

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Perencanaan geometrik jalan**

Perencanaan Geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan optimum pada arus lalu lintas. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan/biaya pelaksanaan. (Sukirman, 1999).

Data-data yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya diantaranya data lalu lintas, data topografi, data tanah dan data penunjang lainnya.

#### **2.2 Sistem jaringan dan klasifikasi jalan**

##### **2.2.1 Sistem Jaringan Jalan**

Berdasarkan Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006, Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada tata ruang wilayah dan memperhatikan hubungan antar kawasan baik perdesaan dan kawasan perkotaan

##### **1. Sistem Jaringan Jalan Primer**

Sistem jaringan jalan primer disusun berdasarkan rencana tata ruang dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional.

##### **A. Jalan Arteri Primer**

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional atau antara pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan wilayah.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 60 km/jam.
- b. Lebar jalan paling rendah 11 meter.
- c. Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- d. Lalu lintas jarak jauh tidak terganggu oleh lalu lintas ulang-alik, lalu lintas local dan kegiatan lokal.
- e. Jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien, agar kecepatan dan kapasitas dapat terpenuhi.
- f. Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu, jadi tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- g. Jalan arteri primer yang memasuki kawasan perkotaan atau kawasan pengembangan perkotaan tidak boleh terputus.

#### B. Jalan Kolektor Primer

Jalan kolektor primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan wilayah atau antar pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lokal.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 40 km/jam.
- b. Lebar jalan paling rendah 9 meter.
- c. Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- d. Jumlah jalan masuk dibatasi dan direncanakan sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- e. Persimpangan dengan jalan lain dilakukan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.
- f. Tidak terputus walaupun memasuki kawasan perkotaan dan/atau kawasan pengembangan perkotaan.

### C. Jalan Lokal Primer

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan nasional dengan pusat kegiatan lingkungan, pusat kegiatan wilayah dengan pusat kegiatan lingkungan, antar pusat kegiatan lokal, atau pusat kegiatan lokal dengan pusat kegiatan lingkungan, serta antar pusat kegiatan lingkungan.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 20 km/jam.
- b. Lebar jalan paling rendah 7,5 meter.
- c. Jalan lokal primer yang memasuki kawasan pedesaan tidak boleh terputus.

### D. Jalan Lingkungan Primer

Jalan lingkungan primer adalah jalan yang menghubungkan antar pusat kegiatan di dalam kawasan pedesaan dan jalan di dalam lingkungan kawasan pedesaan.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 15 km/jam.
- b. Lebar jalan paling rendah 6,5 meter.
- c. Jalan lingkungan primer diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih.
- d. Bila tidak diperuntuhkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 (tiga koma lima) meter.

## 2. Sistem jaringan jalan sekunder

Sistem jaringan jalan sekunder disusun berdasarkan rencana tata ruang wilayah kabupaten/kota dan pelayanan distribusi barang dan jasa untuk masyarakat di dalam kawasan perkotaan yang menghubungkan secara menerus kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu, fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga, dan seterusnya sampai persil.

### A. Jalan Arteri Sekunder

Jalan arteri sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan primer dengan kawasan sekunder kesatu, kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kesatu, atau kawasan sekunder kesatu dengan kawasan sekunder kedua.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 30 km/jam dengan lebar jalan minimal 11 meter.
- b. Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- c. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- d. Persimpangan sebidang pada jalan dengan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan.

### B. Jalan kolektor sekunder

Jalan kolektor sekunder adalah jalan yang menghubungkan antar kawasan Sekunder kedua atau kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga.

Persyaratan minimum untuk desain:

- a. Kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 20 km/jam dengan lebar jalan minimal 9 meter.
- b. Kapasitas lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- c. Lalu lintas cepat tidak boleh terganggu oleh lalu lintas lambat.
- d. Persimpangan sebidang pada jalan dengan pengaturan tertentu, sehingga tidak mengurangi kecepatan rencana dan kapasitas jalan

### C. Jalan Lokal Sekunder

Jalan lokal sekunder adalah jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kesatu dengan perumahan, kawasan sekunder kedua dengan perumahan, kawasan sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan. Persyaratan minimum

untuk desain yaitu kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 7,5 meter.

#### D. Jalan Lingkungan Sekunder

Jalan lingkungan sekunder adalah jalan yang menghubungkan antarpersil dalam kawasan perkotaan.

Persyaratan minimum untuk desain yaitu :

- a. kecepatan rencana ( $V_r$ ) paling rendah 10 km/jam dengan lebar badan jalan paling sedikit 6,5 meter.
- b. Jalan lingkungan sekunder diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih.
- c. Bila tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda tiga atau lebih harus mempunyai lebar badan jalan paling sedikit 3,5 (tiga koma lima) meter.

### 2.2.2 Klasifikasi menurut kelas jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi menurut kelas jalan

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

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1 (Pasal 11, PP. No.43/1993).

### 2.2.3 Klasifikasi menurut medan jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medanyang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi menurut medan jalan

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

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medanyang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

### 2.2.4 Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Provinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

a. Jalan Nasional

Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan ibukota Propinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional

b. Jalan Provinsi

Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota Kabupaten / Kota, atau antar ibu kota kabupaten / kota, Jalan yang bersifat strategis Regional

c. Jalan Kabupaten

Jalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan kabupaten dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar Pusat Kegiatan Lokal, serta jalan strategis lokal.

d. Jalan Kota

Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam Kota.

e. Jalan Desa

Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.

f. Jalan Khusus

Jalan bukan untuk lalu lintas umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok.

### **2.2.5 Klasifikasi menurut fungsi jalan**

Klasifikasi jalan menurut fungsinya sesuai dengan Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota (TPGJAK) No. 038/TBM/1997 terbagi atas :

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

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

c. Jalan Lokal

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

Tabel 2.3 Klasifikasi menurut fungsi jalan

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

(Sumber : *Geometrik Jalan Bebas Hambatan Untuk Jalan Tol, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 2009*)

## 2.3 Kriteria perencanaan geometrik jalan

### 2.3.1 Kendaraan rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Kendaraan Rencana dikelompokkan ke dalam 3 kategori:

1. Kendaraan ringan/kecil (LV)

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, microbus, pick up dan truck kecil sesuai system klasifikasi Bina Marga).

2. Kendaraan sedang (MHV)

Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai system klasifikasi Bina Marga).

3. Kendaraan berat/besar (LB-LT)

a. Bus besar (LB)



Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.

b. Truk besar (LT)

Truk tiga gandar dan truk kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama ke kedua) < 3,5 m (Sesuai system klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.4 Dimensi kendaraan rencana

Katagori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	1.20	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

### 2.3.2 Satuan mobil penumpang

Tabel 2.5 Ekuivalen mobil penumpang (emp)

No	Jenis Kendaraan	Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon.	1,0	1,0
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 : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 2.5.

### 2.3.3 Faktor pertumbuhan lalu lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas berdasarkan data–data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka Tabel 2.6

Tabel 2.6 Faktor Laju Pertumbuhan Lalu Lintas (*i*) (%)

Fungsi Jalan	Jawa	Sumatera	Kalimantan	Rata-rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

(Sumber: *Manual Desain Perkerasan Jalan, 2017*)

### 2.3.4 Volume lalu lintas rencana

Volume Lalu Lintas Harian Rencana (VLHR) adalah prakiraan volume lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam SMP/hari. Volume Jam Rencana (VJR) adalah prakiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus:

$$VJR = VLRH \times \frac{K}{F} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana:

K = faktor volume lalu lintas jam sibuk

F = faktor variasi tingkat lalu lintas perseperempatjam dalam satu jam.

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan. Tabel 2.7 menyajikan faktor-K dan faktor-F yang sesuai dengan VLHR-nya.

Tabel 2.7 Penentuan faktor-K dan faktor-F berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata

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

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Satuan volume lalu lintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan jumlah dan lebar lajur adalah:

1. Lalu lintas harian rata-rata (LHR)

Lalulintas Harian Rata-rata (LHR) adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan.

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

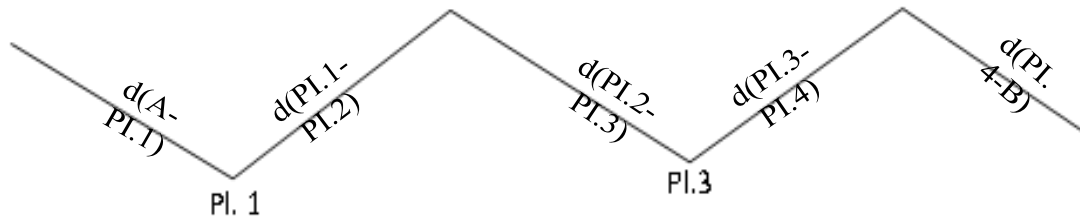
2. Lalu lintas harian rata-rata tahunan (LHRT)

Lalulintas Harian Rata-rata Tahunan (LHRT) adalah jumlah lalu lintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data selama satu tahun penuh.

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah lalu lintas dalam 1 tahun}}{365} \dots\dots\dots(2.3)$$

## 2.4 Menentukan koordinat dan jarak

Penentuan titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Koordinat dan jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah:

- Titik awal proyek dengan simbol A,
- Titik PI.1, PI.2, ..... PI.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal,
- Titik akhir proyek dengan simbol B.

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

d = Jarak titik A ke titik PI.1

X2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X

X1 = Koordinat titik A pada sumbu X

Y2 = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

Y1 = Koordinat titik A pada sumbu Y

## 2.5 Perhitungan alinyemen horizontal

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

Menurut Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota (1997), Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung disebut juga tikungan. Perencanaan geometrik pada bagian lengkung dimaksudkan untuk mengimbangi

gayaentrifugal yang diterima oleh kendaraan yang berjalan pada kecepatan  $V_R$ . Untuk keselamatan pemakai jalan, jarak pandang dan daerah bebas samping jalan harus diperhitungkan.

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_R$ ). Panjang bagian lurus dapat ditetapkan dari Tabel 2.8

Tabel 2.8 Panjang bagian lurus maksimum

Fungsi	Panjang Bagian Lurus Maximum		
	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)

### 2.5.1 Penentuan trase jalan

Dalam penentuan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Perencanaan trase jalan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya di lapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan-perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan.

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

#### 1. Syarat ekonomis

Dalam perencanaan yang menyangkut syarat-syarat ekonomis yaitu :

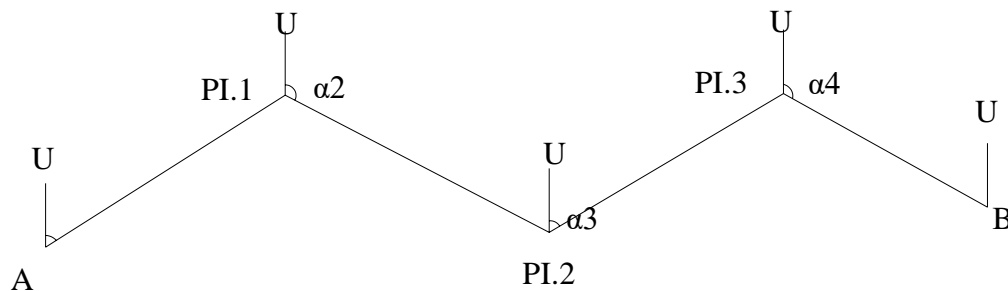
- a. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya
- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

## 2. Syarat teknis

Tujuan dari syarat teknis ini adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

### 2.5.2 Menentukan sudut jurusan ( $\alpha$ ) dan sudut *bearing* ( $\Delta$ )

Sudut jurusan ( $\alpha$ ) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Sudut jurusan ( $\alpha$ )

$$\alpha_1 = \alpha (A - P1.1)$$

$$\alpha_2 = \alpha (P1 - P1.2)$$

$$\alpha_1 = \alpha (P1.2 - P13)$$

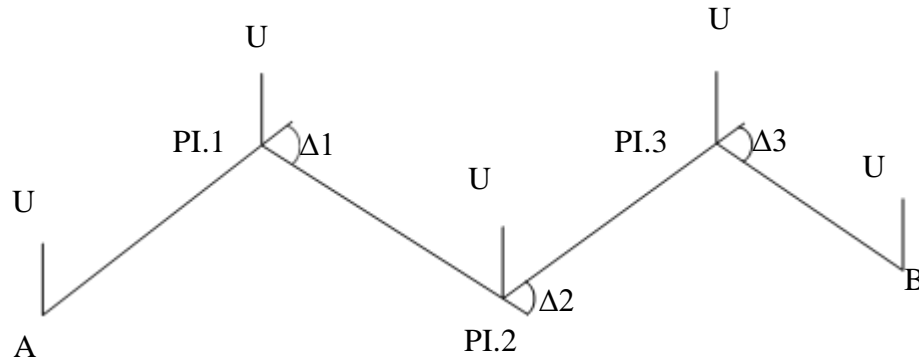
$$\alpha_1 = \alpha (P13 - B)$$

Sudut jurusan ( $\alpha$ ) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \text{arc tg} \frac{(X_{P1.1} - X_A)}{(Y_{P1.1} - Y_A)} \dots \dots \dots (2.5)$$

$$\Delta = 90 \text{ arc tg } \frac{(X_{PI.1} - X_A)}{(Y_{PI.1} - Y_A)} \dots \dots \dots (2.6)$$

Sudut *Bearing* ( $\Delta$ ) diperoleh dalam menentukan tikungan. Gambar sudut *bearing* dapat dilihat pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Sudut *bearing* ( $\Delta$ )

$$\Delta 1 = (\alpha 2 - \alpha 1)$$

$$\Delta 2 = (\alpha 3 - \alpha 2)$$

$$\Delta 3 = (\alpha 4 - \alpha 3)$$

### 2.5.3 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, di mana terdapat gaya sentrifugal. Gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur dan menyebabkan kendaraan tidak stabil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

#### 1. Jari-jari lengkung minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari - jari minimum dapat dilihat pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Panjang jari-jari minimum untuk  $e_{maks} = 10\%$ 

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	110	80	50	30	15

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

Jari-jari tikungan minimum (Rmin) ditetapkan sebagai berikut:

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

Keterangan :

Rmin = Jari-jari tikungan minimum (m)

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e maks = Superelevasi makasimum

f maks = Koefisien maksimum

### 2. Batas tikungan tanpa kemiringan

Kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul kerana kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak diadakan kemiringan. Untuk jari-jari yang di ijinakan tanpa adanya superelevasi dapat dilihat pada Tabel 2.10

Tabel 2.10 Jari-jari yang diijinkan tanpa superelevasi (Lengkung Peralihan)

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

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

### 3. Lengkung peralihan

Menurut Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota (1997), Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari jari tetap R; berfungsi mengantisipasi perubahan



alinyemen jalan dari bentuk lurus ( $R$  tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari jari tetap  $R$  sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Panjang lengkung peralihan ( $L$ ) ditetapkan atas pertimbangan bahwa:

- lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindarkan kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan  $V_R$ );
- gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan aman; dan
- tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $r_e$ ) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $r_{e-max}$  yang ditetapkan sebagai berikut:

untuk  $V_R \leq 70$  km/jam,  $r_{e-max} = 0.035$  m/m/detik

untuk  $V_R \geq 80$  km/jam,  $r_{e-max} = 0.025$  m/m/detik

Adapun nilai yang diambil adalah :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.8)$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R}{R \cdot c} T - 2,272 \frac{V_R - e}{c} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.9)$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{V_R}{3.6 R e} V_R \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dimana :

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

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$E$  = Superelevasi

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

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

$e_m$  = Superelevasi maksimum

$e_n$  = Superelevasi Normal

$r_e$  = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan

Tabel 2.11 Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkungan peralihan

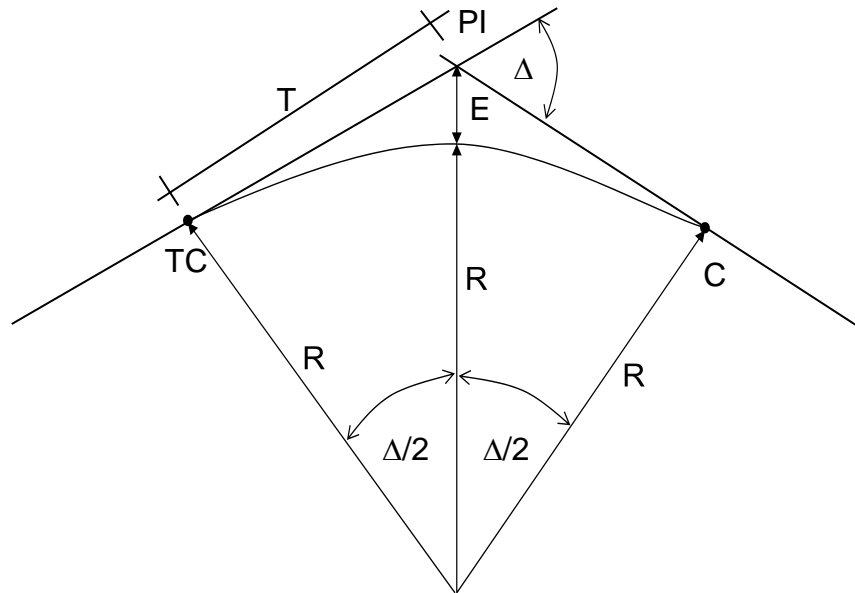
$V_R$ (Km/Jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$R_{min}$ (m)	25000	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

#### 2.5.4 Bentuk-bentuk tikungan

##### 1. Tikungan *full circle*

*Full circle* adalah jenis tikungan yang berbentuk busur lingkaran sederhana. Menurut Sukirman (1999), tidak semua lengkung dapat dibuat berbentuk busur lingkaran sederhana, hanya lengkung dengan radius besar yang diperbolehkan. Pada tikungan yang tajam, dimana radius lengkung kecil dan superelevasi yang dibutuhkan besar, lengkung berbentuk busur lingkaran akan menyebabkan perubahan kemiringan melintang yang besar yang mengakibatkan timbulnya kesan patah pada tepi perkerasan sebelah luar.



Gambar 2.4 Komponen tikungan *full circle*

Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan *full circle* adalah:

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.11)$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} = \sqrt{R^2 + T^2} - R = R \left( \sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.12)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{180} \pi R = 0.01745 \Delta R \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.13)$$

Dimana :

$\Delta$  = sudut tikungan ( $^{\circ}$ )      E = jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

O = titik pusat lingkaran      L = panjang lengkung (CT – TC), (m)

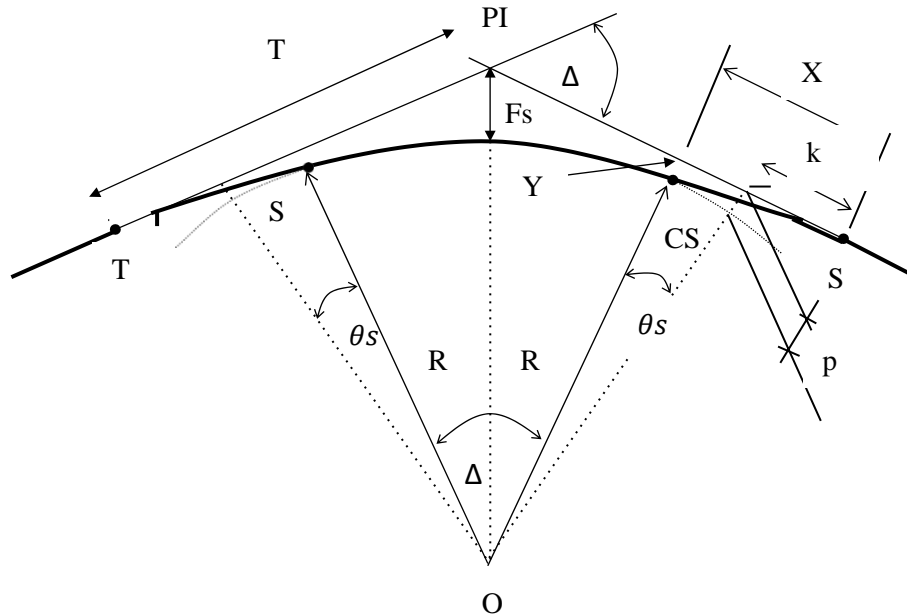
R = jari-jari tikungan (m)      PI = titik potong antara 2 garis tangen

T = jarak TC-PI atau PI-CT

## 2. Tikungan *spiral-circle-spiral* (SCS)

Menurut Sukirman (1999), Lengkung TS-SC adalah lengkung peralihan berbentuk spiral (clothoid) yang menghubungkan bagian lurus dengan radius tak berhingga di awal spiral (kiri TS) dan bagian berbentuk lingkaran dengan radius : Rc

diakhir spiral (kanan SC). Titik TS adalah titik peralihan bagian lurus ke bagian berbentuk spiral dan titik SC adalah titik peralihan "ragian spiral ke bagian lingkaran.



Gambar 2.5 Komponen tikungan *spiral-circle-spiral*

Lengkung spiral merupakan peralihan bagian lurus ke bagian circle yang berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal. Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan *spiral-circle-spiral* adalah :

$$\theta_s = \frac{90}{\pi} \cdot \frac{L_s}{R} \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2\theta_s \text{ (}^\circ\text{)} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$L_c = \frac{\Delta_c}{180} \cdot \pi \cdot R \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{40R^2} \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.17)$$

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40R^2} \right) \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$p = \frac{L_s^2}{6R} - R \cdot (1 - \cos \theta_s) \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.19)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40R^2} - R \cdot \sin \theta_s \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.20)$$

$$T_s = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k \text{ (m)} \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Es = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \cdot (m) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$L = Lc - 2Lsm (m) \dots \dots \dots (2.23)$$

Dimana :

Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC (jarak lurus lengkung peralihan)

Ys = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen

Ls = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST)

Lc = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS)

Ts = jarak tangen dari PI ke TS atau ST

Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran

$\Delta$  = sudut tikungan

$\Delta_c$  = sudut lengkung circle

$\Theta_s$  = sudut lengkung spiral

R = jari-jari tikungan

p = pergeseran tangen terhadap spiral

k = absis p pada garis tangen spiral

L = panjang tikungan SCS

### 3. Tikungan *spiral-spiral*

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Dari sisi kenyamanan, maka jenis tikungan ini paling tidak nyaman. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut  $\Delta$  relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.

Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan *spiral spiral* adalah :

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \cdot \pi \cdot R, Lc = 0 \dots \dots \dots (2.24)$$

$$Ls = \frac{2\pi R}{360} \cdot 2\theta_s \text{ atau } Ls = \frac{\theta_s \cdot R}{28,648} (m) \dots \dots \dots (2.25)$$

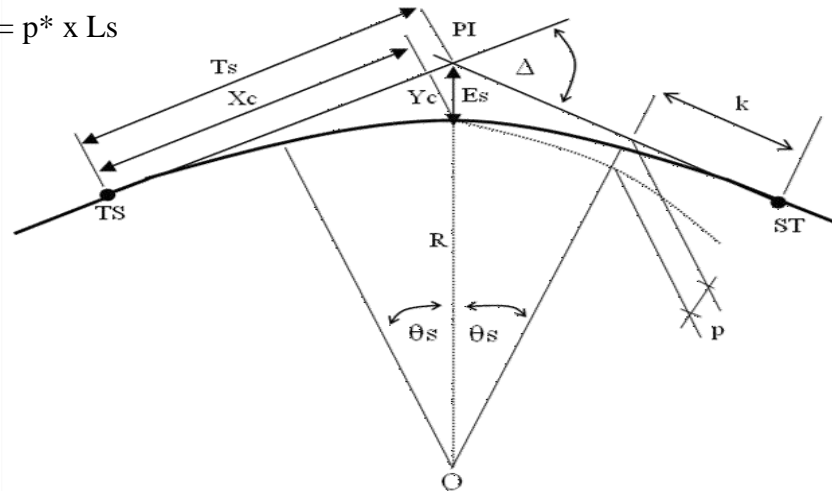
$$Ts = (R + p) \cdot \tan \frac{\Delta}{2} + k (m) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$Es = (R + p) \cdot \sec \frac{\Delta}{2} - R \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.27)$$

$$L_{tot} = 2 L_s \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.28)$$

$$k = k^* \times L_s \dots \dots \dots (2.29)$$

$$p = p^* \times L_s$$



Gambar 2.6 Komponen tikungan *spiral spiral*

### 2.5.5 Kecepatan rencana

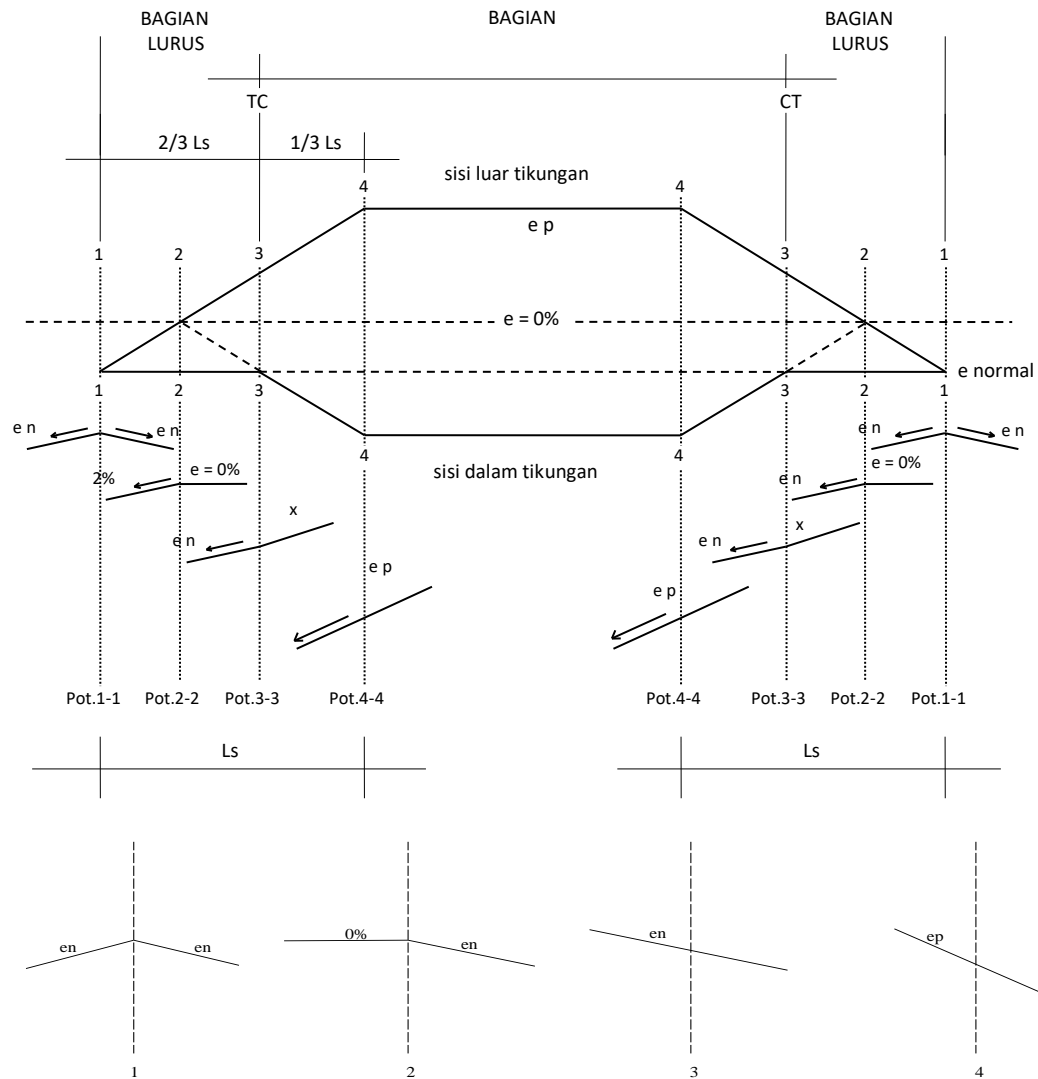
Kecepatan rencana ( $V_R$ ) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti.  $V_R$  untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.12 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 klasifikasi 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)

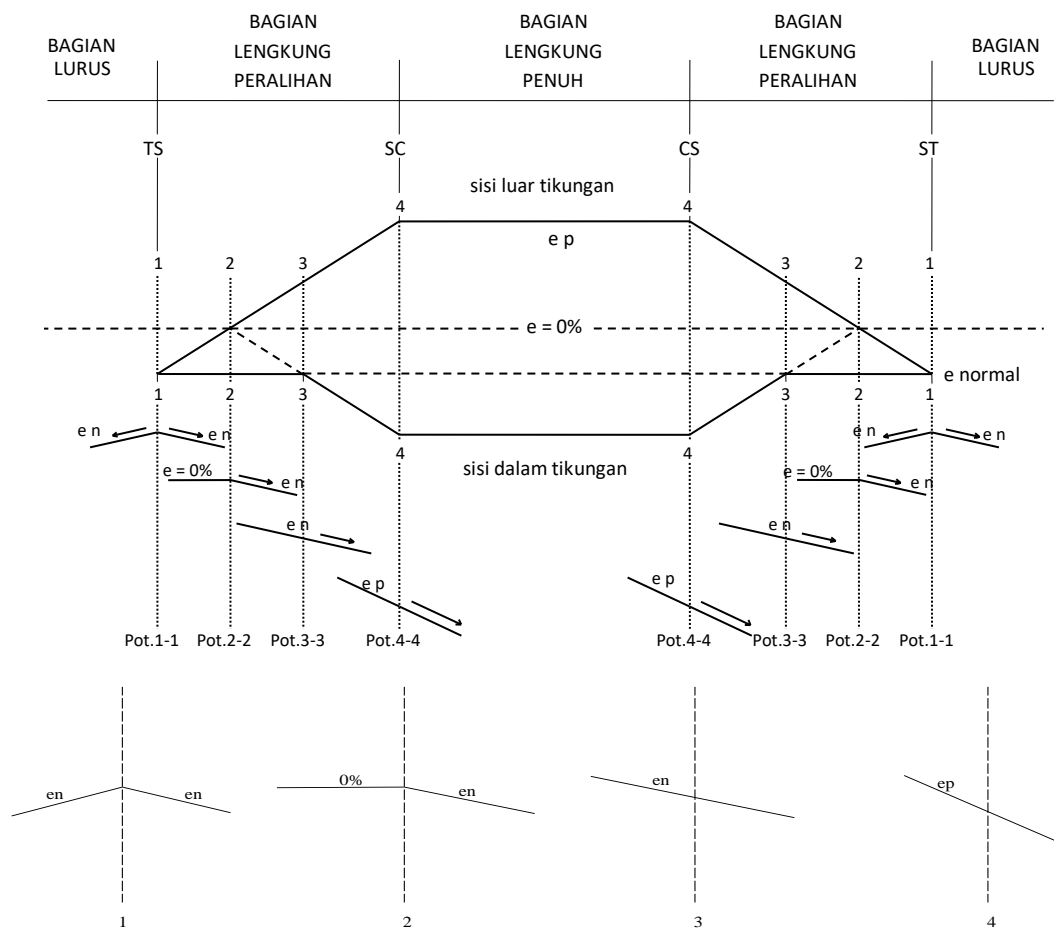
### 2.5.6 Superelevasi



Gambar 2.7 Superelevasi tikungan *full circle*

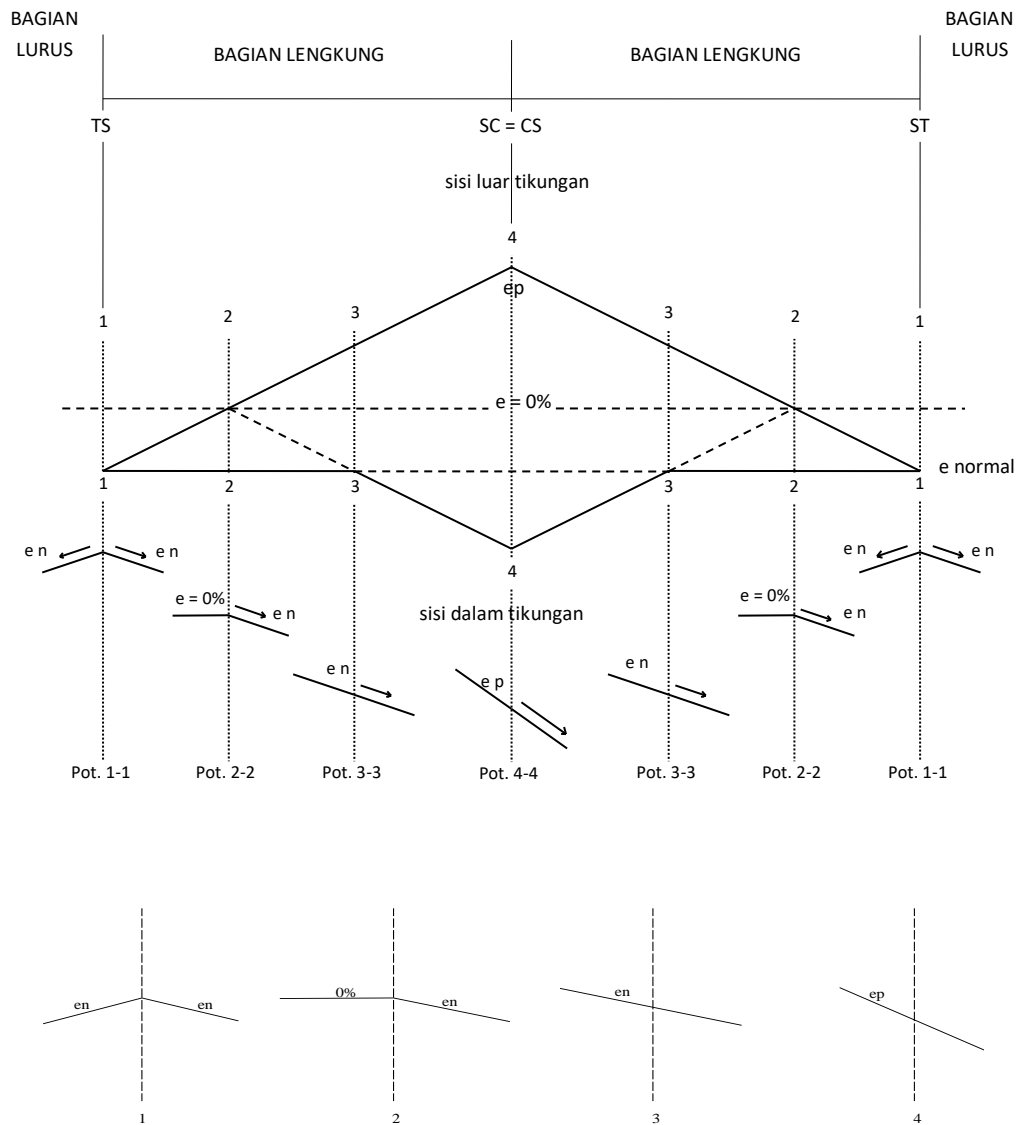
Menurut Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota (1997), Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan  $V_R$ . Nilai superelevasi maksimum ditetapkan 10%. Pencapaian superelevasi pada masing-masing tikungan adalah sebagai berikut:

- Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear diawali dari bentuk normal sampai awal lengkungperalihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkansampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan (SC).
- Pada tikungan fC, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear
- Pada tikungan S-S, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.



Gambar 2.8 Superelevasi tikungan *Spiral-Circle-Spiral*





Gambar 2.9 Superelevasi tikungan *Spiral-Spiral*

### 2.5.7 Kemiringan melintang

Menurut Sukirman (1999), Kemiringan melintang jalan pada lengkung horizontal yang bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan guna mengimbangi gaya sentrifugal biasanya disebut superelevasi. Semakin besar

superelevasi semakin besar pula komponen berat kendaraan yang diperoleh. Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan seperti :

- a. keadaan cuaca, seperti sering turun hujan, berkabut.
- b. Jalan yang berada di daerah yang sering turun hujan, berkabut, atau sering turun salju, superelevasi maksimum lebih rendah daripada jalan yang berada di daerah yang selalu bercuaca baik.
- c. keadaan medan, seperti datar, berbukit-bukit atau pergunungan. Di daerah datar superelevasi maksimum dapat dipilih lebih tinggi daripada di daerah berbukit-bukit, atau di daerah pergunungan.

Pada jalan lurus kendaraan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan cepat mengalir ke samping dan masuk ke selokan samping, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaliknya lapis permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar, sehingga kerusakan konstruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang ini (= en) berkisar antara 2 - 4%.

### **2.5.8 Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan**

Menurut Sukirman (1999), Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan. Pada umumnya truk tunggal merupakan jenis kendaraan yang dipergunakan sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan

rencana. Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Adapun rumus yang digunakan :

$$B = \sqrt{\left\{\sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25\right\}^2 + 64 - \sqrt{R_c^2 - 64} + 1,25} \dots\dots\dots(2.30)$$

Dan  $R_c$  = radius lajur sebelah dalam – ½ lebar perkerasan + ½ b

$$Z = \frac{0,105V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.31)$$

Dimana :

- b = lebar kendaraan rencana
- B = Iebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam.
- U = B-b
- C = lebar ketebasan sarnping di kiri dan kanan kendaraan
- Z = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan.
- Bn = lebar total perkerasan pada bagian lurus
- Bt = lebar total perkerasan di tikungan
- n = jumlah lajur
- Bt = n (B+C)+Z
- $\Delta b$  = tambahan lebar perkerasan di tikungan
- $\Delta b$  = Bt-Bn
- V = kecepatan, km/jam
- R = radius lengkung, m

### 2.5.9 Kebebasan samping pada tikungan

Menurut TPGJR No.038/TBM/1997, Departemen Pekerjaan Umum, pengertian kebebasan samping di tikungan adalah:

1. Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga  $J_h$  dipenuhi.
2. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh  $E$  (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai objek penghalang pandangan sehingga persyaratan  $J_h$  dipenuhi.

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

Apabila kondisi medan mengizinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengizinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diizinkan.

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga  $J_h$  dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh  $E$  (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan  $J_h$ .

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

- a. Jika  $J_h < L_t$

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{28,65}{R} \right) (m) \dots \dots \dots (2.32)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga  $J_h$  dipenuhi. 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  $J_h$  dipenuhi.

Tabel 2.12 E (m) untuk  $J_h < L_t$ ,  $V_R$  (km/jam) dan  $J_h$  (m).

b. Jika  $J_h > L_t$

$$E = R' \left( 1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R} \right) \dots \dots \dots (2.33)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

Jh = Jarak pandang henti (m)

Lt = Panjang tikungan (m)

Tabel 2.13 penentuan nilai E (Jarak bebas samping)

R (m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500						1,5	2,6	5,2
1200						1,8	3,2	6,5
1000						2,2	3,8	7,8
800						3,0	4,8	9,7
600					1,8	3,6	6,4	13,0
500					2,3	4,5	7,6	15,5
400				1,5	2,8	6,0	9,5	$R_{min}=50$
300				1,9	3,5	7,2	$R_{min}=35$	0
250				2,2	4,0	$R_{min}=21$	0	
200			1,5	2,5	4,7			
175			1,7	2,9	5,4			
150			1,8	3,1	5,8			
130			2,0	3,4	$R_{min}=11$			
120			2,2	3,8	5			
110			2,5	4,2				
100		1,5	2,8	4,7				
90		1,8	3,3	$R_{min}=8$				
80		2,3	3,9	0				
70		3,0	$R_{min}=5$					
60	1,6	$R_{min}=3$	0					
50	2,1	0						
40	$R_{min}=1$							
30	5							
20								
15								

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Tabel 2.14 E (m) untuk  $J_h > L_v$ ,  $V_R$  (km/jam) dan  $J_h$  (m), di mana  $J_h - L_v \leq 25$  m.

R(m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000						1,5	2,5	4,7
1500						2,1	3,3	6,2
1200						2,5	4,1	7,8
1000					1,5	3,2	4,9	9,4
800					2,0	4,2	6,1	11,7
600				1,8	2,3	5,1	8,2	15,6
500			1,5	2,4	2,9	6,4	9,8	18,6
400			1,8	2,9	3,9	8,5	12,2	$R_{min}=500$
300			2,2	3,6	4,7	10,1	$R_{min}=350$	
250		1,5	2,6	4,1	5,8	$R_{min}=210$		
200		1,7	3,0	4,8	6,7			
175		2,0	3,5	5,5	7,8			
150		2,2	3,7	6,0	8,9			
130		2,4	4,1	6,5	9,7			
120	1,5	2,6	4,5	7,2	$R_{min}=115$			
110	1,6	2,9	5,0	7,9				
100	1,9	3,2	5,6	8,9				
90	2,2	3,7	6,4	$R_{min}=80$				
80	2,6	4,3	7,4					
70	3,3	5,1	8,8					
60	4,4	6,4	$R_{min}=50$					
50	6,4	8,4						
40	8,4	$R_{min}=30$						
30	$R_{min}=15$	0						
20								
15								

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

Tabel 2.15 E (m) untuk  $J_h > L_t$ ,  $V_R$  (km/jam) dan  $J_h$  (m), di mana  $J_h - L_t = 50$  m.

R (m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,8
5000								2,2
3000								3,6
2000							2,0	5,5
1500						1,6	3,0	7,3
1200						2,2	4,0	9,1
1000						2,7	5,0	10,9
800					1,6	3,3	6,0	13,6
600				1,8	2,1	4,1	7,5	18,1
500				2,1	2,7	5,5	10,0	21,5
400				2,7	3,3	6,6	12,0	$R_{min}=500$
300			1,7	3,5	4,1	8,2	15,0	
250			2,3	4,3	5,5	10,9	$R_{min}=350$	
200		1,7	2,8	5,3	6,5	13,1		
175		2,1	3,5	6,1	8,2	$R_{min}=210$		
150		2,4	4,0	7,1	9,3			
130	1,5	2,9	4,7	8,1	10,8			
120	1,8	3,3	5,4	8,8	12,5			
110	1,9	3,6	5,8	9,6	13,5			
100	2,1	3,9	6,3	10,5	$R_{min}=115$			
90	2,3	4,3	7,0	11,7				
80	2,6	4,7	7,7	13,1				
70	2,9	5,3	8,7	$R_{min}=80$				
60	3,3	6,1	9,9					
50	3,9	7,1	11,5					
40	4,6	8,5	13,7					
30	5,8	10,5	$R_{min}=50$					
20	7,6	13,9						
15	11,3	$R_{min}=30$						
	14,8							
	$R_{min}=15$							

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)



### 2.5.10 Jarak pandang henti

Jarak pandang henti ( $J_h$ ) adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi  $J_h$ .  $J_h$  diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.  $J_h$  terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

1. Jarak tanggap ( $J_{ht}$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem

$$D1 = V \times t \dots \dots \dots (2.34)$$

Dimana :

$d1$  : jarak dari saat melihat rintangan sampai menginjak pedal rem (m)

$V$  : kecepatan rencana (km/jam)

$T$  : Waktu reaksi atau waktu tangkap = 2,5 detik

$$D2 = 0,278.V.t \dots \dots \dots (2.35)$$

2. Jarak pengereman ( $J_{h,}$ ) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

$J_h$  dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

- a. Untuk jalan datar

$$J_h = 0,278 V_R \cdot T + \frac{VR^2}{254} \dots \dots \dots (2.36)$$

- b. Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$J_h = 0,278 V_R \cdot T + \frac{R^2}{254 (F \pm L)} \dots \dots \dots (2.37)$$

Dimana:

$VR$  = kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

- G = percepatan gravitasi, ditetapkan  $9,8 \text{ m/det}^2$   
 F = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal 0,35- 0,55  
 L = kelandaian jalan dalam (%)

Adapun jarak pandang henti ( $J_h$ ) minimum yang dapat dilihat pada Tabel 2.16

Tabel 2.16 Jarak pandang henti ( $J_h$ ) minimum.

$V_R$ , km/jam	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_h$ minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

### 2.5.11 Jarak pandang mendahului

Jarak pandang mendahului ( $J_d$ ) adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.  $J_d$  diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Daerah mendahului harus disebar di sepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.  $J_d$  dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

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

Dimana :

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

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

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

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

Rumus yang dipergunakan adalah :

$$d1 = 0,278 T1 (VR - m + \frac{a.T1}{2}) \dots\dots\dots(2.38)$$

$$d2 = 0,278 \cdot VR \cdot T2 \dots\dots\dots(2.39)$$

d3 = diambil antara 30-100 meter

$$d4 = \frac{2}{3} d2 \dots\dots\dots(2.40)$$

Dimana :

T1 = Waktu dalam detik,  $\infty 2,12 + 0,026 VR$

T2 = Waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik),  $\infty 6,56 + 0,048 VR$

a = Percepatan rata-rata km/jam/detik  $\infty 2,052 + 0,0036 VR$

m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan b kendaraan yang didahului

VR = Kecepatan kendaraan rata-rata dalam keadaanmendahului  $\infty$  Kecepatan rencana (km/jam)

d1 = Jarak kebebasan

d2 = Jarak yang ditempuh kendaraan yang datang dari arah berlawanan

Tabel 2.17 Panjang jarak pandang mendahului

V <sub>R</sub> (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J <sub>d</sub> (m)	800	670	550	350	250	200	15	100

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

## 2.6 Penomoran (*Stasioning*)

Penomoran (*stasioning*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenal lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nornor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Di samping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara

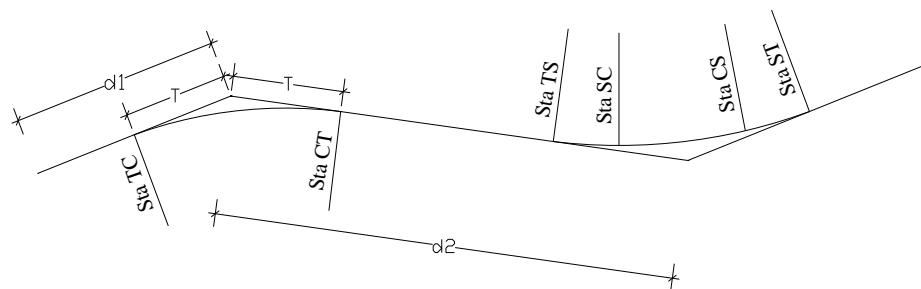
keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. Nomor jalan atau Sta jalan ini sama fungsinya dengan patok km di sepanjang jalan. Perbedaannya adalah sebagai berikut :

- Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya. Patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal pekerjaan (proyek) sampai dengan akhir pekerjaan.
- Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku. Patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan ruas jalan tersebut.

Sta jalan dimulai dari 0+000m yang berarti 0 km dan 0 m dari awal pekerjaan. Sta 10+250 berarti lokasi jalan terletak pada jarak 10 km dan 250 meter dari awal pekerjaan. Jika tidak terjadi perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal, maka penomoran selanjutnya dilakukan :

- setiap 100 m pada medan datar
- setiap 50 m pada medan berbukit
- 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 2.8 Sistem penomoran jalan

## 2.7 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Seringkali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Sedangkan bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

Menurut Silvia Sukirman (1999) perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh berbagai pertimbangan seperti:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan.

Pada umumnya gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan. Pendakian dan penurunan yang terjadi memberikan pengaruh terhadap gerak kendaraan.

### **2.7.1 Landai maksimum**

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. Kelandaian maksimum bisa dilihat pada tabel 2.18

Tabel 2.18 Kelandaian maksimum yang diizinkan

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

(Sumber : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

### 2.7.2 Landai minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan, sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang jalan diperlukan suatu kelandaian minimum. Dalam menentukan landai minimum ini terdapat dua tinjauan, yaitu:

1. Kepentingan lalulintas, yang ideal 0%,
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai.

Dari tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan alinyemen vertikal sangat dianjurkan:

- b. Landai datar, untuk jalan di atas timbunan tanpa kerb,
- c. Landai 0,15%, untuk jalan di atas timbunan, medan datar dengan kerb,
- d. Landai min 0,3-05%, untuk jalan pada daerah galian dengan kerb,

### 2.7.3 Panjang landai kritis

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh  $V_R$ . Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

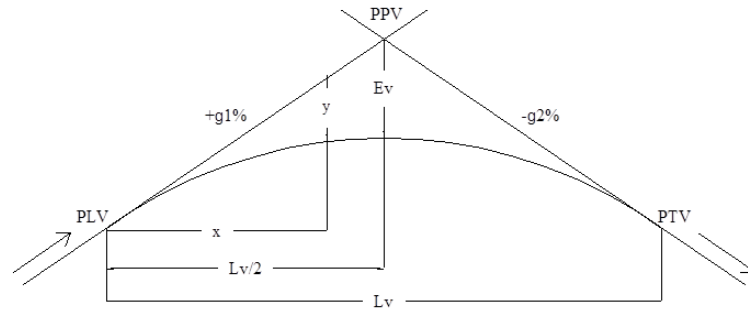
Tabel 2.19 Panjang Kritis (m)

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 : Tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, 1997)

### 2.7.4 Lengkung vertikal

Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kelandaian dengan tujuan mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti. Lengkung vertikal dalam tata cara ini ditetapkan berbentuk parabola sederhana.



Gambar 2.9 Lengkung vertikal

Keterangan :

PPV = titik perpotongan kelandaian  $g_1$  dan  $g_2$

PLV = titik awal lengkung parabola.

PTV = titik akhir lengkung parabola.

$g$  = kemiringan tangen ; (+) naik; (-) turun.

$E_v$  = pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran  
( $PV_1 - m$ ) meter.

$L_v$  = panjang lengkung vertikal

$X$  = jarak dari titik PLV ke titik yang ditinjau

$y'$  = besarnya penyimpangan/defleksi (jarak vertikal)  
antara garis kemiringan dengan lengkung

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi ( $y'$ ) antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus:

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 \cdot Lv} x^2 \text{ (m)} \dots \dots \dots (2.41)$$

Dimana :

x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)

y = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m)

g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub> = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)

L<sub>v</sub> = Panjang lengkung vertikal (m)

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

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots \dots \dots (2.42)$$

Lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam, yaitu:

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan

Lengkung vertikal cembung (LV), dapat diperoleh dengan rumus :

Panjang L<sub>v</sub> berdasarkan J<sub>h</sub> (dalam meter)

$$J_h < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_h^2}{399} \dots \dots \dots (2.43)$$

$$J_h > L, \text{ maka } L_v = 2 J_h - \frac{399}{A} \dots \dots \dots (2.44)$$

Panjang L berdasarkan J<sub>d</sub> (dalam meter)

$$J_d < L, \text{ maka } L_v = \frac{A \cdot J_d^2}{840} \dots \dots \dots (2.45)$$

$$J_d > L, \text{ maka } L_v = 2 \cdot J_d - \frac{840}{A} \dots \dots \dots (2.46)$$

Keterangan :

J<sub>h</sub> = jarak pandang henti (m)

J<sub>d</sub> = jarak pandang mendahului (m)

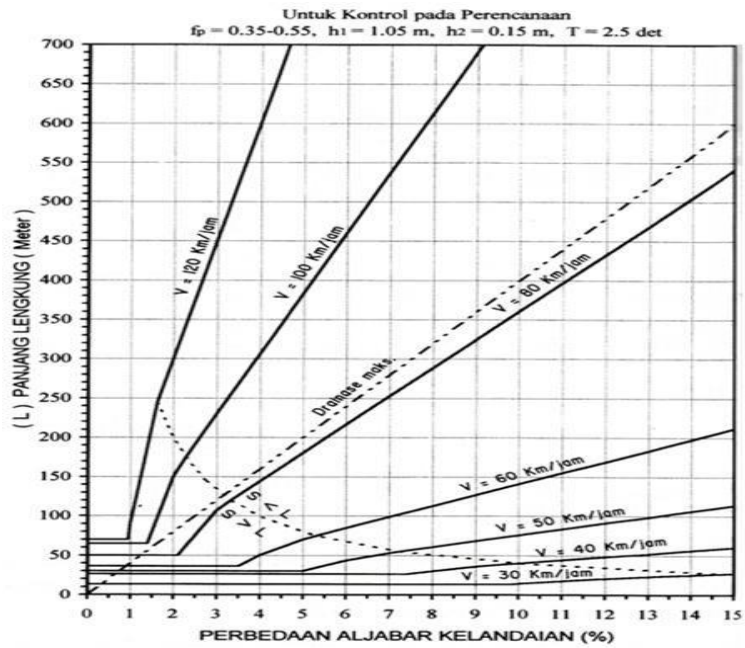
g<sub>1</sub>, g<sub>2</sub> = kemiringan / tangent (%)



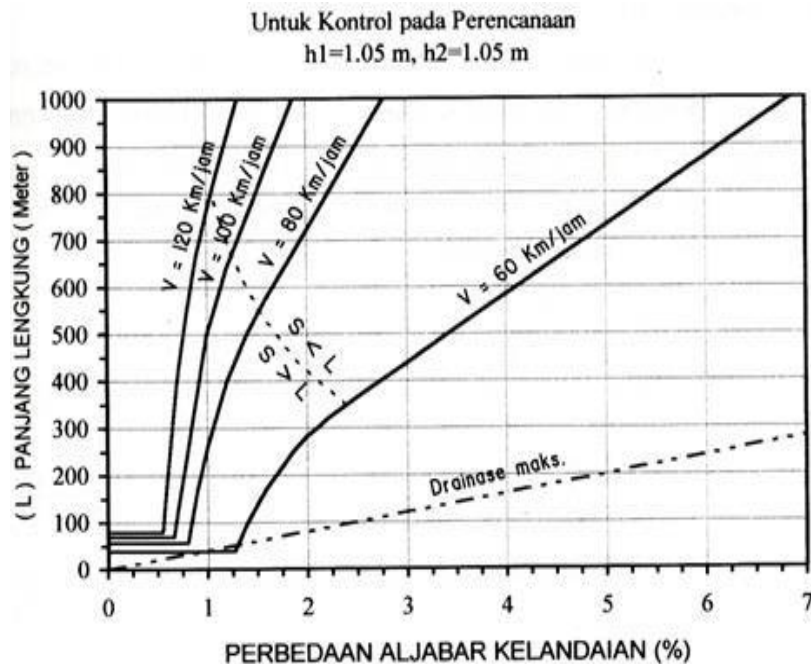
$L_v$  = panjang lengkung (m)

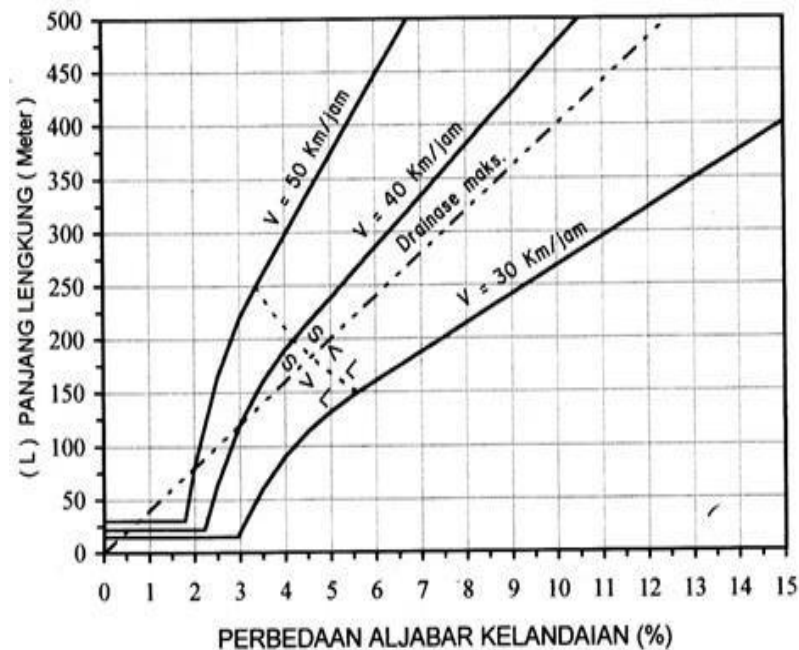
$A$  = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) diman  $A = g_1 \pm g_2$

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung ( $L_v$ ) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 2. (untuk jarak pandang henti).



Gambar 2.10 Grafik panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang henti ( $J_h$ )





Gambar 2.11 Grafik panjang lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandang mendahului (Jd)

b. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung diman titik perpotongan antaran kedua tangen berada di bawah permukaan jalan

Lengkung vertikal cekung (L), dapat diperoleh dengan rumus:

Panjang L berdasarkan Jh. (dalam meter)

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

$$J_h > L, \text{ maka } L = 2J_h - \frac{120 + 3,5 J_h}{A} \dots \dots \dots (2.48)$$

Keterangan :

Jh = jarak pandang henti (m)

Jd = jarak pandang mendahului (m)

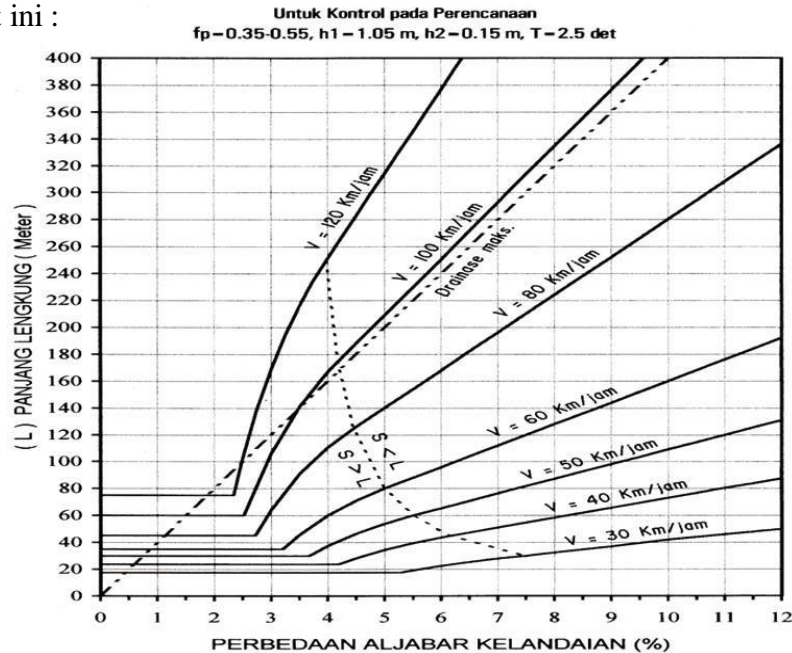
g1, g2 = kemiringan / tangent (%)

Lv = panjang lengkung (m)

A = perbedaan aljabar untuk kelandaian (%) diman  $A = g_1 \pm g_2$

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada

waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik Gambar 2.12 berikut ini :



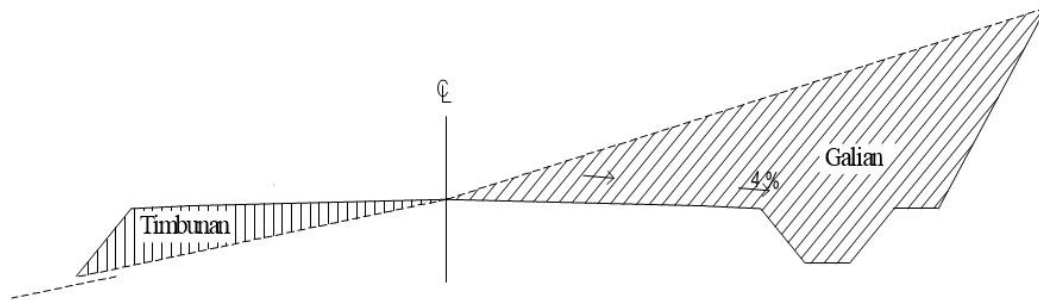
Gambar 2.12 Grafik panjang lengkung vertikal cekung

## 2.8 Perhitungan galian dan timbunan

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

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

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



Gambar 2.13 Galian dan timbunan

Tabel 2.20 Perhitungan Galian Timbunan

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

(Sumber: Hendra Suryadharna, 1999)

## 2.9 Perencanaan tebal perkerasan

Perkerasan jalan merupakan lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik daripada tanah dasar. Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan.

### 2.9.1 Jenis perkerasan

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

#### 1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

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

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

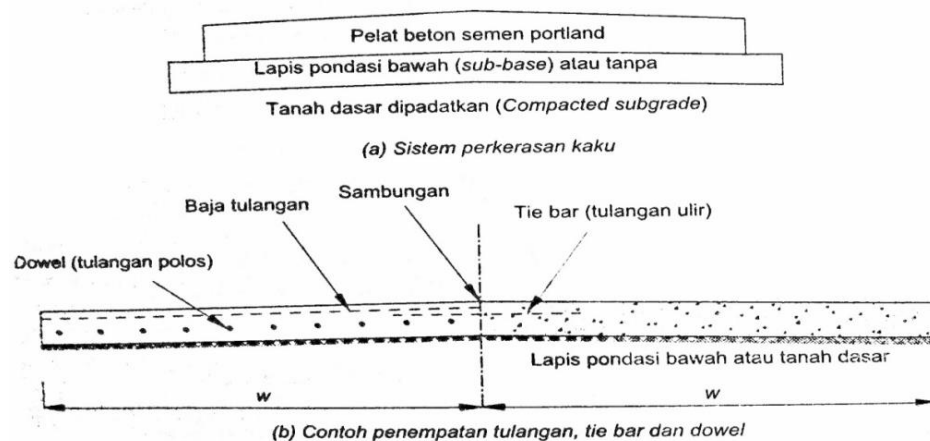
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat kaku / lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

**2.9.2 Perkerasan kaku (*Rigid pavement*)**

Menurut Hardiyatmo (2015) perkerasan kaku terdiri dari pelat beton semen Portland yang terletak langsung di atas tanah dasar, atau di atas lapisan granuler (*subbase*). Perkerasan kaku memiliki modulus elastisitas yang cukup tinggi. Pelat beton dapat mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar dengan area yang cukup luas dibandingkan dengan perkerasan lentur. Kemampuan tersebut menunjukkan bahwa bagian terbesar dari kekuatan struktur perkerasan kaku diperoleh dari pelat beton sendiri. Pada gambar 2.14 menunjukkan contoh tipikal komponen perkerasan kaku dan peletakan tulangnya.



Gambar 2.14 Sistem perkerasan kaku

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

1. Perkiraan lalu lintas dan komposisi lalu lintas selama umur rencana
2. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau modulus reaksi tanah dasar ( $k$ )
3. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan
4. Jenis bahu jalan
5. Jenis perkerasan
6. Jenis penyaluran beban.

Selain beberapa pertimbangan diatas ada beberapa keuntungan dan kerugian dalam pemakaian konstruksi perkerasan kaku.

Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:

1. *Life-cycle-cost* lebih murah dari pada perkerasan aspal
2. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air
3. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan
4. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (*overloading*)
5. Memiliki umur rencana yang lebih lama
6. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari *import*
7. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/ *environment* lebih menguntungkan.

Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu :

1. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai *riding comfort* yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh
2. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan di siang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras
3. Perbaikan kerusakan seringkali merupakan perbaikan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas
4. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal

5. Pelapisan ulang/ *overlay* tidak mudah dilakukan
6. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku  $\pm$  28 hari
7. Perbaikan permukaan yang sudah halus (*polished*) hanya bisa dilakukan dengan *grinding machine* atau pelapisan ulang dengan campuran aspal, yang kedua-duanya memerlukan biaya yang cukup mahal

### 2.9.3 Tipe-tipe perkerasan kaku

Perkerasan kaku dapat dikategorikan menjadi dua, yaitu perkerasan beton dengan sambungan dan tanpa sambungan. Adapun yang disebut perkerasan beton konvensional antara lain (Hardiyatmo, 2015) :

1. Perkerasan beton bertulang tak bersambungan (*Jointed Plain Concrete Pavement, JPCP*)
2. Perkerasan beton bertulang bersambungan (*Jointed Reinforced Concrete Pavement, JRCP*)
3. Perkerasan beton bertulang kontinyu (*Continuous Reinforced Concrete Pavement, CRCP*)
4. Selain tipe konvensional, terdapat pula tipe perkerasan beton prategang, beton pracetak dan *roller compacted concrete (RCC)*.

### 2.9.4 Persyaratan teknis

#### 1. Tanah dasar

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

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara

grafis dan analitis.

a. Cara grafis

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

b. Cara analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR = CBR - (CBR_{maks} - CBR_{min}) / R \dots\dots\dots (2.49)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen. Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.21 dibawah ini.

Tabel. 2.21 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah TitikPengamatan	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

(Sumber : Hendra Suryadharma, 1999)

2. Pondasi bawah



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

a. Bahan berbulir

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

b. Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (*lean rolled concrete*)

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

3. 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 (ASTM C-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 MPa (30-50 kg/cm<sup>2</sup>). Kuat tarik lentur beton yang diperkuat dengan bahan serat penguat seperti serat baja, aramit atau serat karbon, harus mencapai kuat tarik lentur 5–5,5 MPa (50-55 kg/cm<sup>2</sup>). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa (2,5kg/cm<sup>2</sup>) terdekat. Hubungan antara

kuat tekan karakteristik dengan kuat tarik-lentur beton dapat didekati dengan rumus berikut:

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

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

Dimana:

$f_c$  = kuat tekan beton karakteristik 28 hari ( $\text{kg/cm}^2$ )

$f_{cf}$  = kuat tarik lentur beton 28 hari ( $\text{kg/cm}^2$ )

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

#### 4. Kuat tarik

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 ( $50\text{--}55 \text{ kg/cm}^2$ ). Kekuatan rencana harus dinyatakan dengan kuat tarik lentur karakteristik yang dibulatkan hingga 0,25 MPa ( $2,5 \text{ kg/cm}^2$ ) terdekat.

#### 5. Lalu lintas

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

#### 6. Lajur rencana

Koefisien distribusi lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang menampung lalu-lintas kendaraan niaga terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, maka jumlah lajur dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga dapat ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Tabel 2.22

Tabel 2.22 Jumlah Lajur berdasarkan lebar perkerasan dan koefisien distribusi (C) kendaraan niaga pada lajur rencana

Lebar Perkerasan ( $L_o$ )	Jumlah Lajur ( $n_l$ )	Koefisien Distribusi	
		1 Arah	2 Arah
$L_o < 5,50$ m	1 lajur	1	1
$5,50 \text{ m} \leq L_o < 8,25$ m	2 lajur	0,70	0,50
$8,25 \text{ m} \leq L_o < 11,25$ m	3 lajur	0,50	0,475
$11,23 \text{ m} \leq L_o < 15,00$ m	4 lajur	-	0,45
$15,00 \text{ m} \leq L_o < 18,27$ m	5 lajur	-	0,425
$18,27 \text{ m} \leq L_o < 22,00$ m	6 lajur	-	0,40

(Sumber: Pd. T-14-2003)

#### 7. Umur rencana

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

#### 8. Pertumbuhan lalu lintas

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

$$R = \frac{(1+0,01)^{UR}-1}{0,01 i} \dots\dots\dots(2.50)$$

Dimana :

R = Faktor pertumbuhan lalu lintas

i = laju pertumbuhan lalulintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

Tabel 2.23 Umur rencana berdasarkan laju pertumbuhan per tahun

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 : Bina Marga 2003)

#### 9. Lalu lintas rencana

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

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C \dots\dots\dots(2.51)$$

Dimana:

JSKN = Jumlah sumbu kendaran niaga selama umur rencana

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

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

C = Koefisien distribusi kendaraan.

#### 10. Faktor keamanan beban

Pada penentuan beban rencana, beban sumbu dikalikan dengan faktor keamanan beban (FKB). Faktor keamanan beban ini digunakan berkaitan adanya berbagai tingkat realibilitas perencanaan seperti terlihat pada Tabel 2.24 berikut ini:

Tabel 2.24 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 lalulintasnya tidak terhambat serta volume kendaraan niaga yang tinggi.  Bila menggunakan data lalulintas dari hasil survey beban ( <i>weight-in-motion</i> ) dan adanya kemungkinan route alternative, 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 : Bina Marga 2003)

### 2.9.5 Sambungan

#### 1. Sambungan pelaksanaan (*construction joint*).

Sambungan pelaksanaan merupakan sambungan yang memisahkan bagian-bagian pelat beton yang dicor pada waktu yang berbeda. Jadi, sambungan ini merupakan pertemuan antara beton yang dicor lebih awal dan sesudahnya.

#### 2. Sambungan muai (*expansion joint*).

Sambungan muai atau sambungan ekspansi berfungsi untuk memberikan ruang pemuaian pelat beton yang cukup di antara pelat-pelat perkerasan guna mencegah adanya tegangan tekan berlebihan yang dapat mengakibatkan

perkerasan beton tertekuk.

### 3. Sambungan susut (*contraction joint*).

Sambungan kontraksi/sambungan susut berguna untuk mengendalikan retak susut beton

### 4. Sambungan lengkung (*warping joint*) atau sendi (*hinge*)

Sambungan lengkung atau sendi digunakan dalam perkerasan beton untuk mengendalikan retak disepanjang sumbu dari perkerasan. Jenis sambungan yang digunakan tergantung pada pengecoran pelat beton.

### 5. *Dowel*

*Dowel* adalah batang baja yang berfungsi sebagai alat penyalur beban antara dua pelat yang berdampingan.

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

- a. Jarak maksimum sambungan memanjang 3 – 4 meter.
- b. Jarak maksimum sambungan melintang 25 kali tebal pelat, maksimum 5,0 meter.
- c. Semua sambungan susut harus menerus sampai kerb dan mempunyai kedalaman seperempat dan sepertiga dari tebal perkerasan masing-masing untuk lapis pondasi berbutir dan lapis stabilisasi semen.
- d. Antar sambungan harus bertemu pada satu titik untuk menghindari terjadinya retak refleksi pada lajur yang bersebelahan.
- e. Sudut antar sambungan yang lebih kecil dari 60 derajat harus dihindari dengan mengatur 0,5 m panjang terakhir dibuat tegak lurus terhadap tepi perkerasan.
- f. Apabila sambungan berada dalam area 1,5 meter dengan manhole atau bangunan yang lain, jarak sambungan harus diatur sedemikian rupa.

Sambungan pada perkerasan beton semen ditunjukkan 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 antara lain:

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

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

$$A_t = 204 \times b \times h \dots\dots\dots(2.52)$$

$$l = (38,3 \times \phi) + 75 \dots\dots\dots(2.53)$$

Dimana:

$A_t$  = Luas penampang tulangan per meter panjang sambungan (mm<sup>2</sup>).

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

$H$  = Tebal pelat (m).

$L$  = Panjang batang pengikat (mm).

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

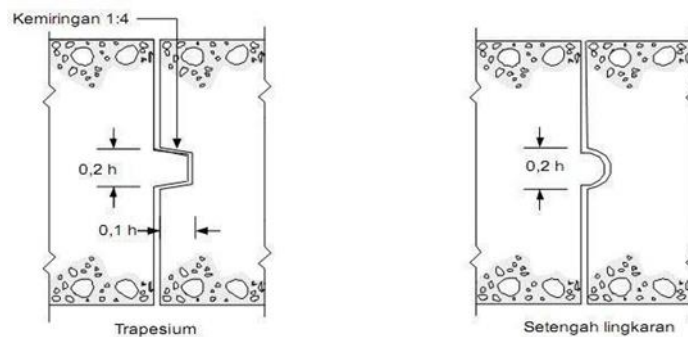


a) Sambungan Dibuat saat pelaksanaan b) Pengecoran selebar jalur

Gambar 2.15 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 sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.16



a) Trapezium b) Setengah lingkaran

Gambar 2.16 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.

### a. 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.

b. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang

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

c. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.17 dan Gambar 2.18



Gambar 2.17 Sambungan susut melintang tanpa ruji



Gambar 2.18 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 sebagaimana terlihat pada Tabel 2.25

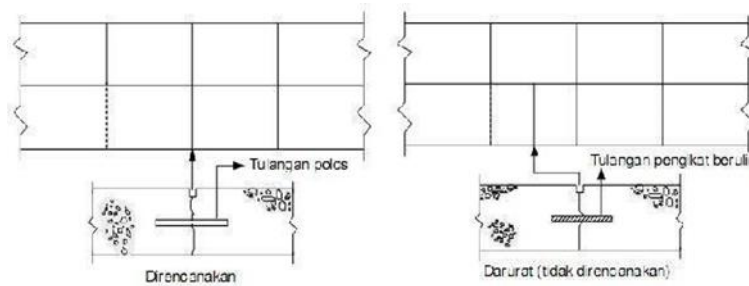
Tabel 2.25 Diameter ruji

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 : Bina Marga 2003)

d. Sambungan Pelaksanaan Melintang

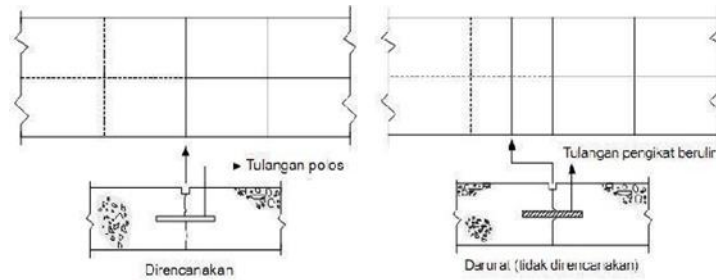
Sambungan pelaksanaan melintang yang tidak direncanakan (darurat) harus menggunakan batang pengikat berulir, sedangkan pada sambungan yang direncanakan harus menggunakan batang tulangan polos yang diletakkan di tengah tebal pelat.



a) Direncanakan

b) Darurat tidak direncanakan

Gambar 2.19 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



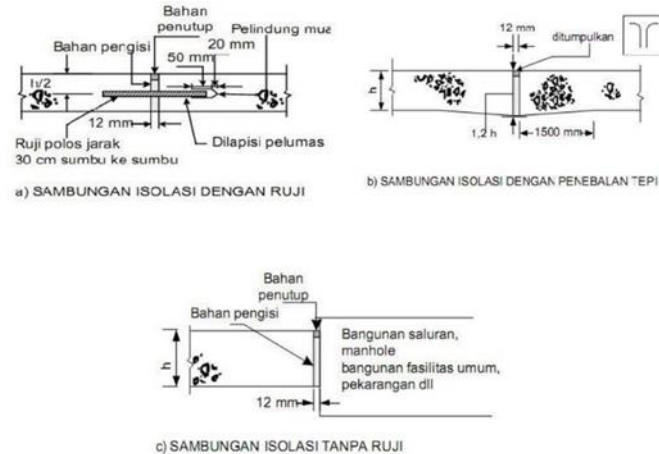
c) Direncanakan

d) Darurat tidak direncanakan

Gambar 2.20 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

e. Sambungan isolasi

Sambungan isolasi memisahkan perkerasan dengan bangunan yang lain, misalnya *manhole*, jembatan, tiang listrik, jalan lama, persimpangan dan lain sebagainya. Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada Gambar 2.

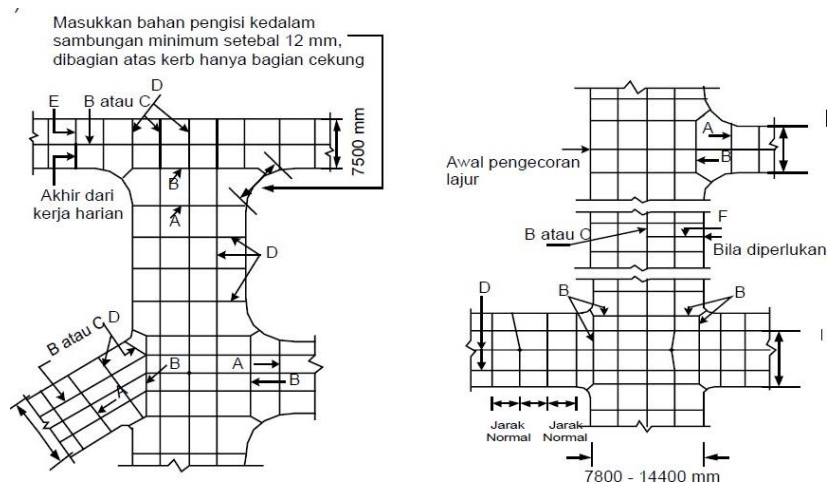


Gambar 2.21 Sambungan Isolasi

Semua sambungan harus ditutup dengan bahan penutup (*joint sealer*), kecuali pada sambungan isolasi terlebih dahulu diberi bahan pengisi (*joint filler*).

#### f. 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 dan atau pelat beton yang saling menekan keatas (*blowup*).



Gambar 2.22 Detail potongan melintang sambungan perkerasan

Keterangan Gambar 2.22 :

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

#### 2.9.6 Perancangan tulangan

Perencanaan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu:

##### 1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan

Padaperkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan, ada kemungkinan penulangan perlu dipasang guna mengendalikan retak. Bagian-bagian pelat yang

diperkirakan akan mengalami retak akibat konsentrasi tegangan yang tidak dapat dihindari dengan pengaturan pola sambungan, maka pelat harus diberi tulangan.

Penerapan tulangan umumnya dilaksanakan pada:

- a. 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.
- b. Pelat dengan sambungan tidak sejalur (*mismatched joints*).
- c. Pelat berlubang (*pitsor structures*)

## 2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan

$$A_s = \frac{\mu \times L \times M \times g \times h}{2 \times f_s} \dots\dots\dots(2.54)$$

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 yang 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.

Adapun nilai koefisien gesek antara pelat beton (*slab*) dengan lapisan pondasi dibawahnya dapat dilihat pada tabel 2.26 dibawah ini:

Tabel 2.26 Koefisien gesekan pelat beton dengan lapisan pondasi bawah

No	Lapis pemecah ikatan	Koefisien Gesekan ( $\mu$ )
1	Lapis resapi kata spal diatas permukaan pondasi bawah	1,0
2	Laburan para fintipis pemecah ikat	1,5
3	Karet kompon ( <i>Achlorinate drubber curing compound</i> )	2,0

(Sumber: *Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003*)

### 3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

#### a. Penulangan memanjang

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

$$P_s = \frac{100:Fct.(1,3-0,2\mu)}{F_y-nfct} \dots\dots\dots(2.55)$$

Dimana:

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

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

$f_y$  = tegangan leleh rencana baja ( $kg/cm^2$ )

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

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

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

$E_c$  = modulus elastisitas beton =  $1485\sqrt{f_c}$  ( $kg/cm^2$ )

Tabel 2.27 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, perlu dipasang agar jarak dan lebar retakan dapat dikendalikan. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan dihitung dari persamaan berikut :

$$Lcr = \frac{fcr^2}{N \times P^2 \times FB \times (Es \times Ec - fct)} \dots \dots \dots (2.56)$$

Dimana:

Lcr = jarak teoritis antara retakan (cm)

p = perbandingan luas tulangan memanjang dengan luas penampang beton

u = perbandingan keliling terhadap luas tulangan = 4/d

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

S = koefisien susut beton =  $(400.10^{-6})$

Fct = kuat tarik langsung beton =  $(0,4-0,5fcf)$  (kg/cm<sup>2</sup>)

n = angka ekivalensi antara baja dan beton =  $(Es/Ec)$

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

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

#### 4. Perkerasan beton semen pra-tegang

Suatu struktur perkerasan jalan beton semen menerus, tanpa tulangan yang menggunakan kabel-kabel pratekan guna mengurangi pengaruh susut, muai dan lenting akibat perubahan temperatur dan kelembapan. Perkerasan beton semen prategang merupakan tipe perkerasan yang telah dan tengah dikembangkan lagi, baik untuk perencanaan jalan baru maupun untuk pemeliharaan, misalnya penggantian pelat beton tertentu yang mengalami kerusakan. Perencanaan jalan beton dengan metoda pracetak-prategang ini, sebagaimana halnya pada konstruksi yang menggunakan sistim prategang, dimaksudkan untuk memberi tekanan awal pada beton sehingga tegangan tarik yang terjadi pada konstruksi perkerasan beton tersebut bisa diimbangi oleh tegangan awal dan kekuatan tarik dari beton itu sendiri (Furqon Affandi, 2009).

Perkerasan beton dengan sistem pracetak-prategang ini mempunyai beberapa keuntungan, seperti:

- a. Mutu beton akan lebih terkontrol, karena dicetak di pabrik.
- b. Pelat beton menjadi lebih tipis, sehingga keperluan bahan akan lebih sedikit.
- c. Retak yang terjadi bisa lebih kecil, karena ada tekanan dari baja yang ditegangkan.
- d. Pelaksanaan dilapangan akan lebih cepat, dan pembukaan untuk lalu lintas pun akan lebih cepat pula.
- e. Gangguan terhadap lalu lintas, selama pelaksanaan dilapangan bisa diminimalkan karena pembangunan bisa lebih cepat.
- f. Kenyamanan pengguna jalan akan meningkat, karena sambungan antar pelat lebih panjang.

Hal yang harus mendapat perhatian lebih lanjut adalah:

- a. Diperlukannya ketelitian dalam pembentukan tanah dasar dan lapisan pondasi.
- b. Diperlukannya ketelitian pada pembentukan pelat dipabrik.

#### **2.10 Bangunan pelengkap jalan**



Untuk memenuhi persyaratan kelancaran dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan. Bangunan-bangunan tersebut antara lain:

### **2.10.1 Drainase**

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap jalan untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Perencanaan sistem drainase jalan didasarkan kepada keberadaan air permukaan, sehingga perencanaan drainase jalan dibagi menjadi dua yaitu drainase permukaan dan drainase bawah permukaan.

#### **1. Drainase permukaan**

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

##### **a. Saluran samping**

Saluran samping adalah saluran yang berada di sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan.

##### **b. Saluran pembuang**

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ke tempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

##### **c. Saluran penangkap**

Saluran penangkap berfungsi untuk mengalirkan air permukaan dari Daerah yang lebih tinggi, sebelum air mencapai badan jalan.

##### **d. Gorong-gorong**

Gorong-gorong adalah saluran melintang dan memotong badan jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan ke sisi jalan lainnya.

#### **2. Drainase bawah**

Drainase bawah harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasaberfungsi penunjang utama dalam mengalirkan air.

### **2.10.2 Persyaratan dan ketentuan dalam persyaratan drainase**

Syarat umum perencanaan drainase adalah sebagai berikut :

- a. Penggunaan yang efektif dan efisien, perencanaan drainase haruslah sedemikian rupa sehingga fungsi fasilitas drainase sebagai penampung, pembagi dan pembuangan air dapat sepenuhnya berdaya guna dan berhasil guna.
- b. Ekonomis dan aman, pemeliharaan dimensi dari fasilitas drainase haruslah mempertimbangkan faktor ekonomis dan faktor keamanan.
- c. Pemeliharaan, perencanaan drainase haruslah mempertimbangkan pula segi kemudahan dan nilai ekonomis dari pemeliharaan sistem drainase tersebut.

Ketentuan kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan dalam perencanaan drainase :

- a. Pada daerah yang datar dan lurus

Penanganan pengendalian air untuk daerah ini biasanya dengan membuat kemiringan perkerasan dan bahu jalan mulai dari tengah perkerasan menurun/melandai ke arah selokan samping. Besarnya kemiringan bahu jalan biasanya diambil 2% lebih besar daripada kemiringan permukaan jalan.

Adapun besarnya kemiringan normal pada perkerasan jalan, dapat dilihat pada tabel 2.28 :

Tabel 2.28 Kemiringan melintang perkerasan dan bahu jalan

No.	Jenis lapisan permukaan jalan	Kemiringan melintang
1	Beraspal, beton	2% - 3%
2	Jalan yang dipadatkan	4% - 6%
3	Kerikil	3% - 6%
4	Tanah	4% - 6%

( Sumber : perencanaan sistem drainase, 2006)

b. Daerah jalan yang lurus pada tanjakan/penurunan

Penanganan pengendalian air pada daerah ini perlu mempertimbangkan pula besarnya kemiringan alinyemen vertikal jalan yang berupa tanjakan dan turunan agar aliran air secepatnya bisa mengalir ke seloakan samping. Untuk itu maka kemiringan melintang perkerasan jalan disarankan agar menggunakan nilai-nilai maksimum.

c. Pada daerah tikungan

Kemiringan melintang pada perkerasan jalan pada daerah ini harus mempertimbangkan kebutuhan kemiringan jalan menurut persyaratan alinyemen horizontal jalan, karena kemiringan perkerasan jalan harus dimulai dari sisi luar tikungan menurun/melandai kesisi dalam tikungan. Besarnya kemiringan pada daerah ini ditentukan oleh nilai maksimum dari kebutuhan kemiringan menurut keperluan drainase.

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

a. Plot rute jalan di peta topografi (L)

1. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
  2. Kondisi *terrain* pada daerah layanan diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
- b. Panjang segmen saluran (L)
- Penentuan panjang segmen saluran( L) didasarkan pada:
1. Kemiringan rute jalan, disarankan saluran mendekati kemiringanrute jalan.
  2. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai,waduk, dan lain-lain).
  3. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis.
- c. Luas daerah layanan (A)
1. Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
  2. Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan.
  3. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan ( $A_1$ ), luas bahu jalan ( $A_2$ ) dan luas daerah di sekitar ( $A_3$ ).
  4. Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan ( $l_1$ ) lebar bahu jalan ( $l_2$ ) dan daerah sekitar ( $l_3$ ) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu

$\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.

5. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar ( $A_3$ ).

d. Koefisien pengaliran (C)

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

e. Faktor limpasan (fk)

1. Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien *run off* biasa dengan tujuan agar kinerja saluran tidak melebihi kapasitasnya akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah.
2. Bila daerah pengaliran atau daerah layanan terdiri dari beberapa tipe kondisi permukaan yang mempunyai nilai C yang berbeda, harga C rata-rata ditentukan dengan persamaan berikut:

$$C = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3}{A_1 + A_2 + A_3} \dots\dots\dots(2.57)$$

Dimana:

$C_1, C_2, C_3$  = Koefisien pengaliran yang sesuai dengan tipe kondisi permukaan

$A_1, A_2, A_3$  = Luas daerah pengaliran yang diperhitungkan sesuai dengan kondisi permukaan

$F_k$  = Faktor limpasan sesuai guna lahan

f. Waktu konsentrasi ( $T_c$ )

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (run off) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan rumus berikut:

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.58)$$

$$t_1 = \frac{2}{3} \times 3,28 \times l_o \times \frac{nd}{\sqrt{is}} \dots\dots\dots(2.59)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 \times V} \dots\dots\dots(2.60)$$

Dimana :

$T_c$  = Waktu konsentrasi (menit)

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

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

$l_o$  = Jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)

$L$  = Panjang saluran (m)

$nd$  = Koefisien hambatan

$is$  = Kemiringan saluran memanjang

$V$  = Kec. air rata-rata pada saluran drainase (m/detik)

Waktu Konsentrasi ( $T_c$ )

1. Analisa hidrologi

- a. Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari Badan

Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) yaitu stasiun curah hujan yang terletak pada daerah layanan saluran samping jalan.

- b. Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

2. Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya.

3. Intensitas curah hujan

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan (I) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari.

4. Debit aliran air (Q)

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan rumus :

$$Q = \frac{1}{3,6} \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots(2.58)$$

Dimana :

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

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

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

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

### 2.10.3 Kriteria perencanaan drainase dan gorong-gorong

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 drainase jalan maupun gorong-gorong.

#### 1. Drainase/saluran samping

- a. Bahan bangunan saluran ditentukan oleh besarnya kecepatan rencana aliran air yang mengalir di saluran samping jalan tersebut. Adapun aliran yang diizinkan terdapat pada Tabel 2.29
- b. Kemiringan saluran ditentukan berdasarkan bahan yang digunakan. Hubungan antara bahan yang digunakan dengan kemiringan saluran arah memanjang.

Tabel 2.29 Aliran air yang diizinkan

No	Jenis material	V izin (m/dt)
1	Pasir lempung	0,45
2	Lempung kepasiran	0,50
3	Lanau alluvial	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	1,5

(Sumber : Perencanaan sitem drainase, 2006)

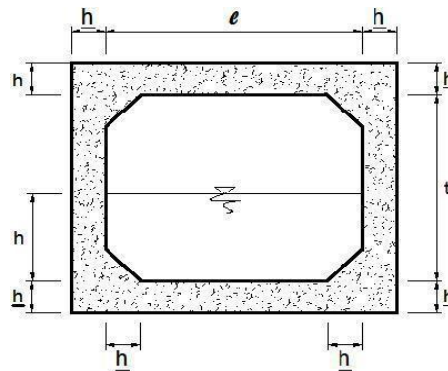


Tabel 2.30 Kekerasan permukaan saluran manning (n)

Saluran	Keterangan	n Manning
Tanah	Lurus, baru, seragam, landai & bersih	0,016 – 0,033
	Berkelok, landai dan berumput	0,023 – 0,040
	Tidak terawat dan kotor	0,050 – 0,140
	Tanah berbatu, kasar dan tidak teratur	0,035 – 0,045
Pasangan	Batu kosong	0,023 – 0,035
	Pasangan batu belah	0,017 – 0,030
Beton	Halus, sambungan baik dan rata	0,014 – 0,018
	Kurang halus dan sambungan kurang rata	0,018 – 0,030

## 2. Gorong-gorong

Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air darihulu saluran drainase yang mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen. Dalam perencanaan dan pelaksanaan gorong-gorong dianjurkan berpedoman pada standarisasi bertujuan untuk mempermudah pekerjaan, sehingga tercapainya kelancaran pembangunan gorong-gorong. Dimensi gorong-gorong yang biasa digunakan adalah bentuk persegi. Gorong-gorong ini direncanakan dapat menampung berbagai variasi lebar perkerasan jalan, sehingga pada prinsipnya panjang gorong-gorong persegi adalah bebas, tetapi pada perhitungan volume dan berat isinya diambil terbatas dengan lebar perkerasan jalan yang umum yaitu 3,5 ; 4,5 ; 6 dan 7 meter.



Gambar 2.23 Sketsa dengan bentuk persegi

#### 2.10.4 Dasar perencanaan dan pembebanan pada gorong-gorong

Bangunan gorong-gorong persegi (*box culvert*) (Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto : 2005, Pradnya Paramita).

a. Dasar perencanaan

Diperlukan pemeriksaan terhadap gorong-gorong persegi ditinjau dari segi pembebanan yaitu gaya-gaya samping dan gaya arah memanjang. Tetapi bila panjang dari gorong-gorong kurang dari 15 m, pemeriksaan terhadap gaya - gaya arah memanjang boleh diabaikan. Untuk perencanaan gorong-gorong karena gaya - gaya dari samping dimensi dari pada bentuk luar dipergunakan dalam perhitungan beban, sedangkan ukuran dari sumbu pusat di tiap-tiap bagian dipergunakan dalam perhitungan tegangan. Kemudian untuk analisa “kerangka kaku” digunakan metode “*Slope Deflection*”.

b. Beban yang dipergunakan untuk perencanaan

Beban yang bekerja pada gorong-gorong persegi (*Box Culvert*) adalah tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah diatas gorong-gorong, tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan di samping gorong-gorong, beban hidup diatas gorong-gorong dan gaya-gaya reaksi. Pada gorong-gorong persegi yang biasa, perubahan-perubahan kombinasipembebanan tergantung dari pada tinggi tanah penutup di atas gorong- gorong, apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter. Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter, perhitungan dibuat dalam 2 kombinasi dan bila momen lentur dan gaya geser pada tiap-tiap titik telahdidapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Tanda-tanda/notasi pada gambar berarti sebagai berikut:

$P_{vd1}$  = Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan atas gorong-gorong ( $\text{ton/m}^2$ )

Phd = Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping gorong-gorong ( $\text{ton/m}^2$ )

Pv1 = Beban vertikal karena beban hidup, dihitung dengan mengambil yang sesuai dengan ketebalan tanah penutup

1. Bila tebal penutup  $< 3,50$  m

$$PV1 \frac{Pi+i}{W1} \left( \frac{\text{ton}}{\text{m}^2} \right) \dots \dots \dots (2.59)$$

1. Bila tebal tanah penutup  $> 3,50$  m

Muatan merata diatas gorong-gorong (Pv1) =  $1,0 \text{ ton/m}^2$

Ko = Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar  $1,0 \text{ ton/m}^2 \times Ko$ , yang diakibatkan oleh beban muatan.

Pv2 = Reaksi tanah

Adapun ukuran dimensi gorong-gorong tipe single dapat dilihat pada Tabel 2.31

Tabel 2.31 Ukuran dimensi gorong-gorong

Tipe single (cm)												
L	100	100	100	200	200	200	200	200	300	300	300	300
T	100	150	200	100	150	200	250	300	150	200	250	300
h	16	17	18	22	23	25	26	28	28	30	30	30

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

### 2.10.5 Desain gorong-gorong

Adapun beberapa rumus yang digunakan untuk perencanaan desain gorong-gorong adalah sebagai berikut:

Rumus Bazin :

$$C = \frac{157,6}{1,81 + \frac{m}{\sqrt{R}}} \dots \dots \dots (2.60)$$

Rumus Chezy :

$$V = C \cdot \sqrt{0,281 \cdot I} \dots \dots \dots (2.61)$$

Dimana :

M = Koefisien Bazin

C = Koefisien kekasaran saluran (koef Chezy/faktor ketahanan)

Tabel 2.32 Nilai *reduce variate* (Yt)

Periode Ulang	<i>Reduce Variate</i>
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

(Sumber : Soemarto, 1999)

Tabel 2.33 Kemiringan saluran air berdasarkan jenis material

No	Jenis material	Kemiringan saluran (%)
1	Tanah asli	0 - 5
2	Kerikil	5 – 7,5
3	Pasangan	> 7,5

(Sumber : Perencanaan sitem drainase, 2006)

Berikut ini merupakan Tabel Nilai *Reduced Standard Deviation* ( $S_n$ ) dan Tabel Nilai *Reduced Mean* ( $Y_n$ ) dengan menggunakan Metode Gumbel pada Tabel 2.34 dan Tabel 2.35

Tabel 2.34. Metode gumbel - Nilai *reduced standard deviation* ( $S_n$ )

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,9496	0,9676	0,9833	0,9971	1,0095	1,0206	1,0316	1,0411	1,0493	1,0565
20	1,0628	1,0696	1,0754	1,0811	1,0864	1,0915	1,0961	1,1004	1,1047	1,1080
30	1,1124	1,1159	1,1193	1,1226	1,1255	1,1285	1,1313	1,1339	1,1363	1,1388
40	1,1413	1,1436	1,1458	1,1480	1,1499	1,1519	1,1538	1,1557	1,1574	1,1590
50	1,1607	1,1623	1,1638	1,1658	1,1667	1,1681	1,1696	1,1708	1,1721	1,1734
60	1,1747	1,1759	1,1770	1,1782	1,1793	1,1803	1,1814	1,1824	1,1834	1,1844
70	1,1854	1,1863	1,1873	1,1881	1,1890	1,1898	1,1906	1,1915	1,1923	1,1930
80	1,1938	1,1945	1,1953	1,1959	1,1967	1,1973	1,1980	1,1987	1,1994	1,2001
90	1,2007	1,2013	1,2020	1,2026	1,2032	1,2038	1,2044	1,2049	1,2055	1,2066
100	1,2065	1,2069	1,2073	1,2077	1,2081	1,2084	1,2087	1,2090	1,2093	1,2096

Tabel 2.35 Metode gumbel - Nilai *reduced mean* ( $Y_n$ )

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,4952	0,4996	0,5035	0,5070	0,5100	0,5128	0,5157	0,5181	0,5202	0,5220
20	0,5236	0,5252	0,5268	0,5283	0,5296	0,5309	0,5320	0,5332	0,5343	0,5353
30	0,5362	0,5371	0,5380	0,5388	0,8396	0,5403	0,5410	0,5418	0,5424	0,5436
40	0,5436	0,5442	0,5448	0,5453	0,5458	0,5463	0,5468	0,5473	0,5477	0,5481
50	0,5485	0,5489	0,5493	0,5497	0,5501	0,5504	0,5508	0,5511	0,5515	0,5518
60	0,5521	0,5524	0,5527	0,5530	0,5533	0,5535	0,5538	0,5540	0,5543	0,5545
70	0,5548	0,5550	0,5552	0,5555	0,5557	0,5559	0,5561	0,5563	0,5565	0,5567
80	0,5569	0,5570	0,5572	0,5574	0,5576	0,5578	0,5580	0,5581	0,5583	0,5585
90	0,5586	0,5587	0,5589	0,5591	0,5592	0,5593	0,5595	0,5596	0,5598	0,5599
100	0,5600	0,5602	0,5603	0,5604	0,5606	0,5607	0,5608	0,5609	0,5610	0,5611

(Sumber : Soemarto, 1999)

$$A = Q/V \dots \dots \dots (2.62)$$

$$A = 1 \times h \dots \dots \dots (2.63)$$

$$I = \frac{Rt}{24} \times \left(\frac{24}{tc}\right) \frac{2}{3} \dots \dots \dots (2.64)$$

$$R = \frac{Adesain}{T} \dots\dots\dots(2.65)$$

$$V = 1/n.R^{2/3}.I^{1/2} \dots\dots\dots(2.67)$$

$$Q = V.Adesain \dots\dots\dots(2.68)$$

Tinggi jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \times h} \dots\dots\dots(2.69)$$

Dimana :

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

V = Kecepatan rata-rata aliran (m/dt)

W = Tinggi jagaan

h = Tinggi muka air (m)

h = Tebal penampang saluran (cm)

R = Kedalaman hidrolis (m)

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

I = Intensitas curah hujan

### 2.10.6 *Box culvert*

*Box culvert* adalah gorong-gorong persegi dari beton bertulang yang kaku dengan konstruksi plat dinding, plat alas, dan plat atas menyatu berupa kotak atau box. Ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase yang mengalirkannya, dengan dimensi yang harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerahn pengaliran secara efisien dan dibuat dengan tipe permanen.

### 2.10.7 **Perhitungan volume pekerjaan**

Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen vertikal dan horizontal

memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain:

- a. Penentuan Stationing (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan). Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:
  - 1) Untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m,
  - 2) Untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m,
  - 3) Untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.
- b. Galian profil memanjang (Alinyemen Vertikal) yang memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (Cross Section) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

## **2.11 Pengelolaan proyek**

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi yang tepat diperlukan adanya hubungan ketergantungan antar bagian-bagian pekerjaan dengan pekerjaan lainnya. Oleh karena itu dengan adanya pengelolaan proyek maka pekerjaan yang akan dikerjakan akan dapat sesuai dengan sasaran dan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Pengelolaan proyek harus diatur secara baik agar pelaksanaan proyek berjalan sesuai dengan aturan, maka dari itu diperlukan pengaturan manajemen proyek dan perhitungan anggaran biaya proyek.

### **2.11.1 RKS (Rencana kerja dan syarat)**

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan

kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (owner).

1) Syarat-syarat umum

Menjelaskan pasal-pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut.

2) Syarat-syarat administrasi

Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.

Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut : Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan. Administrasi Teknis

memuat hal-hal sebagai berikut: ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat-syarat penawaran, ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi.

3) Syarat teknis

Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan finishing. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

### **2.11.2 Membuat daftar harga satuan bahan dan upah**

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



kontraktor. Adapun harga satuan bahan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

### **2.11.3 Perhitungan analisa satuan harga pekerjaan**

Analisa satuan harga adalah perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Gunanya agar kita dapat mengetahui harga-harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat di dalam analisa satuan harga ini nantinya akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya. Adapun yang termasuk di dalam Analisa Satuan Harga ini adalah :

#### **1. Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

Analisa harga satuan pekerjaan adalah perhitungan-perhitungan biaya pada setiap pekerjaan yang ada pada suatu proyek. Dalam menghitung analisa harga satuan pekerjaan, sangatlah erat hubungannya dengan daftar harga satuan bahan dan upah.

#### **2. Analisa Satuan Alat Berat**

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

- a. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya di dapat dari pengamatan / observasi lapangan.
- b. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

### **2.11.4 Perhitungan volume pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu

kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

#### **2.11.5 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)**

Rencana anggaran biaya adalah perhitungan dari banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Anggaran biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan karena perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja.

#### **2.11.6 Rekapitulasi biaya**

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

#### **2.11.7 Rencana kerja (*Time Schedule*)**

Rencana kerja yaitu pembagian waktu secara rinci yang disediakan untuk masing-masing bagian pekerjaan awal sampai pekerjaan akhir. Manfaat dan kegunaan rencana kerja sebagai berikut :

- a. Alat koordinasi bagi pemimpin
- b. Pedoman kerja para pelaksana
- c. Penilaian kemajuan pekerjaan
- d. Evaluasi hasil pekerjaan

Rencana kerja terdiri dari :

1. NWP (*Network Planning*)

Dalam menyelesaikan pekerjaan konstruksi dibutuhkan suatu perencanaan waktu yang akan diperlukan untuk menyelesaikan tiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan. NWP adalah suatu alat pengendalian pekerjaan di lapangan yang ditandai dengan simbol tertentu berupa urutan kegiatan dalam suatu proyek yang berfungsi untuk memperlancar pekerjaan.



Kegunaan dari *Network Planning* adalah :



- a. Mengkoordinasikan berbagai pekerjaan
- b. Mengetahui apakah suatu pekerjaan bebas atau tergantung dengan pekerjaan lainnya
- c. Mengetahui logika proses yang berlangsung dan hasil proses itu sendiri

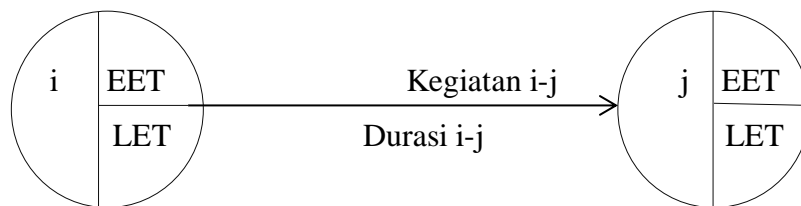
Proses penyusunan *Network Planning* secara garis besar, meliputi :

- a. Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek
- b. Menyusun hubungan logika ketergantungan antar kegiatan
- c. Memberikan perkiraan waktu untuk setiap kegiatan
- d. Mengidentifikasi jalur kritis dan float
- e. Menentukan jadwal yang paling ekonomis

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran *Network Planning* :

- a.  Anak panah (*Arrow*) bentuk ini merupakan anak panah yang menunjukkan aktifitas atau kegiatan. Kegiatan ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu. Kepala anak panah menunjukkan arah kegiatan dari kiri ke kanan.
- b.  (*Double arrow*) anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).

- c.  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan.
- d.  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Dimana :

Earliest Event Time (EET) : Waktu permulaan paling awal

Latest Event Time (LET) : Waktu permulan paling akhir

$i, j$  (Event) : Urutan pekerjaan

## 2. *Barchart*

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

## 3. Kurva “S”

Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dari tahap awal sampai berakhirnya pekerjaan. Visual kurva S memberikan informasi mengenai kemajuan proyek dengan membandingkan terhadap jadwal rencana (Husein,2011) .