0,028	0,030
<b>SALURAN ALAM</b>					
8.	Bersih, lurus, tidak berpasir dan tidak bertubang	0,025	0,028	0,030	0,033
9.	Seperti no 8 tapi ada timbunan atau kerikil	0,030	0,033	0,035	0,040
10.	Melengkung, bersih, bertubang dan ber dinding pasir	0,030	0,035	0,040	0,045
11.	Seperti no.10, dangkal, tidak teratur	0,040	0,045	0,050	0,055
12.	Seperti no.10, berbatu dan ada tumbuh-tumbuhan	0,035	0,040	0,045	0,050
13.	Seperti no.11, sebagian berbatu	0,045	0,050	0,055	0,060
14.	Aliran pelan, banyak tumbuh-tumbuhan dan bertubang	0,050	0,060	0,070	0,080
15.	Banyak tumbuh-tumbuhan	0,075	0,100	0,125	0,150
<b>SALURAN BUATAN, BETON, ATAU BATU KALI</b>					
16.	Saluran pasangan batu, tanpa penyelesaian	0,025	0,030	0,033	0,035
17.	Seperti no.16, tapi dengan penyelesaian	0,017	0,020	0,025	0,030
18.	Saluran beton	0,014	0,016	0,019	0,021
19.	Saluran beton halus dan rata	0,010	0,011	0,012	0,013
20.	Saluran beton pracetak dengan acuan baja	0,013	0,014	0,014	0,015
21.	Saluran beton pracetak dengan acuan kayu	0,015	0,016	0,016	0,018

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2006)

### 2.8.7 Marka Jalan, Rambu Lalu Lintas, Pengaman Jalan dan Trotoar

#### a. Marka Jalan

Marka jalan dibuat dengan cat warna putih dan kuning atau dengan material lainnya yang ditempatkan atau dibuat pada permukaan perkerasan jalan, kerb atau objek lainnya dengan maksud untuk mengatur lalu lintas atau mengingatkan pengemudi (Shirley L. Hendarsin, 2000:330). Ada 5 kategori marka jalan yang digunakan, yaitu : marka pada perkerasan jalan, pada kerb jalan, tanda pada objek, petunjuk dan perkerasan yang diberi warna. Jenis marka yang paling umum adalah marka pada perkerasan yang terdiri dari

garis memanjang dan melintang dengan tulisan dan lambang. Dengan pemilihan warna, lebar dan jenis marka memanjang, maka perencana dapat memberikan pesan kepada para pengendara.

Penjelasan secara umum adalah sebagai berikut :

- 1) Garis putus-putus bersifat “boleh”,
  - Garis penuh bersifat “dilarang”,
  - Garis penuh ganda bersifat “dilarang keras”.
- 2) Warna untuk garis-garis tersebut menunjukkan sebagai berikut : warna putih memisahkan arus lalu lintas (batas lajur) pada arah yang sama dan warna kuning memisahkan arus lalu lintas pada arah yang berlawanan.
- 3) Tebal garis menunjukkan derajat penekanan

Tabel 2.48 Penggunaan Tipikal Marka pada Perkerasan.

<b>Tipe</b>	<b>Penggunaan Tipikal</b>
<b>Garis Memanjang</b>	
Garis putih putus-putus	Garis batas lajur untuk jalan multi lajur
Garis kuning putus-putus	Dijijinkan untuk menyalip / mendahului pada jalan dua lajur dua jalur
Garis putih penuh	Tanda / batas tepi perkerasan
Garis ganda putih penuh	Garis pemisah karena akan ada / ditemui rintangan
Garis kuning penuh	Digunakan bersamaan dengan garis putus-putus warna kuning, yang menunjukkan tidak boleh mendahului di dekat garis penuh
Garis ganda kuning putusputus	Tepi lajur arus kendaraan berlawanan
Garis titik-titik	Garis tambahan melalui samping sebidang / tidak
<b>Garis Melintang</b>	
Marka pada bahu	Untuk menghalangi penggunaan bahu jalan sebagai lajur lalu lintas
Pasangan garis putih penuh dengan lebar $\geq 15$ cm dan panjang + 200 cm	Tempat penyebrangan pejalan kaki ( <i>cross walks</i> ) / <i>zebra cross</i>



Garis putih penuh dengan lebar 3 - 6 m	Garis henti yang menunjukkan kendaraan diperlukan untuk berhenti
--	--

(Sumber : Shirley L. Hendarsin,2000 )

#### b. Rambu Lalulintas

Dilihat dari fungsinya rambu lalulintas terdiri dari 3 kelas, yaitu :

- 1) Pengatur atau pengarah, digunakan kode R
- 2) Petunjuk, digunakan kode G
- 3) Peringatan, digunakan kode W

Bentuk rambu lalulintas terdiri dari : lingkaran, belah ketupat, persegi panjang atau bujur sangkar, bersilang, berbetnuk anak panah dan segi delapan.

Warna yang digunakan pada umumnya seragam atau standar yang berlaku internasional.

Tabel 2.49 Jenis Rambu Jalan dan Warna yang Digunakan

Kode	Warna
R	- Dasar merah, tulisan putih
	- Dasar putih, bingkai merah, lambang hitam dan putih / tulisan hitam
W	- Dasar kuning, bingkai hitam, dan tulisan / lambang hitam
G	- Dasar biru, bingkai putih, lambang dan tulisan putih
	- Dasar biru, bingkai dan dasar lambang putih, lambang hitam
	- Dasar hijau, tulisan dan lambang putih
	- Dasar biru, tulisan kuning

(Sumber : Shirley L. Hendarsin,2000 )

#### c. Pengaman Jalan

##### 1) Pagar Pengaman

Pagar pengaman atau rel pengaman dipasang pada tikungan yang cukup tajam dimana pada sisinya merupakan lereng terjal dengan beda tinggi yang cukup besar antara muka jalan dengan muka tanah sisi jalan. Pagar pengaman dipasangkan pada patok beton bertulang dengan jarak 2 meter. Bahan untuk pagar pengaman adalah baja galvanizer, dimensi dan spesifikasinya sesuai dengan standar dari Bina Marga.

## 2) Patok Pengarah

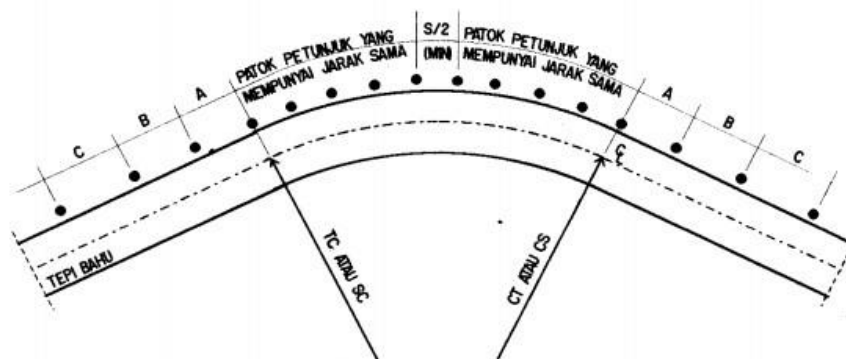
Selain patok kilometer yang dipasang untuk penunjuk arah, patok beton yang berfungsi sebagai pengarah harus dipasang pada tikungan dan jalan masuk jembatan, dimensi patok sesuai dengan ketentuan standar dari Bina Marga.

Jarak atau letak antar patok seperti tabel dibawah ini.

Tabel 2.50 Jarak Patok Pengarah

Radius (m)	Jarak antar patok (m)			
	S	A	B	C
180 - < 200	15	20	25	30
150 - < 180	14	20	25	30
120 - < 150	13	15	20	25
90 - < 120	12	15	20	25
60 - < 90	10	15	20	20
30 - < 60	8	10	20	20
< 30	6	10	15	15

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000 )



Gambar 2.40 Denah Letak Patok Pengarah

### d. Trotoar

Trotoar termasuk dalam sarana pedestrian untuk memberikan pelayanan yang optimal kepada pejalan kaki baik dari segi keamanan maupun kenyamanan. Trotoar dapat ditempatkan khusus, juga dapat digunakan sekaligus sebagai penutup saluran samping.

## 2.9 Perhitungan Galian dan Timbunan

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Menurut Ir. Hamirhan Saodang (2004:177), langkah-langkah dalam pekerjaan galian dan timbunan, antara lain :

- Perhitungan penampang tanah
- Perhitungan volume tanah, dilakukan dengan metoda *Double End Areas* (luas ujung rangkap) yaitu dengan mengambil rata-rata luas kedua ujung penampang dari STA 1 dan STA 2 kemudian dikalikan jarak kedua STA. Ini dilakukan untuk semua titik STA yang berada pada rancangan trase jalan.

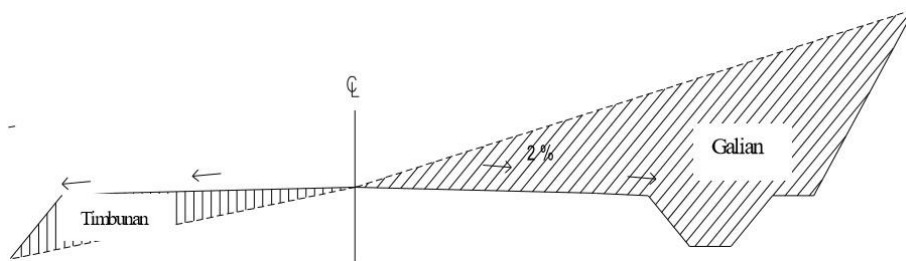
$$\text{Volume} = (A_1 + A_2)/2 \times \text{jarak (m}^3\text{)} \dots\dots\dots (2.78)$$

Dimana :

$A_1$  = luas penampang STA 1

$A_2$  = luas penampang STA 2

- Diagram massa, adalah kurva yang penggambaran pemindahan tanah pada suatu penampang melintang diatas atau dibawah profil jalan, mulai dari suatu stasiun tertentu sampai stasiun berikutnya.
- Pemindahan tanah, dengan menggunakan diagram massa pekerjaan tanah dimana efisiensi akan tercapai bilamana volume galian hampir sama dengan volume timbunan.



Gambar 2.41 Galian dan timbunan

Tabel 2.51 Perhitungan galian dan timbunan

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

(Sumber : Hendra Suryadharna, 1999)

## 2.10 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

### 2.10.1 Analisa Harga Satuan Pekerjaan

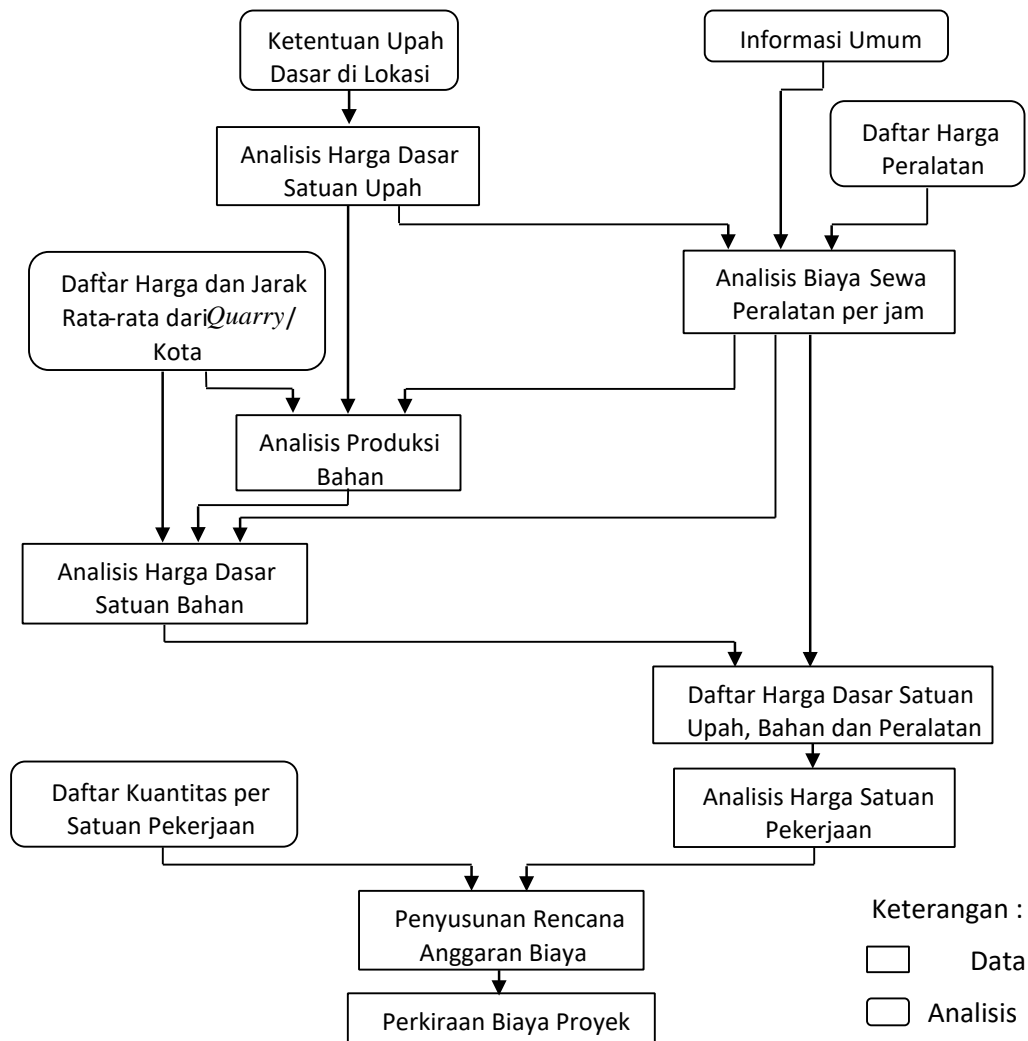
Analisis harga satuan terdiri dari 3 jenis, yaitu : harga satuan upah, harga satuan bahan dan harga satuan peralatan (Shirley L. Hendarsin, 2000:341). Dari analisis yang dilakukan untuk masing-masing jenis, kemudian disusun menjadi “Analisis Harga Satuan Pekerjaan.”

Harga satuan pekerjaan adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum di tempat proyek berada karena setiap daerah memiliki standar yang berbeda. Dalam penyusunan dan menghitung anggaran biaya suatu pekerjaan, harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja dipasaran dan lokasi pekerjaan.

### 2.10.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya adalah jumlah dari masing-masing perkalian volume dan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

$$RAB = \sum (\text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan})$$



Gambar 2.42 Tahapan untuk Menghitung Perkiraan Biaya Proyek

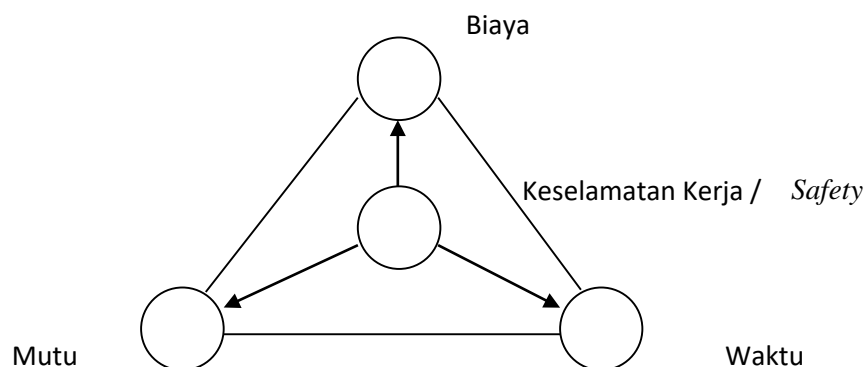
## 2.11 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan (Iman Soeharto,1999:28).

Dengan adanya manajemen proyek, maka akan terlihat batasan mengenai tugas, wewenang dan tanggung jawab dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek baik langsung maupun tidak langsung, sehingga tidak akan terjadi adanya tugas dan tanggung jawab yang dilakukan secara bersamaan (*overlapping*).

Kinerja proyek dapat diukur dari indikator kinerja biaya, mutu, waktu serta keselamatan kerja dengan merencanakan secara cermat, teliti dan terpadu seluruh

alokasi sumber daya manusia, peralatan, material serta biaya yang sesuai dengan kebutuhan yang diperlukan (Ir. Abrar Husen,2010:60). Semua itu diselaraskan dengan sasaran dan tujuan proyek.



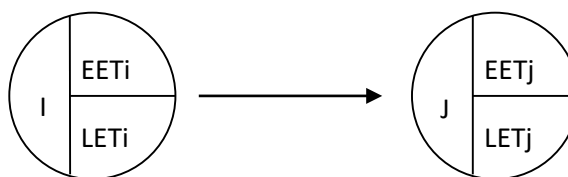
Gambar 2.43 Tolak Ukur / Indikator Kinerja Proyek

### 2.11.1 Network Planning (NWP)

Widiasanti dan Lenggogeni (2013:48), metode jaringan kerja merupakan cara grafis untuk menggambarkan kegiatan-kegiatan dan kejadian yang diperlukan untuk mencapai tujuan proyek. Jaringan kerja ini akan membantu dalam penentuan kegiatan-kegiatan kritis akibat keterlambatan dari suatu kegiatan terhadap waktu penyelesaian keseluruhan proyek.

#### a. Metode Activity On Arrow (AOA)

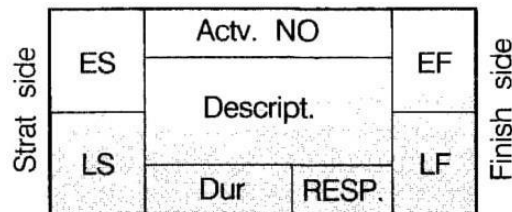
Metode *Activity On Arrow* merupakan salah satu metode penjadwalan dalam rencana jaringan kerja atau *Network Planning* yang menjadi alat bantu dalam membuat suatu proyek menjadi lebih efektif dan efisien. Kegiatan dalam AOA merupakan anak panah, sementara *node-i* dan *node-j* digunakan sebagai awal dan akhir suatu kegiatan.



Gambar 2.44 Diagram AOA

b. *Precedence Diagram Method (PDM)*

Berbeda dengan AOA yang menitikberatkan kegiatan pada anak panah, PDM menitikberatkan kegiatan pada node sehingga disebut *Activity On Node*.



Gambar 2.45 *Precedence Diagram Method (PDM)*

### 2.11.2 *Barchart*

Widiasanti dan Lenggogeni (2013:78), *barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu dalam baris horizontal. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya. *Barchart* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

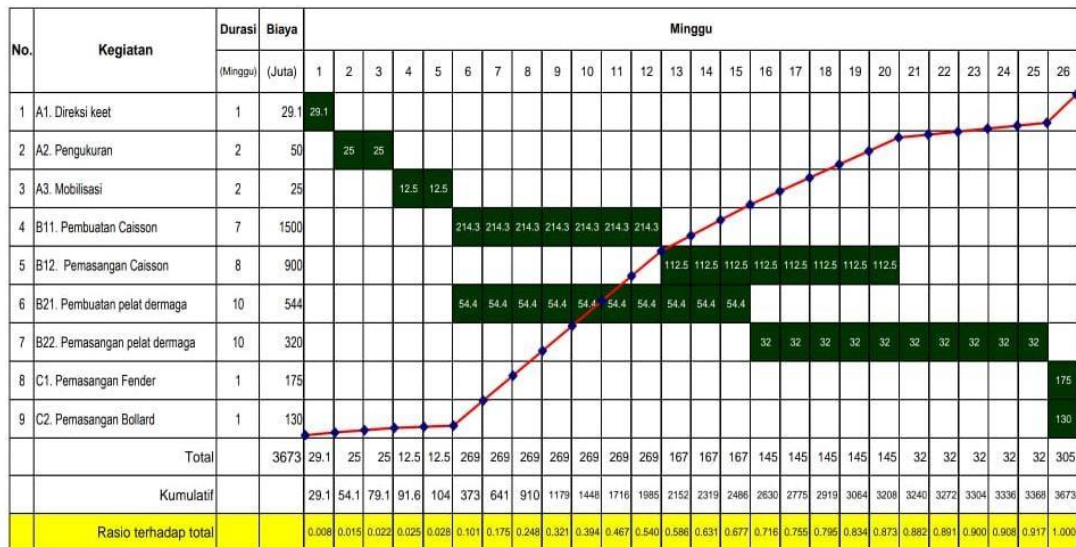
- Mudah dalam pembuatan dan persiapannya.
- Memiliki bentuk yang mudah dimengerti.
- Bila digabungkan dengan Kurva S dapat dipakai sebagai pengendalian biaya.

No.	Uraian Kegiatan	Minggu					
		1	2	3	4	5	6
1	Pekerjaan Persiapan						
2	Pekerjaan Pelaksanaan						
3	Pekerjaan Akhir						

Gambar 2.46 Contoh *Barchart*

### 2.11.3 Kurva S

Kurva S dapat menunjukkan kemampuan proyek berdasarkan kegiatan, waktu dan bobot pekerjaan yang direpresentasikan sebagai presentase kumulatif dari seluruh kegiatan proyek. Visualisasi kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husen, 2011).



Gambar 2.47 Contoh Kurva S