

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Perencanaan Geometrik**

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan route dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan dari hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan perencanaan geometrik yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan tersebut, dibuat oleh Direktorat Jendral Bina Marga. (Hamirhan Saodang, 2010: 20)

##### **2.1.1 Data lalu lintas**

Data lalu lintas adalah data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan pada suatu segmen jalan yang ditinjau.

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

Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik dan lainnya karena saling berkaitan satu sama lain. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 64)

##### **2.1.2 Survei topografi**

Maksud survey topografi dalam perencanaan teknik jalan raya yaitu pengukuran route yang dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimetri. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan

raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal.

Kegiatan pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini sama dengan pengukuran untuk rencana bangunan teknik sipil lainnya yang intinya adalah melakukan pengukuran sudut dan jarak (*horizontal*) serta pengukuran beda tinggi (*vertikal*). Akan tetapi pengukuran untuk rencana teknik jalan raya ini mempertimbangkan pula jarak yang panjang, sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan.

Sebaiknya pengukuran detail ini dilakukan sekitar 100 m - 200 m dibelakang regu survey pemiliha route, agar dapat memberikan masukan (koreksi) kepada regu pendahuluan mengenai route yang dipilih. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 30)

### **2.1.3 Data Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan Tanah atau CBR (*California Bearing Ratio*) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

### **2.1.4 Data Penunjang Lainnya**

Data – data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorology dan geofisika untuk kebutuhan analisis data dari stasiun yang terletak pada daerah tangkapan. Tetapi pada daerah tangkapan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat dipakai data dari stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili. ( L. Hendarsin Shirley, 2000)

## **2.2 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan yng ditentukan dari standar desain ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Pada prinsipnya klasifikasi jalan dalam standar desain (baik untuk jalan dalam kota maupun jalan luar kota) didasarkan kepada klasifikasi jalan

menurut undang-undang dan peraturan pemerintah yang berlaku. Klasifikasi jalan dibagi menjadi beberapa kelompok (TCPGJAK, 1997), yaitu :

### **2.2.1 Klasifikasi jalan menurut fungsinya**

Klasifikasi jalan, menurut fungsinya terbagi menjadi :

#### 1) Jalan Arteri

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

#### 2) Jalan Kolektor

Jalan kolektor melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

#### 3) Jalan Lokal

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

#### 4) Jalan Lingkungan

Jalan lingkungan merupakan jalan angkutan lingkungan (jarak pendek dan kecepatan rendah).

### **2.2.2 Klasifikasi jalan menurut kelas jalan**

Klasifikasi jalan menurut kelasnya, terbagi menjadi dua, yaitu klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST dan klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam perhitungan LHR antara lain :

#### 1) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam MST (Muatan Sumbu Terberat), merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kemampuan suatu jalan dalam menerima beban lalu lintas yang ada pada jalan tersebut. MST ini dinyatakan dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan dalam MST

No	Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
1	Arteri	I	>10
		II	10
		III A	8
2	Kolektor	III A	8
		III B	

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

## 2) Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dalam LHR merupakan penentuan kelas jalan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian yang dilayani dalam satuan smp.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan Dalam LHR

No	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1	Arteri	I	> 20.000
2	Kolektor	II A	6.000 sampai 20.000
		II B	1500 sampai 8000
		II C	<20.000
3	Lokal	III	-

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

### a) Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti

tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b) Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

– Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

– Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

– Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c) Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

### 2.2.3 Klasifikasi jalan menurut medan jalan

Klasifikasi jalan menurut medan jalan merupakan pengelompokan jalan berdasarkan kondisi jalan sebagai besar kemiringan medan jalan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi jalan menurut medan jalan ini dapat dilihat pada tabel 2.3 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

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

#### 2.2.4 Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997.

a. Jalan Nasional

Yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota–ibu kota provinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah pusat.

b. Jalan Provinsi

Yaitu jalan yang menghubungkan kota dalam satu propinsi. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah Provinsi.

c. Jalan Kabupaten/Kotamadya

Yaitu jalan yang meliputi kabupaten ataupun kotamadya. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah kabupaten.

d. Jalan Desa

Jalan yang menghubungkan lingkungan desa. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh pemerintah desa.

e. Jalan Khusus

Yaitu jalan yang dibangun oleh suatu instansi, badan hukum ataupun perorangan untuk kepentingan masing- masing. Biaya pembangunan dan perawatannya ditanggung oleh suatu instansi, badan hukum atau perorangan yang terkait.

### 2.3 Bagian-Bagian Jalan

a. Lebar Jalur (Wc)

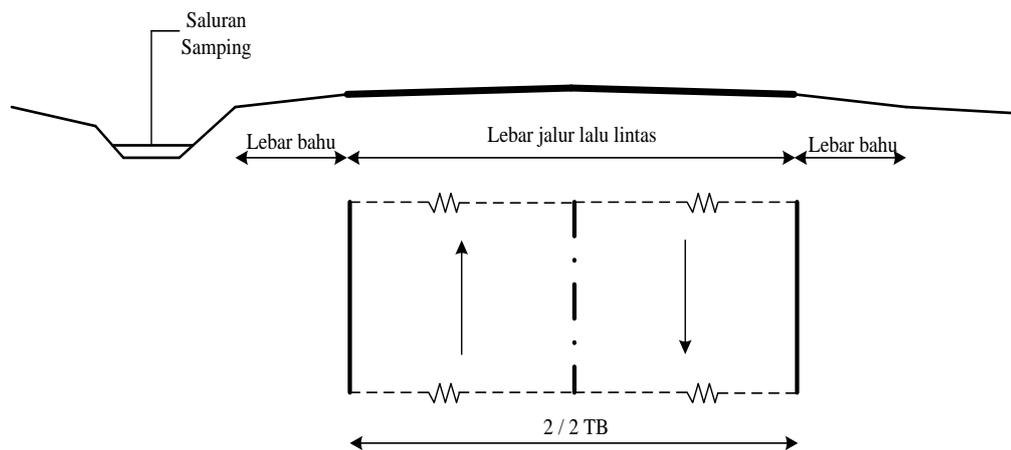
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

b. Lebar Bahu (Ws)

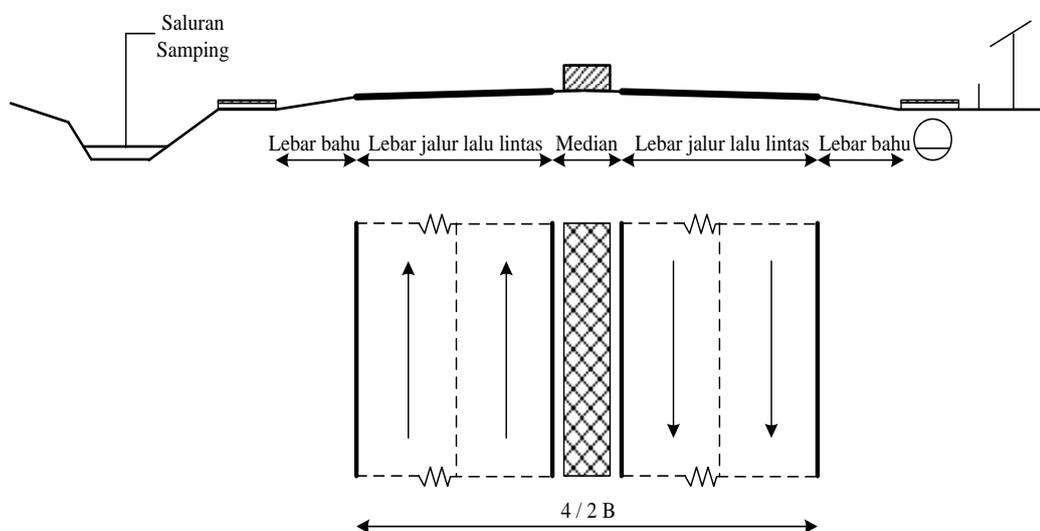
Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

c. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / Ditinggikan).



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 2 / 2 TB



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

Tabel 2.4 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

VLHR Smp/hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACU PADA PERSYARATAN IDEAL				TIDAK DITENTUKAN	
> 25.000	2nx3,5	2,0	2x7,0	2,0	2nx3, 5	2,0						

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

### 2.3.1 Ruang penguasaan jalan

#### 1) Ruang Manfaat Jalan (Rumaja)

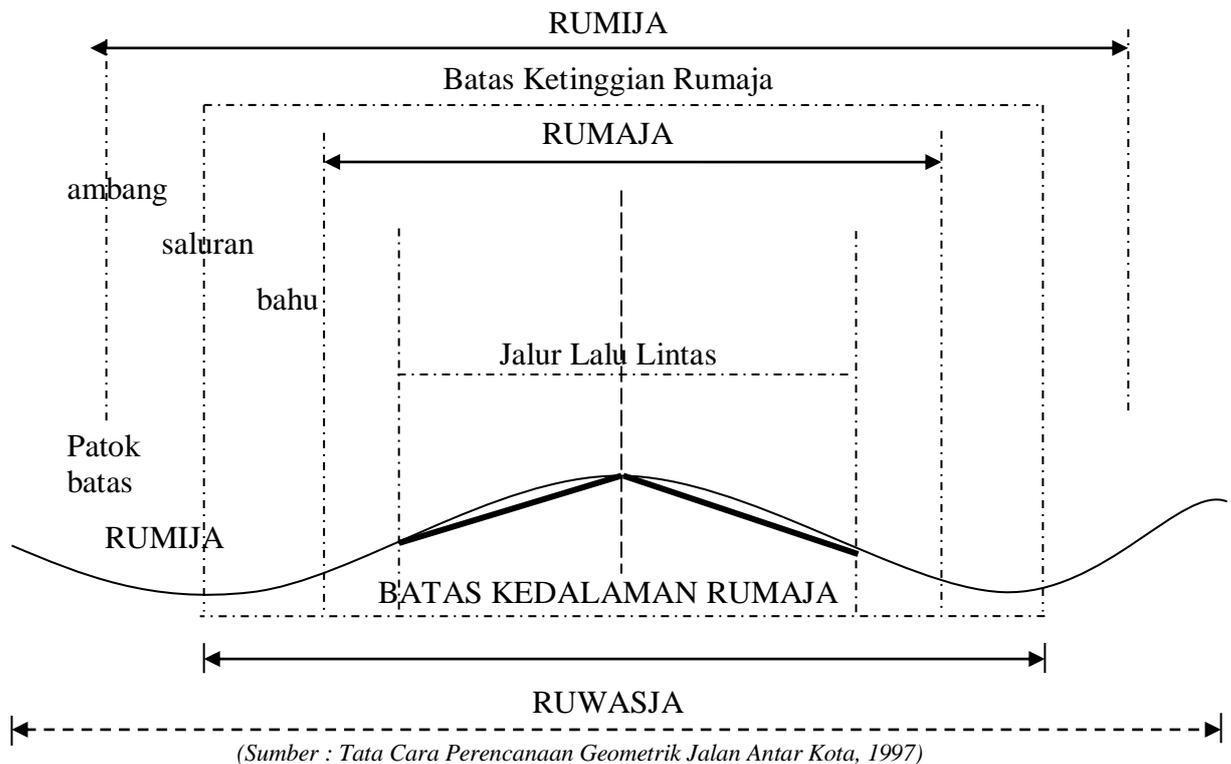
Ruang manfaat jalan merupakan ruang sepanjang jalan yang dibatasi oleh lebar, tinggi (min 5 meter) dan kedalaman tertentu (min 1,5 meter dari permukaan jalan) yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan yang terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan, dan ambang pengaman. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

#### 2) Ruang Milik Jalan (Rumija)

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).

#### 3) Ruang Pengawasan Jalan (Ruwasja)

Ruang milik jalan terdiri dari ruang manfaat jalan dan sejalur tertentu di luar ruang manfaat jalan. Ruang milik jalan diperuntukan bagi ruang manfaat jalan, pelebaran jalan, dan penambahan jalur lalu lintas di masa yang akan datang serta kebutuhan ruangan untuk pengamanan jalan. (Peraturan Pemerintah RI No.34 Tahun 2006 Tentang Jalan).



Gambar 2.3 Rumaja, Rumija, Ruwasja di Lingkungan Jalan Antar Kota

## 2.4 Kriteria Perencanaan

Untuk melakukan suatu perencanaan teknik jalan diperlukan beberapa criteria sebagai pertimbangan untuk mengoptimalkan hasil perencanaan.

Dampak lingkungan dan tata guna lajam di sepanjang jalan juga merupakan pertimbangan dalam perencanaan, untuk mengantisipasi masalah yang akan timbul dengan adanya jalan, baik masalah sosial maupun teknis. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 63)

Menurut (Shirley L. Hendarsin, 2000: 64-68) berikut ini adalah kriteria yang digunakan dalam perencanaan antara lain :

### 2.4.1 Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Dilihat dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan, kendaraan-kendaraan tersebut umumnya dikelompokkan menjadi beberapa macam, seperti

mobil penumpang, bus/truk, semi trailer dan trailer.

Kendaraan rencana dikelompokkan menjadi tiga, yaitu :

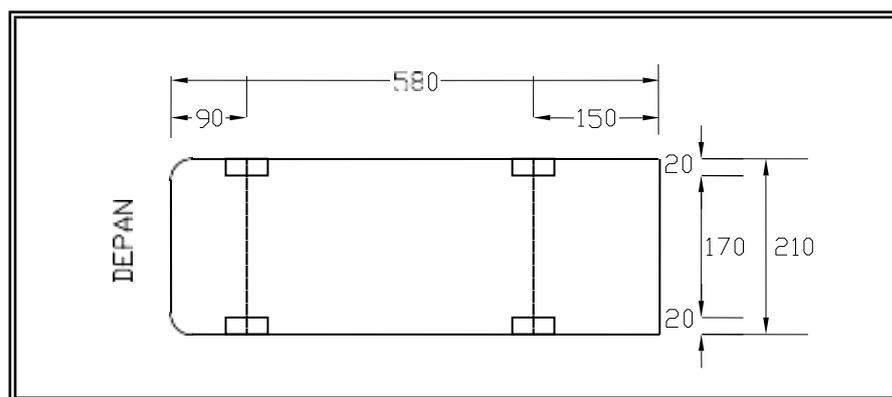
- 1) Kendaraan kecil diwakili oleh mobil penumpang.
- 2) Kendaraan sedang diwakili oleh truk tiga as tandem atau oleh bus besar dua as.
- 3) Kendaraan besar diwakili truksemi-trailer.

Dimensi dasar untuk masing-masing katagori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.5 dan sketsa dimensi kendaraan rencana pada gambar 2.2, 2.3 dan 2.4

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

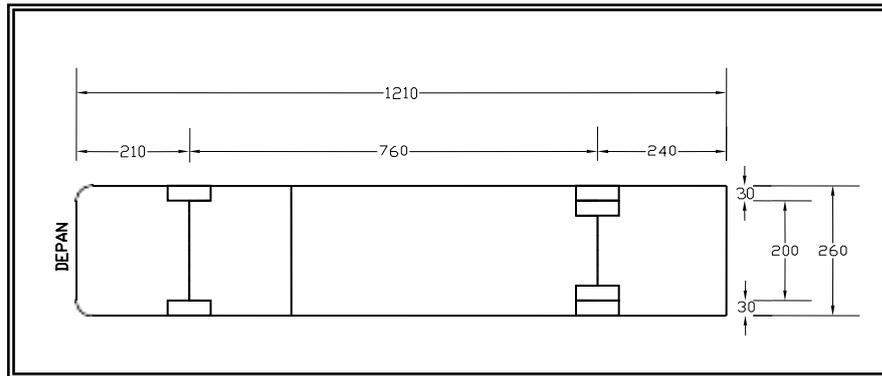
Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Min.	Maks.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

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



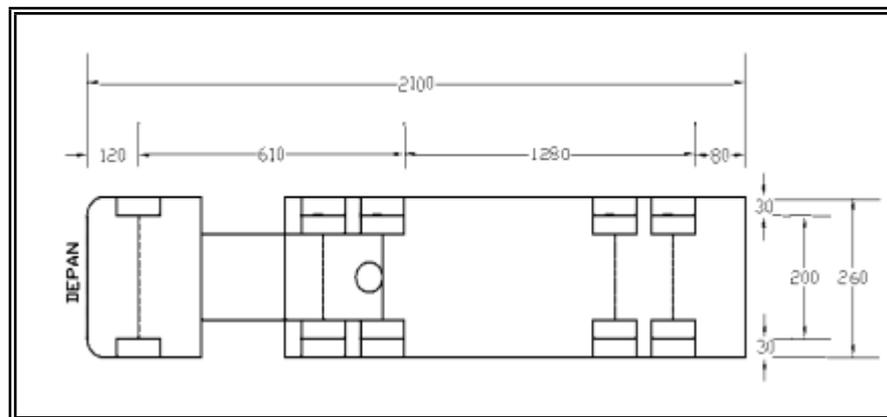
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Kecil



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

Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Sedang



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

Gambar 2.6 Dimensi Kendaraan Besar

#### 2.4.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana ( $V_R$ ) adalah kecepatan rencana pada suatu ruas jalan 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 2.6

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ), Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana ( $V_R$ - km/jam )		
	Datar	Bukit	Gunung
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)

### 2.4.3 Volume lalu lintas

Volume lalu-lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu-lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas yang dinyatakan dalam satuan mobil penumpang per hari (smp/hari). Berikut ini merupakan volume lalu lintas antara lain :

#### 1) Satuan Mobil Penumpang (SMP )

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah diubah menjadi kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.7 Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang / Sepeda Motor	1,0
Pickup combi	1,2
Truk Ringan (< 5 ton )	2,0
Truk Sedang (>5 ton )	2,5
Truk Berat (>10 ton )	3,0
Bus	3,0
Kendaraan Tak Bermotor	7,0

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

#### 2) Ekivalen Mobil Penumpang (EMP)

Menurut (Silvia Sukirman, 1999) Faktor konservasi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainnya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (Ekivalen mobil penumpang = 1,0).

Tabel 2.8 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

No.	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
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)

#### 2.4.4 Faktor laju pertumbuhan lalulintas

Faktor pertumbuhan lalulintas berdasarkan data pertumbuhan series (*historical growth data*) atau formulasi korelasi dengan faktor pertumbuhan yang berlaku. Jika tidak tersedia data maka tabel faktor laju pertumbuhan lalu lintas dapat digunakan (2015-2035) menurut manual desain perkerasan jalan (revisi Juni 2017) nomor 04/SE/Db/2017.

Tabel 2.9 Faktor Laju Pertumbuhan Lalulintas (i) (%)

	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)

#### 2.4.5 Jarak pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 89-92)

Menurut ketentuan Bina Marga, jarak pandang terbagi menjadi dua antara lain sebagai berikut :

##### 1) Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah

melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan. Adapun jarak pandang henti terdiri atas dua elemen jarak, yaitu:

a) Jarak tanggap (Jht)

Jarak tanggap adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

b) Jarak pengereman (Jhr)

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya.

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Jh = \frac{VR}{3,6} \cdot T + \frac{\left(\frac{VR}{3,6}\right)^2}{2 \cdot g \cdot Fp} \dots\dots\dots(2.2)$$

Untuk persamaan (2.3) dapat disederhanakan menjadi :

Untuk jalan datar :

$$Jh = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{VR^2}{254 \cdot Fp} \dots\dots\dots(2.3)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$Jh = 0,278 \cdot VR \cdot T + \frac{VR^2}{254 \cdot (Fp \pm L)} \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- VR = Kecepatan rencana (km/jam)
- T = Waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik
- G = Percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det
- Fp = Koefisien gesek memanjang antara badan kendaraan dengan perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,28 – 0,45 (menurut AASHTO), fp akan semakin kecil jika

kecepatan ( $V_R$ ) semakin tinggi dan sebaliknya (menurut Bina Marga,  $f_p = 0,35 - 0,55$ ).

$L$  = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Tabel 2.10 menampilkan panjang  $J_h$  minimum yang dihitung berdasarkan persamaan 2.3 dengan pembulatan-pembulatan untuk berbagai  $V_R$ .

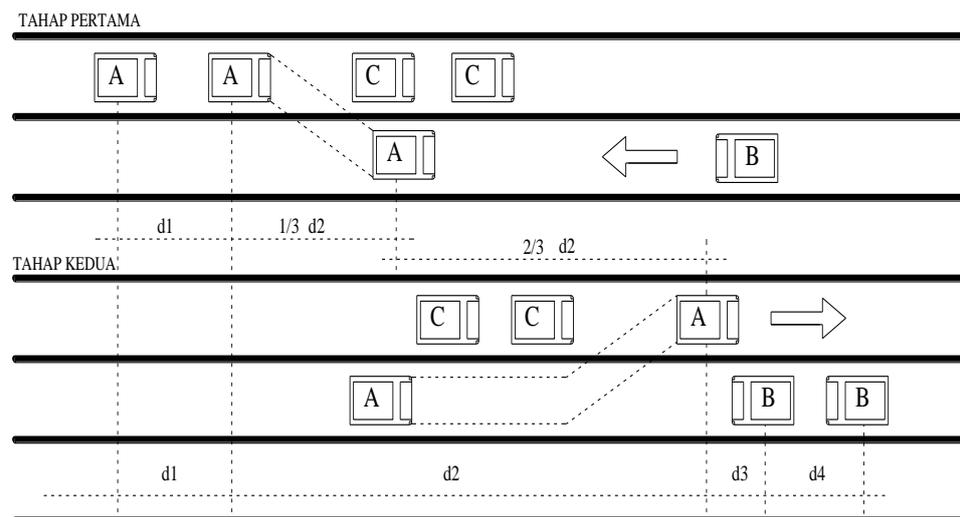
Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

$V(\text{km/jam})$	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_h$ minimum	250	175	120	75	55	40	27	16

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

## 2) Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula.



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

Gambar 2.7 Proses Gerakan Mendahului

Keterangan:

- A = Kendaraan yang mendahului
- B = Kendaraan yang berlawanan arah
- C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Tabel 2.11 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

VR(km/jam)	50-65	65-80	80-95	95-110
Jh minimum (m)	30	55	75	90

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

Tabel 2.12 Panjang Jarak Pandang Mendahului

VR(km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

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

## 2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2010: 57)

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis bagian jalan, yaitu bagian lurus dan bagian lengkung antara lain sebagai berikut: (Shirley L.Hendarsin, 2000: 93)

### a. Bagian lurus

Panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus dapat ditempuh dalam waktu  $\leq 2,5$  menit (sesuai VR). Dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 93)

### b. Bagian Tikungan

Bagian tikungan terdiri dari :

#### 1) Jari-jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan ( $V$ ) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya setrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 93)

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

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 \cdot (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Rmin = jari-jari tikungan minimum (m)

V = kecepatan rencana (km/jam)

Emaks = superelevasai maksimum (%)

Fmaks = koefisien gesek (%)

Panjang Jari-jari tingkungan minimum (Rmin) dapat juga ditetapkan dengan menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel 2.13 Panjang Jari-Jari Minimum (Dibulatkan)

VR, S (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
S Rmin (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

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

2) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran (R = tak terhingga R = Rc), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Lengkung peralihan dengan bentuk *spiral (clotoid)* banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis SCS. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 93)

Panjang lengkung peralihan (Ls), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota (TPGJAK) 1997, diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik) di lengkung peralihan

$$L_s = \frac{vR}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots(2.6)$$

b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_s = 0,022 \cdot \frac{VR^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{VR \cdot e}{C} \dots\dots\dots(2.7)$$

c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_s = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot VR \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan:

T = waktu tempuh (3 detik)

R = jari-jari busur lingkaran

C = perubahan percepatan, 0,3 - 1,0 disarankan 0,4 m/det<sup>2</sup>

VR = kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

em = superelevasi maksimum

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

untuk  $VR \leq 70$  km/jam  $re \text{ maks} = 0,035$  m/m/det

untuk  $VR \geq 80$  km/jam  $re \text{ maks} = 0,025$  m/m/det

Tabel 2.14 Jari-Jari yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

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

Tabel 2.15 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superlevasi yang Dibutuhkan (e Maksimum = 10% Metoda Bina Marga)

D (m)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls								
0,250	5730	LN	0								
0,500	2865	LN	0	LN	0	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	0	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	50	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79							
14,000	102	0,093	50								
15,000	95	0,096	50								
16,000	90	0,097	50								
17,000	84	0,099	60								
18,000	80	0,099	60								
19,000	75	Dmaks = 18,85									

**Keterangan :**

LN = lereng jalan normal diasumsikan = 2 %

LP = lereng luar diputar sehingga perkerasan mendapat superlevasi sebesar lereng jalan normal = 2 %

$L_s$  = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt, landai relatif maksimum (gambar 12), jarak tempuh 2 detik, dan lebar perkerasan 2 x 3,75 m.

(Sumber : Metode Bina Marga)

### 2.5.1 Menentukan titik koordinat

Berdasarkan gambar trase jalan rencana yang telah dibuat, setelah itu dapat menentukan posisi titik koordinat. Posisi koordinat titik dari jalan diperoleh dengan menggunakan program *Google earth* dan *AutoCAD*.

### 2.5.2 Menghitung panjang garis tangen

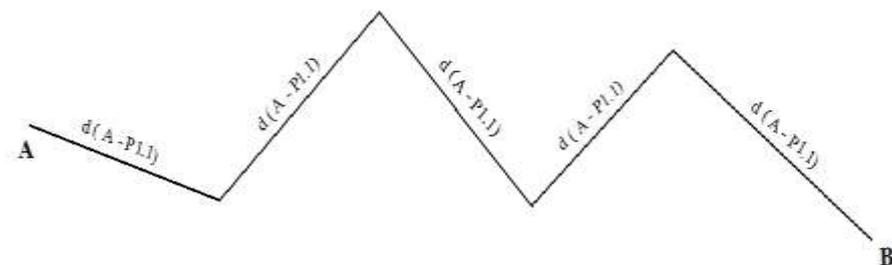
Perencanaan geometrik jalan raya merupakan perencanaan bentuk fisik jalan dalam tiga dimensi. Untuk mempermudah dalam penggambaran bagian-bagian perencanaan, maka bentuk fisik jalan digambarkan dalam bentuk alinyemen horizontal atau trase jalan, alinyemen vertikal atau penampang jalan dan potongan melintang.

Adapun perhitungan jarak titik-titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal dapat menggunakan rumus berikut ini.

$$d = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan:

- d = Jarak titik A ke titik P1
- $X_2$  = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X
- $X_1$  = Koordinat titik A pada sumbu X
- $Y_2$  = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y
- $Y_1$  = Koordinat titik A pada sumbu Y



(Sumber : Kontruksi jalan raya, 2004)

Gambar 2.8 Panjang Trase dari Titik A ke Titik B

### 2.5.3 Menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen ( $\Delta$ )

Setelah menentukan koordinat dan menghitung panjang garis tangen maka selanjutnya menghitung sudut azimuth dan sudut antara dua tangen dengan rumus berikut ini :

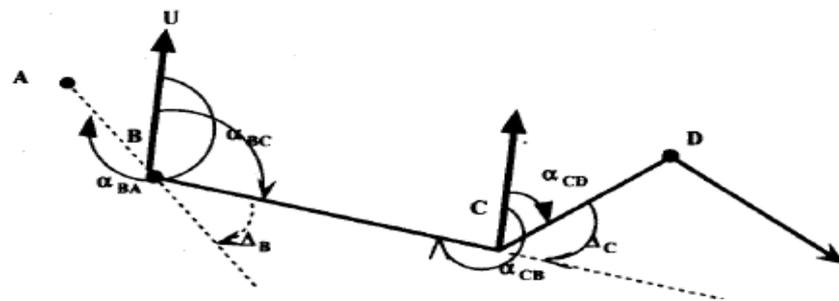
$$\alpha_A = \text{arc tg} \frac{X_{P1} - X_A}{Y_{P1} - Y_A} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$\text{Azimuth A} = 180^\circ - \alpha_A \dots\dots\dots (2.11)$$

$$\alpha_{P1} = \text{arc tg} \frac{X_{P2} - X_{P1}}{Y_{P2} - Y_{P1}} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\text{Azimuth P1} = 180^\circ - \alpha_{P1} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$\Delta_1 = \text{Azimuth } \alpha_A \text{ (terbesar)} - \text{Azimuth } \alpha_{P1} \text{ (terkecil)} \dots\dots (2.14)$$



(Sumber : Kontruksi jalan raya, 2004)

Gambar 2.9 Sudut Azimuth dan Sudut Tangen

### 2.5.4 Menghitung medan jalan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan, dapat dilihat pada tabel 2.3 apakah medan jalan tersebut datar, perbukitan atau pegunungan.

### 2.5.5 Jenis-jenis tikungan

Pada perencanaan alinyemen horizontal umumnya digunakan tikungan yang terdiri dari tiga jenis tikungan yang digunakan, yaitu: *Full Circle* (FC), *Spiral Circle Spiral* (SCS), *Spiral-Spiral* (SS) antara lain sebagai berikut :

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

*Full Circle* (FC) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan)

yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. (Shirley L.Hendarsin, 2000: 96)

Rumus yang digunakan pada tikungan *Full Circle* yaitu:

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.15)$$

$$\frac{ep+en}{L_s} = \frac{x+en}{\frac{3}{4}L_s}$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} \cdot L_s}{L_s} - en \dots\dots\dots (2.16)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(emax+F_m)} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(emaks+fmaks)}{V^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$e = -\frac{emax}{D^2max} D^2 + \frac{2 \cdot emax}{Dmax} D \dots\dots\dots (2.20)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.21)$$

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots (2.22)$$

$$E_c = T_c \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.23)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \dots\dots\dots (2.24)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

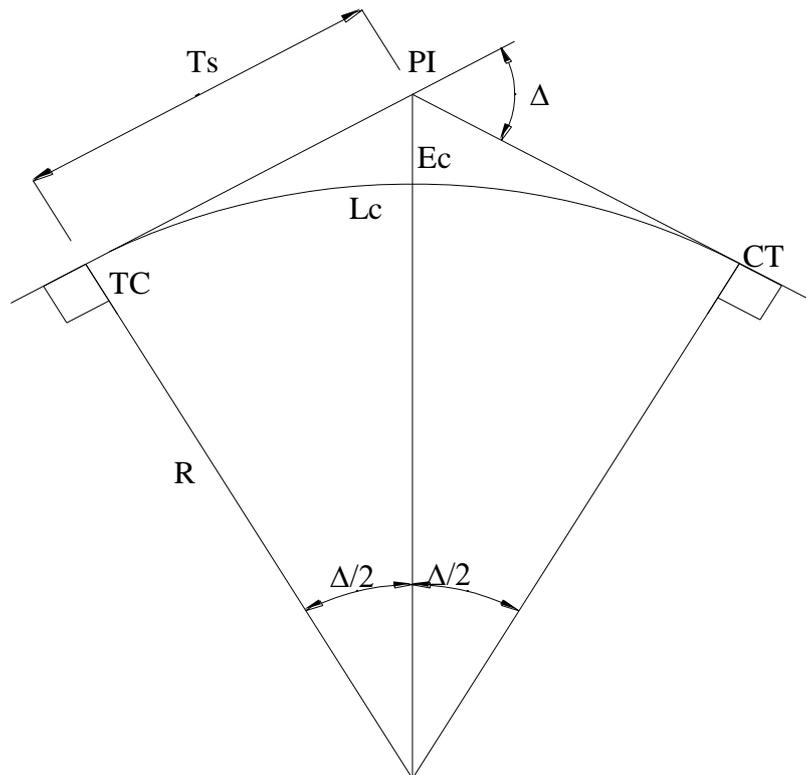
$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen

$T_c$  = Jarak tangen jarak dari  $T_c$  ke PI ke CT (m)

$R_c$  = Jari-jari lingkaran (m)

$E_c$  = Panjang Luar PI ke busur lingkaran (m)

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (m)



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

Gambar 2.10 Bentuk Tikungan *Full Circle*

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

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

Lengkung Spiral merupakan peralihan dari bagian lurus ke bagian circle (*transition curve*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-ari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.

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

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.26)$$

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.27)$$

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V^2} \dots\dots\dots (2.28)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.29)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D \dots\dots\dots (2.30)$$

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

- a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m } \dots\dots\dots (2.31)$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.32)$$

- c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.33)$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(em - en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots (2.34)$$

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

$$\theta_s = \frac{90 \cdot L_s}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots (2.35)$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots (2.36)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} - R (1 - \cos \theta_s) \dots\dots\dots (2.37)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 \cdot R^2} - R \cdot \sin \theta_s \dots\dots\dots (2.38)$$

$$T_s = (R+P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots\dots\dots (2.39)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.40)$$

$$L_c = \frac{\Delta - 2 \cdot \theta_s}{180} \pi \cdot R \dots\dots\dots (2.41)$$

$$L_{total} = L_c + 2 \cdot L_s \dots\dots\dots (2.42)$$

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40 R^2} \right) \dots\dots\dots (2.43)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} \dots\dots\dots (2.44)$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots (2.45)$$

Keterangan :

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

$Y_s$  = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

$L_s$  = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST),  
(m)

$L_c$  = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

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

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

$\Delta$  = sudut tikungan, ( $^{\circ}$ )

$\Delta_c$  = sudut lengkung *circle* ( $^{\circ}$ )

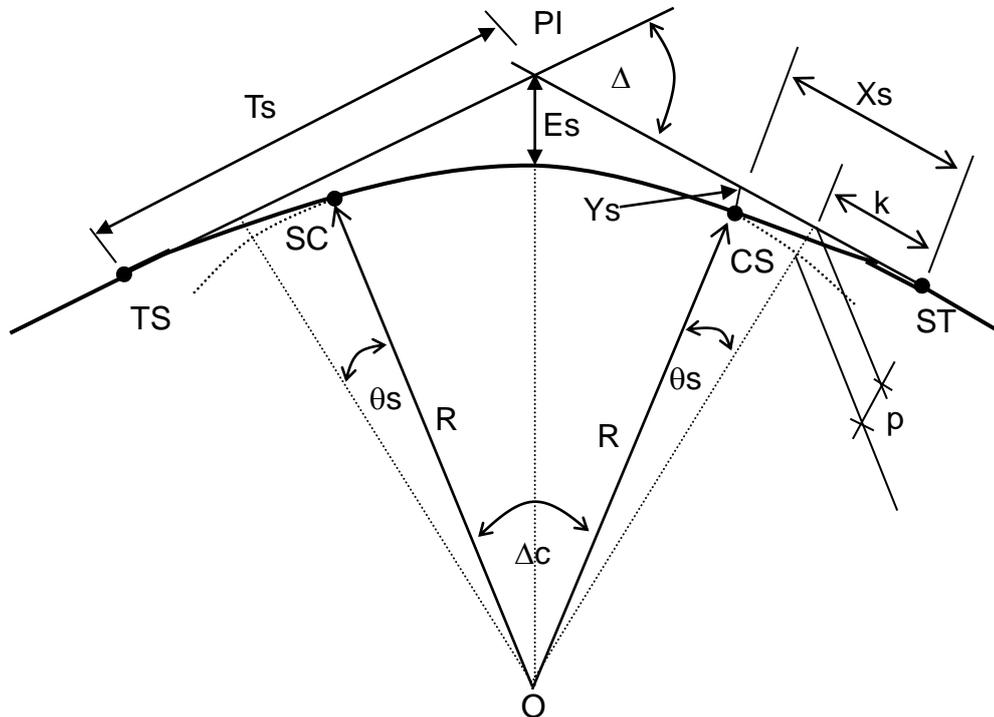
$\theta_s$  = sudut lengkung spiral, ( $^{\circ}$ )

$R$  = jari-jari tikungan, (m)

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

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

$L_{total}$  = panjang tikungan SCS, (m)



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

Gambar 2.11 Bentuk Tikungan Spiral Circle Spiral

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam. Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS. Adapun rumus- rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-spiral*, yaitu :

$$F_m = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam) } \dots\dots\dots (2.46)$$

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + F_m)} \dots\dots\dots (2.47)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{maks} + f_{maks})}{V^2} \dots\dots\dots (2.48)$$

$$D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.49)$$

$$e = -\frac{e_{max}}{D^2_{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{max}}{D_{max}} D \dots\dots\dots (2.50)$$

$$\theta_s = \frac{\Delta}{2} \dots\dots\dots (2.51)$$

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

- a) Berdasarkan tabel Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m} \dots\dots\dots (2.52)$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T \dots\dots\dots (2.53)$$

- c) Berdasarkanantisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,022 \frac{V^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V \cdot e}{C} \dots\dots\dots (2.54)$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian kelandai

$$L_{s4} = \frac{(em-en)}{3,6 \cdot re} \cdot V \dots\dots\dots (2.55)$$

$L_s$  yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90} \dots\dots\dots (2.56)$$

$L_{s5} > L_{smin}$ , maka  $L_s$  yang digunakan  $L_{s5}$

Misalkan  $\theta_s = 31,33^\circ$ , maka dari tabel 2.16 Besaran  $p^*$  dan  $k^*$  didapat :

$$\theta_s = 31^\circ \rightarrow p^* = 0,0486115 \rightarrow k^* = 0,4947620$$

$$\theta_s = 31,5^\circ \rightarrow p^* = 0,0495022 \rightarrow k^* = 0,4945798$$

Interpolasi :

$$\begin{aligned} p^* &= 0,0486115 + \frac{0,0495022 - 0,0486115}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,0491993 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k^* &= 0,4947620 + \frac{0,4945798 - 0,4947620}{31,5 - 31} \times (31,33^\circ - 31^\circ) \\ &= 0,4948822 \end{aligned}$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.57)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.58)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + K \dots\dots\dots (2.59)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \cdot \Delta} - R \dots\dots\dots(2.60)$$

$$L_{total} = 2 \cdot L_s \dots\dots\dots(2.61)$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot L_s < 2 \cdot T_s \dots\dots\dots(2.62)$$

Keterangan:

Es = Jarak dari P1 ke busur lingkaran

Ts = Panjang tangent dari titik ke P1 ke titik TS atau ke titik ST (m)

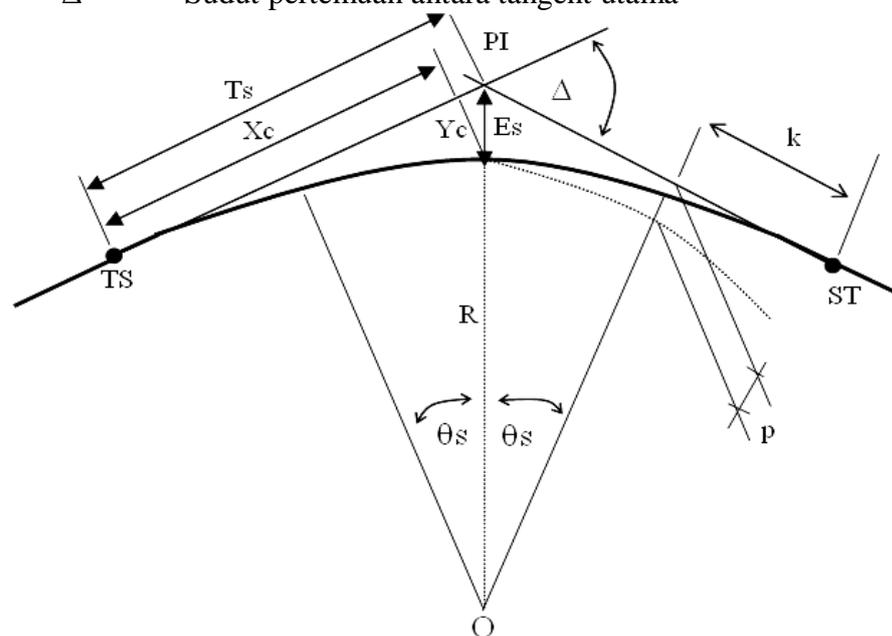
TS = Titik dari tangent ke spiral (m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m)

Rc = Jari-jari lingkaran (m)

$\theta_s$  = Sudut Spiral

$\Delta$  = Sudut pertemuan antara tangent utama



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

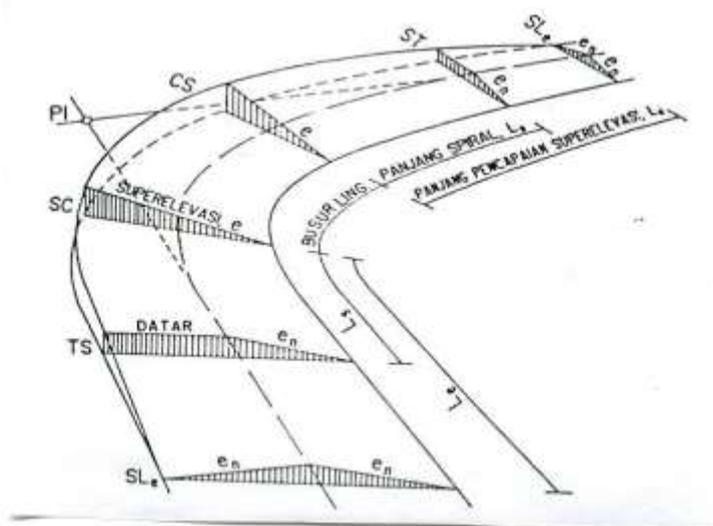
Gambar 2.12 Bentuk Tikungan Spiral Spiral

## 2.5.6 Superelevasi

### 1) Pencapaian Superelevasi

Menurut (Shirley L.Hendarsin, 2000: 101) pencapaian superelevasi antara lain sebagai berikut :

- Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3 L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3 L_s$ .
- Pada tikungan *spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral.
- Superelevasi tidak diperlukan jika radius cukup besar ( $R$ ), untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal ( $L_N$ ) atau bahkan tetap lereng normal ( $L_N$ ).



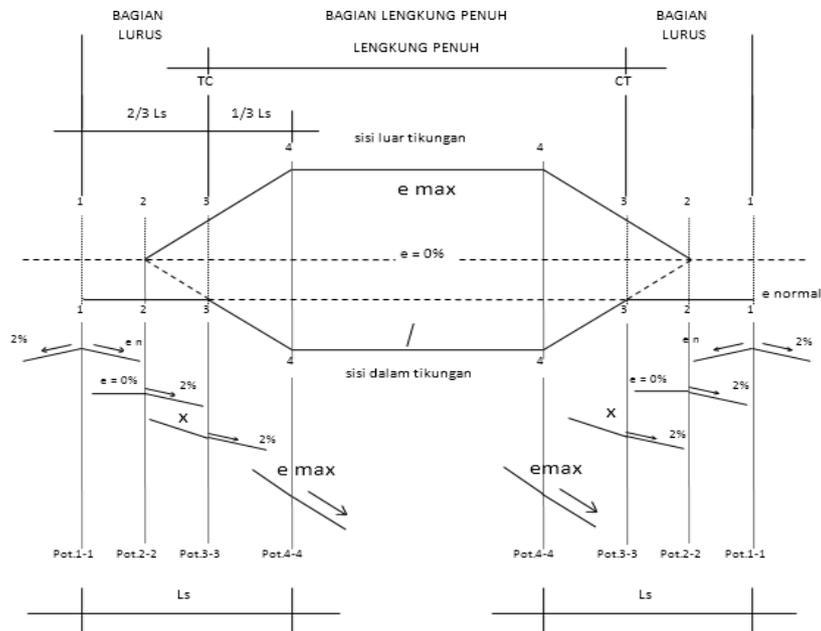
(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

Gambar 2.13 Perubahan Kemiringan Melintang Pada Tikungan

2) Diagram Superelevasi

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

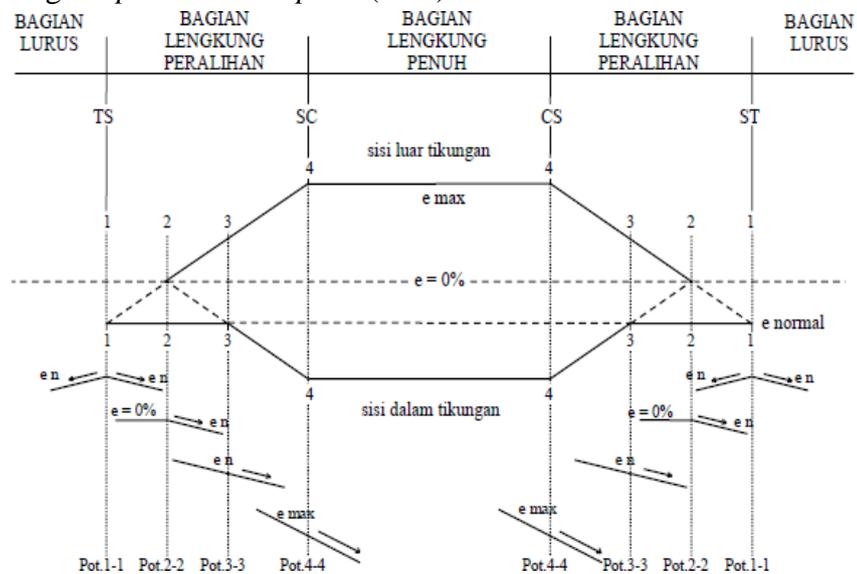
a) Tikungan *Full Circle* (FC)



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

Gambar 2.14 Pencapaian Superlevasi Tikungan *Full Circle*

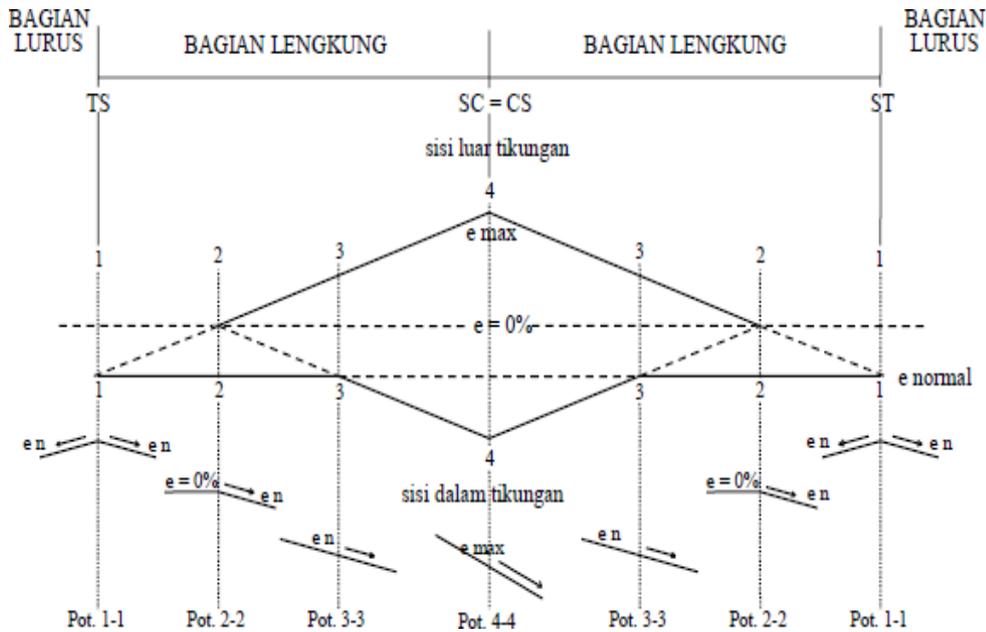
b) Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)



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

Gambar 2.15 Pencapaian Superlevasi Tikungan *Spiral Circle Spiral*

c) Tikungan *Spiral- Spiral* (SS)



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

Gambar 2.16 Pencapaian Superleveasi Tikungan *Spiral Spiral*

**2.5.7 Daerah kebebasan samping di tikungan**

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.

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 Jh.

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

1) Jika  $J_h < L_t$

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) \dots\dots\dots(2.63)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

Jh = jarak pandang henti (m)

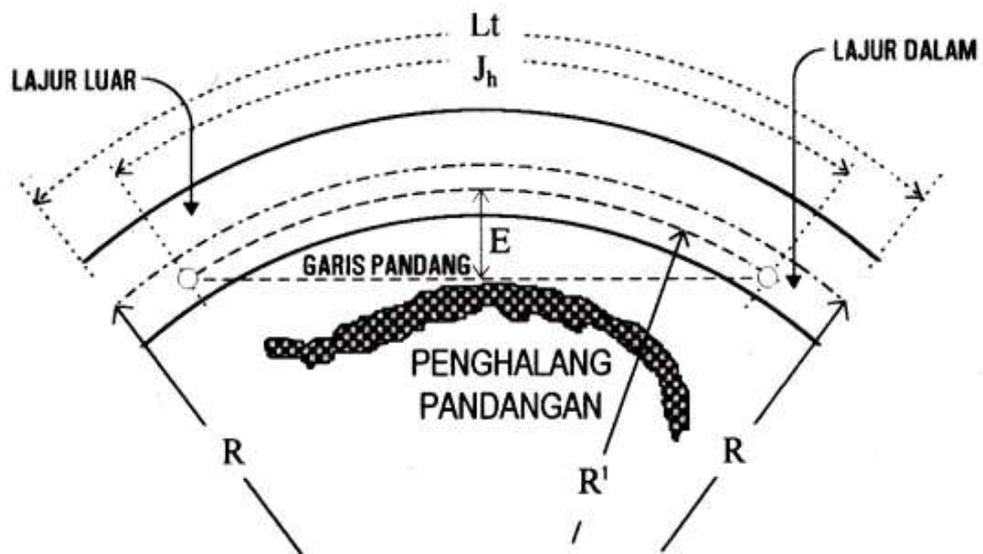
Lt = panjang tikungan (m)

Tabel 2.16 Nilai E Untuk  $J_h < L_t$

R (m)	$V_R = 20$ J = 16	30	40	50	60	80	100	120
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{\max} =$ 500
300					2,3	6,0	$R_{\max} =$ 350	
250				1,5	2,8	7,1		
200				1,9	3,5	$R_{\max} =$ 210		
175				2,2	4,0			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{\max} =$ 115			

R	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
(m)	$J = 16$	27	40	55	75	120	175	250
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{\max} =$ 80				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{\max} \times =$ 50					
30		$R_{\max} =$ 30						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{\max} =$ 15							

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



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

Gambar 2.17 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk  $J_h < L_t$

2) Jika  $J_h > L_t$

$$E = R \left( 1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) + \left( \frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{90 \cdot J_h}{R} \right) \dots\dots\dots (2.64)$$

Keterangan :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

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

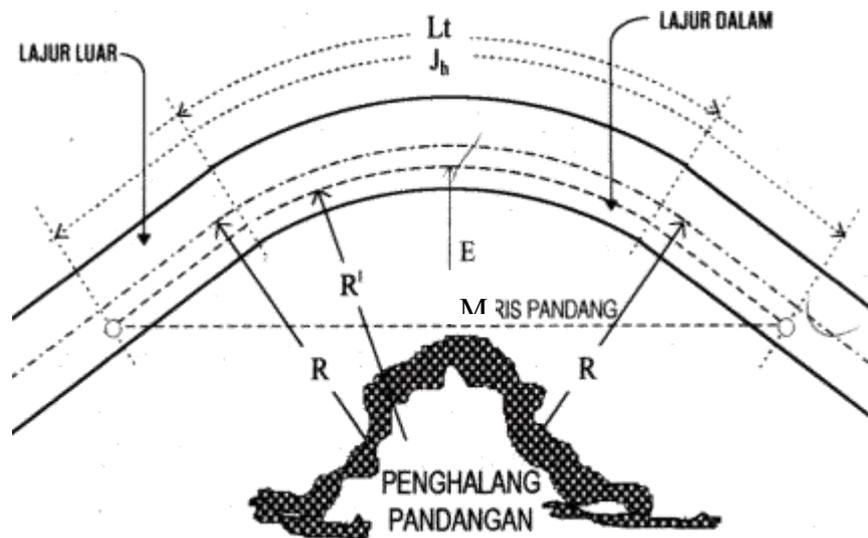
L<sub>t</sub> = panjang tikungan (m)

Tabel 2.17 Nilai E Untuk  $J_h > L_t$

R (m)	V <sub>R</sub> = 20 J = 16	30	40	50	60	80	100	120
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R <sub>max</sub> = 500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R <sub>max</sub> = 350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R <sub>max</sub> = 210		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	R <sub>max</sub> = 115			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5,0	7,9				

R (m)	$V_R = 20$ J = 16	30	40	50	60	80	100	120
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{\max} =$ 80				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{\max} \times =$ 50					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{\max} =$ 30						
15	8,4							
	$R_{\max} =$ 15							

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



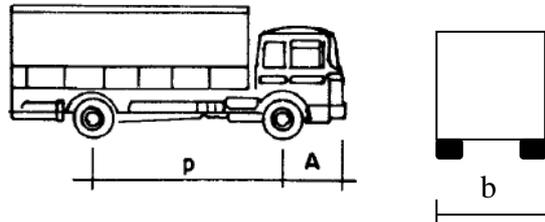
(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.18 Daerah Bebas Samping Ditikungan Untuk  $J_h > L_t$

### 2.5.8 Pelebaran perkerasan di tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas di tikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada

tikungan cenderung untuk keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan. (Shirley L. Hendarsin, 2000: 106)



Gambar 2.19 Bentuk Dimensi Kendaraan

Keterangan :

$p$  = jarak antar gandar = 6,5 meter

$A$  = tonjolan depan kendaraan = 1,5 meter

$b$  = lebar kendaraan = 2,5 meter

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut:

$$B = \sqrt{\left(\sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b\right)^2 + (p + A)^2} - \sqrt{Rc^2 - (p + A)^2} + \frac{1}{2}b$$

$$= \sqrt{\{\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25\} + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \dots\dots\dots(2.65)$$

Keterangan :

$B$  = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

$Rc$  = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan ( $Rc$ ) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots(2.66)$$

Keterangan :

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$B_t = n ( B + C ) + Z \dots\dots\dots(2.67)$$

Keterangan :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan  
ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.68)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

R = Jari-jari tikungan

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots(2.69)$$

Keterangan :

$\Delta b$  = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

## 2.6. Alinyemen Vertikal

Menurut (Hamirhan Saodang, 2010: 108) Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/penampang memanjang jalan.

### 2.6.1 Kelandaian alinyemen vertikal

Berikut ini beberapa faktor yang mempengaruhi kelandaian alinyemen vertikal antara lain :

### 1) Landai Minimum

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

Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15% yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan didaerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30% – 0,50%. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan. (Hamirhan Saodang, 2010: 109)

### 2) Landai Maksimum

Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum didasarkan dikecepatan truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatan semula tanpa harus menggunakan gigi rendah. (Hamirhan Saodang, 2010: 109)

Tabel 2.18 Kelandaian Maksimum

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

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

### 3) Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis yaitu panjang landau maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh Vr. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2010: 110)

Tabel 2.19 Panjang Landai Kritis

Ke eptan 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)

#### 4) Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana ( $V_R$ ), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan. (Hamirhan Saodang, 2010: 111)

Tabel 2.20 Lajur Pendakian Pada Kelandaian Khusus Jalan Luar Kota (2/2 TB)

Panjang	Ambang arus lalulintas (kend/jam) tahun 1, Jam puncak		
	Kelandaian		
	3%	5%	7%
0,5 km	500	400	300
> 1 km	325	300	300

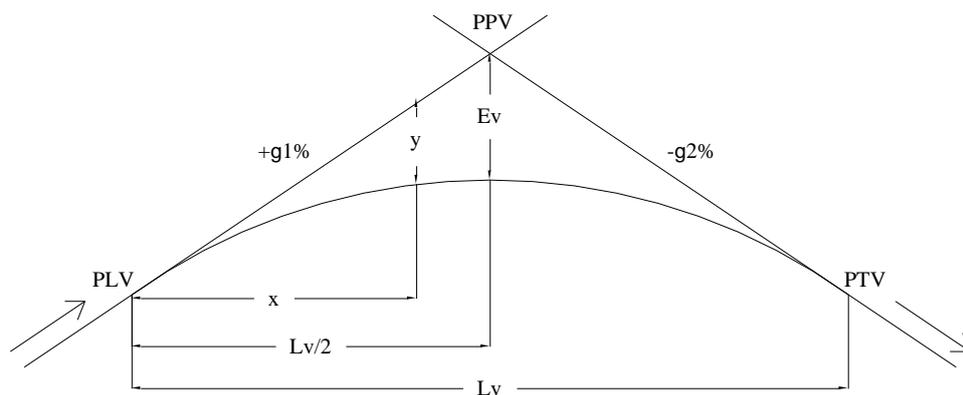
(Sumber : Konstruksi jalan raya, 2010)

### 2.6.2 Lengkung vertikal

Pergantian dari suatu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase. (Hamirhan Saodang, 2010: 113)

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangen). Lengkung vertikal terbagi menjadi dua antara lain :

- 1) Lengkung vertikal cembung, adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



(Sumber: *Konstruksi jalan raya, 2010*)

Gambar 2.20 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

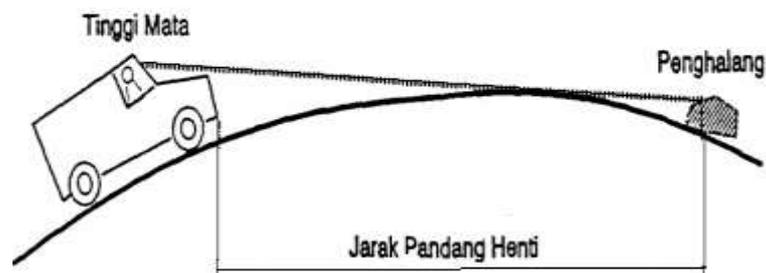
G1 dan G2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

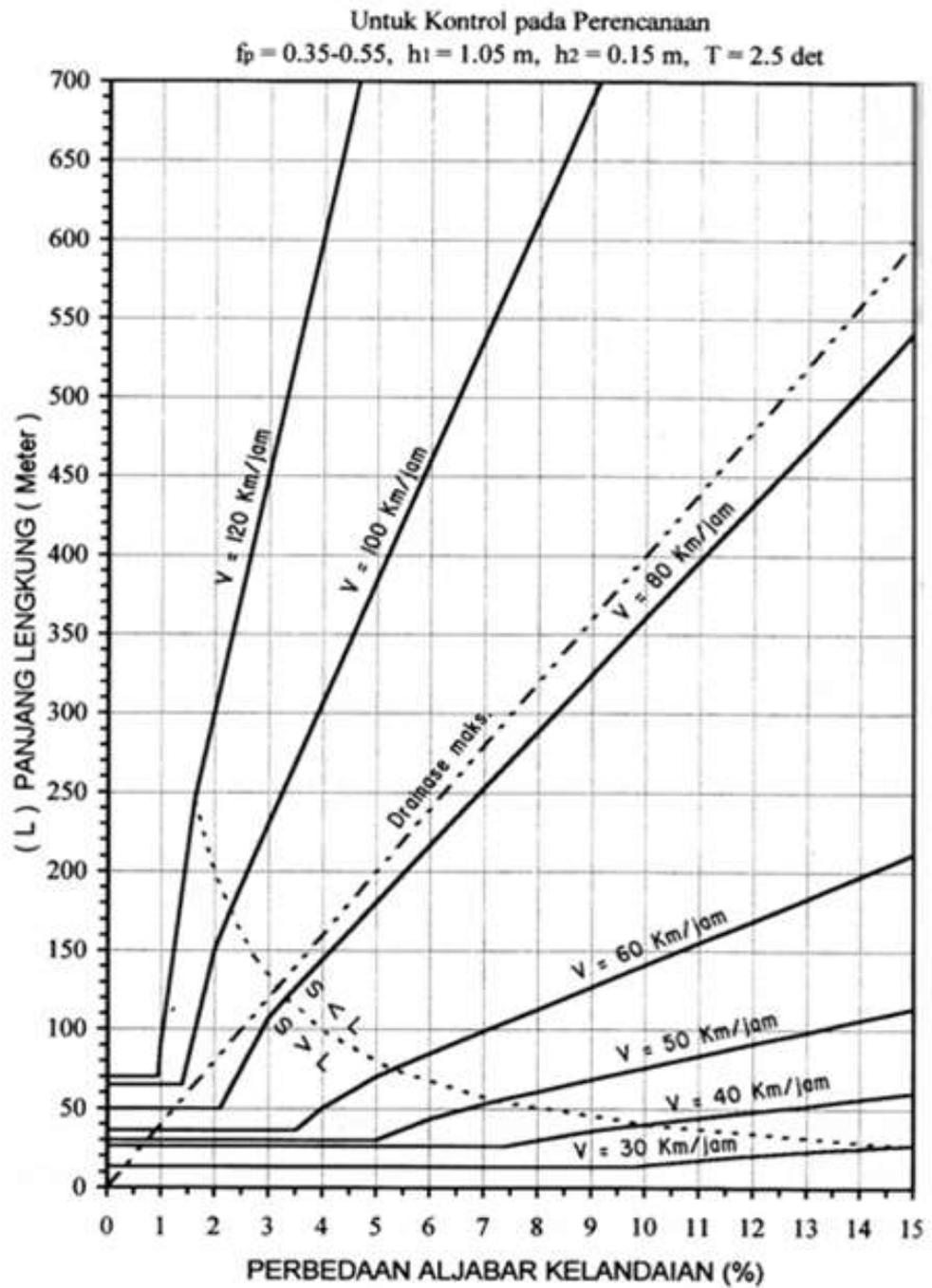
PPV = Titik perpotongan vertikal



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

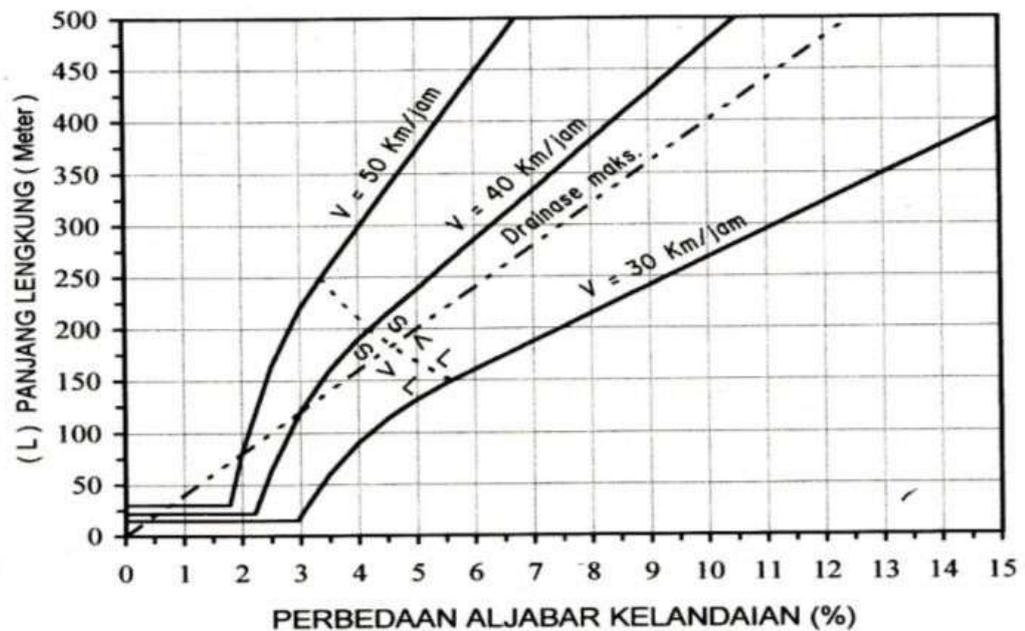
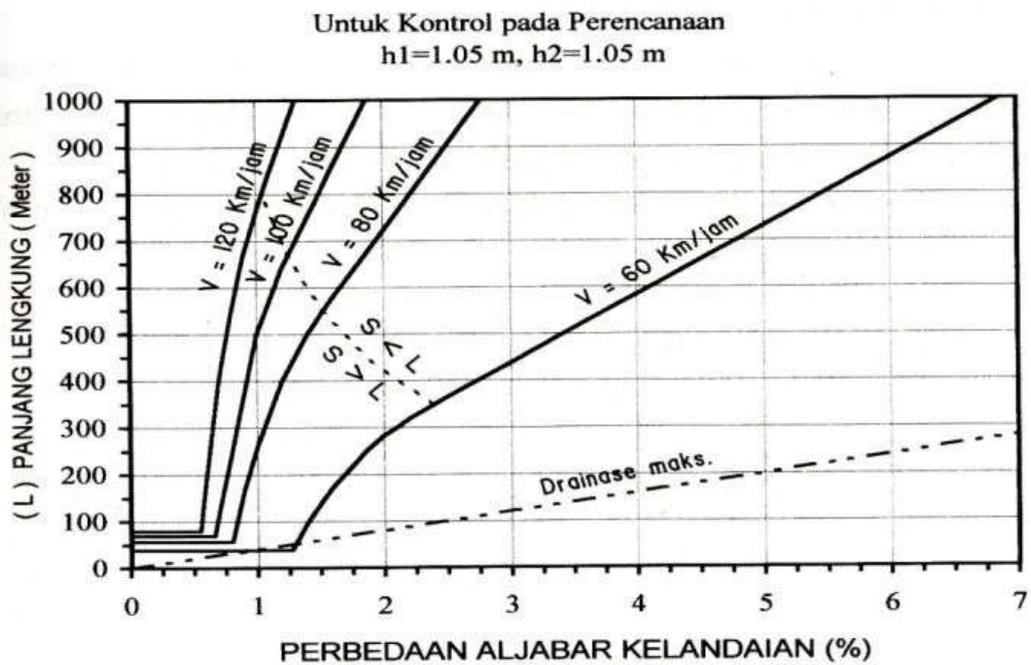
Gambar 2.21 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cembung

Untuk menentukan Panjang lengkung vertikal cembung,  $L_v$  dapat juga di tentukan berdasarkan Grafik I pada Gambar 2.22 (untuk jarak pandang henti) dan Grafik II dan III pada Gambar 2.23 dan 2.24 (untuk jarak pandang mendahului) dibawah ini



(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

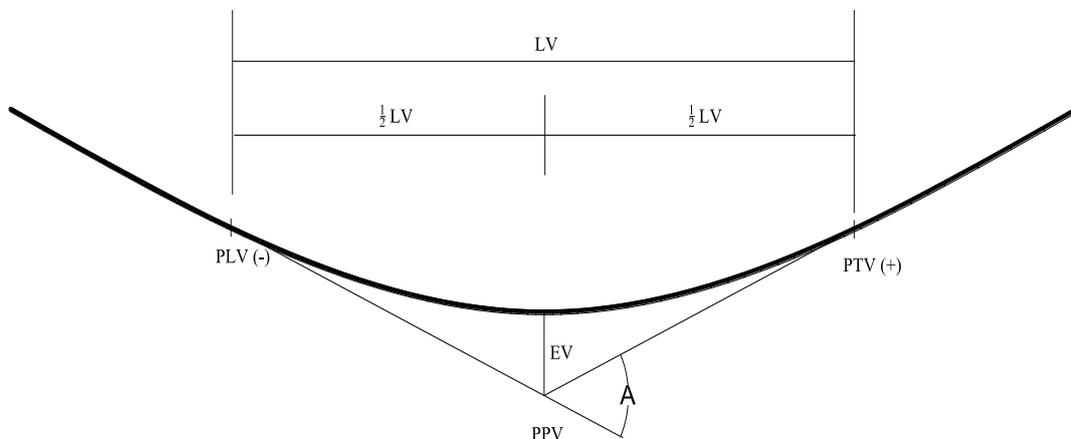
Gambar 2.22 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh)



(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

Gambar 2.23 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului

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



(Sumber: Konstruksi jalan raya, 2010)

Gambar 2.24 Lengkung Vertikal Cekung

Keterangan :

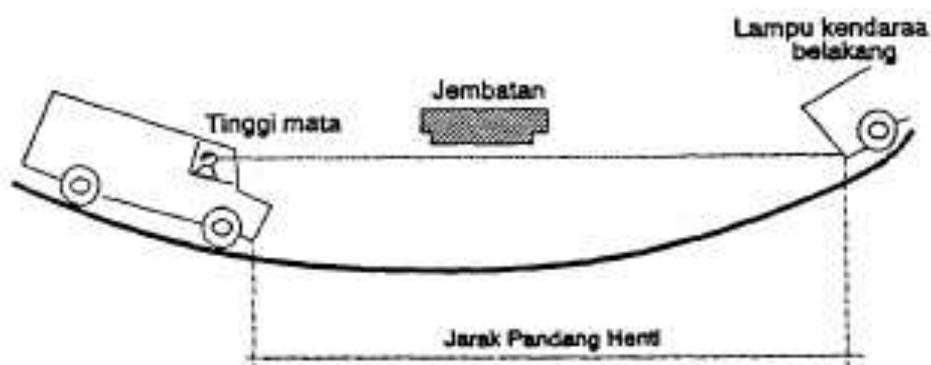
G1 dan G2 = Besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = Pendakian

Tanda (-) = Penurunan

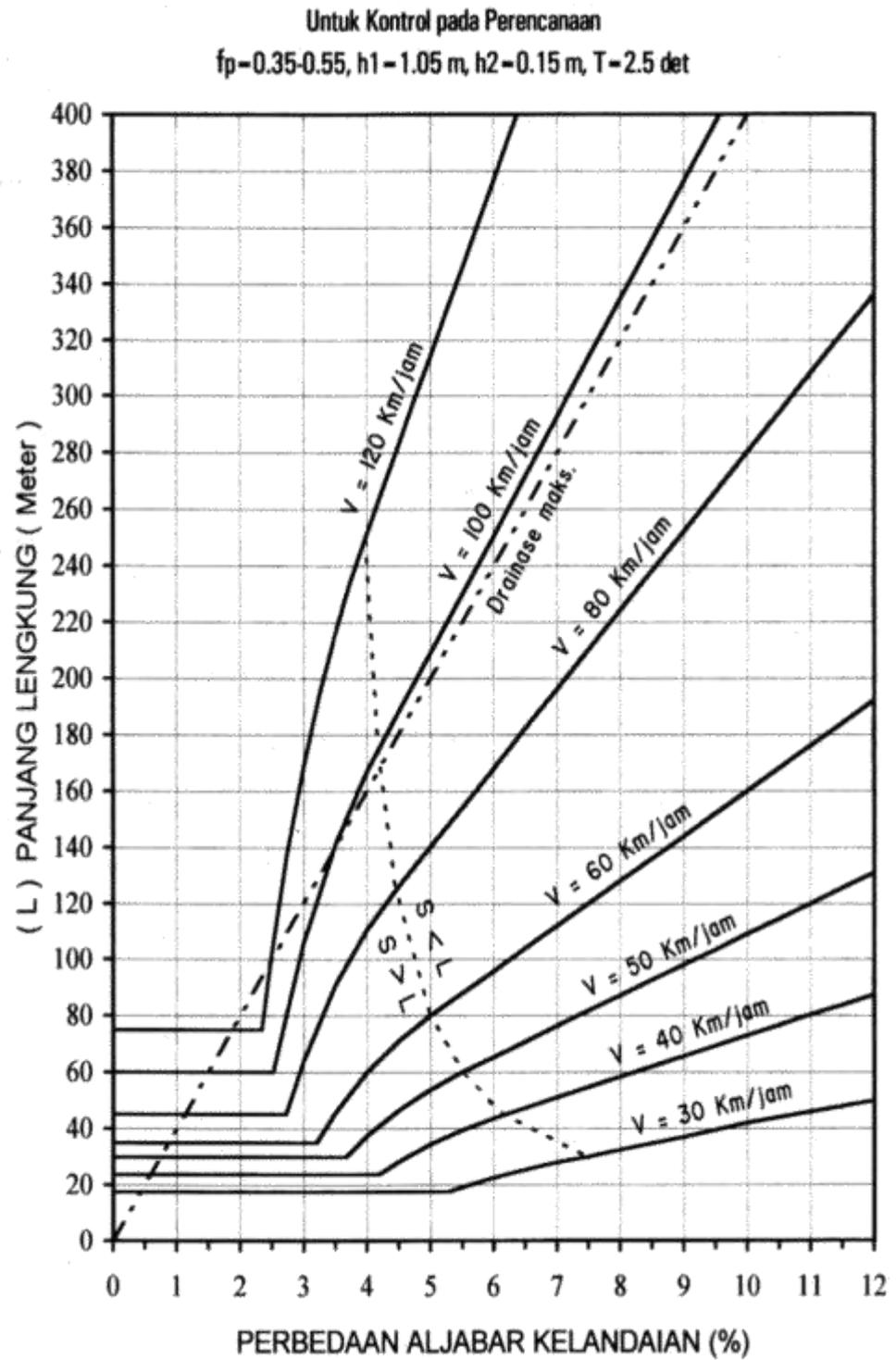
Ev = Pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = Titik perpotongan vertikal



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

Gambar 2.25 Jarak Pandang Lengkung Vertikal Cekung



(Sumber: Perencanaan teknik jalan raya, 2000)

Gambar 2.26 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

## 2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

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

## 2.8 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan kaku adalah perkerasan yang terdiri dari pelatbetonsemen yang bersambung (tidak menerus) tanpa atau dengan tulangan dan menerus dengan tulangan terletak diatas lapisan pondasi bawah tanpa atau dengan lapis permukaan beraspal. Bahan-bahan perkerasan kaku terdiri dari material agregat kasa r(batu pecah) + pasir + semen + air dan additive atau tulangan jika diperlukan. Jenis perkerasan ini jauh lebih baik dibandingkan dengan perkerasan lentur, namun dari segi biaya perkerasan ini tergolong mahal.

Konstruksi perkerasan kaku (rigid pavement) biasanya terdiri dari plat beton semen (slab) yang dibangun langsung atau dengan perantara lapis pondasi diatas tanah dasar yang dipadatkan. Pada perkerasan kaku ini kekuatan memikul beban lebih tergantung pada kekuatan slab dalam menanggung momen lentur. Hal ini disebabkan kekuatan dan besarnya

modulus elastisitas slab yang mengakibatkan penyebaran beban tanah dasar yang luas. Menurut Manual Desain Perkerasan (revisi juni 2017) no 04/SE/Db/2017 gambar tipikal perkerasan kaku dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.27 Gambar tipikal perkerasan kaku pada permukaan tanah asli



Gambar 2.28 Gambar tipikal perkerasan kaku pada timbunan



Gambar 2.29 Gambar tipikal perkerasan kaku pada galian

Metode untuk menentukan tebal lapisan perkerasan kaku didasari oleh 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.

1. Keuntungan pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
  - a. Life-cycle-cost lebih murah dari pada perkerasan aspal.
  - b. Perkerasan kaku lebih tahan terhadap serangan air.
  - c. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemeliharaan.
  - d. Tidak terlalu peka terhadap kelalaian pemanfaatan (overloading).
  - e. Memiliki umur rencana yang lebih lama.
  - f. Semen diproduksi dalam negeri sehingga tidak tergantung dari import.
  - g. Keseluruhan tebal perkerasan jauh lebih kecil dari pada perkerasan aspal sehingga dari segi lingkungan/*environment* lebih menguntungkan
2. Kerugian dalam pemakaian perkerasan kaku, yaitu:
  - a. Permukaan perkerasan beton semen mempunyai riding comfort yang lebih jelek dari pada perkerasan aspal, yang akan sangat terasa melelahkan untuk perjalanan jauh.
  - b. Warna permukaan yang keputih-putihan menyilaukan disiang hari, dan marka jalan (putih/kuning) tidak kelihatan secara kontras.
  - c. Perbaikan kerusakan keseluruhan konstruksi perkerasan sehingga akan sangat mengganggu lalu lintas.
  - d. Biaya yang dikeluarkan tergolong mahal.
  - e. Pelapisan ulang/overlay tidak mudah dilakukan.

- f. Perlunya waktu untuk menunggu perkerasan menjadi kaku  $\pm$  28 hari.
- g. 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.

### **2.8.1 Jenis dan sifat perkerasan kaku**

Perkerasan kaku didefinisikan sebagai perkerasan yang mempunyai lapisan dasar beton dari Portland cement. Perkerasan kaku berfungsi menerima beban alulintas yang berada di atasnya dan menyebar ke lapisan bawah.

Perkerasan beton semen adalah perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapisan dasar. Menurut buku pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen 2003 ada empat jenis perkerasan kaku:

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan
4. Perkerasan beton semen pra-tegang dengan tulang serat baja/fiber

### **2.8.2. Persyaratan Teknik Perencanaan Perkerasan Kaku**

#### **1. Tanah dasar**

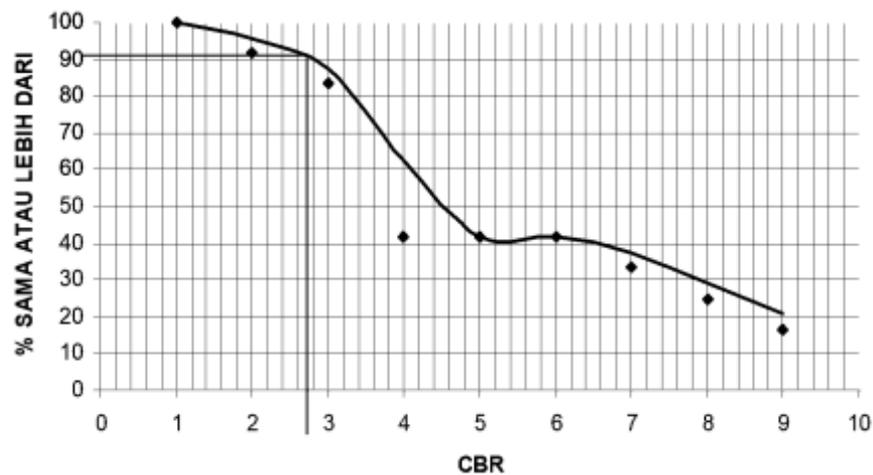
Menurut Pedoman Perencanaan Perkerasan Jalan Beton Semen, 2003 terdapat beberapa persyaratan dalam merencanakan perkerasan kaku, yaitu :

Daya dukung tanah dasar ditentukan dengan pengujian CBR *in situ* sesuai dengan SNI 03-1731-1989 atau CBR laboratorium sesuai dengan SNI 03-1744-1989, masing-masing untuk perancangan tebal perkerasan lama dan perkerasan jalan baru. CBR (California Bearing Ratio) adalah perbandingan antara beban penetrasi suatu lapisan tanah atau perkerasan terhadap bahan standar dengan kedalaman dan kecepatan penetrasi yang sama.

Dalam perhitungan atau pengambilan data CBR di lapangan dimulai dari titik per 500 m, kemudian digabungkan menjadi sebuah segmen dan perhitungan segmen CBR dibagi menjadi 2 yaitu :

## 2. Cara Grafis

Metode grafis diperoleh dari data bermacam –macam jenis pada suatu seksi jalan tertentu menggunakan CBR segmen. 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%.



### Cara Grafis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$\text{CBR Segmen} = ( \underline{\text{CBR}_{\text{rata-rata}} - \text{CBR}_{\text{min}}} ) \dots\dots\dots(2.36)$$

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

Nilai R untuk perhitungan CBR segmen diberikan pada tabel 2.16.

### 3. Lapis pondasi bawah

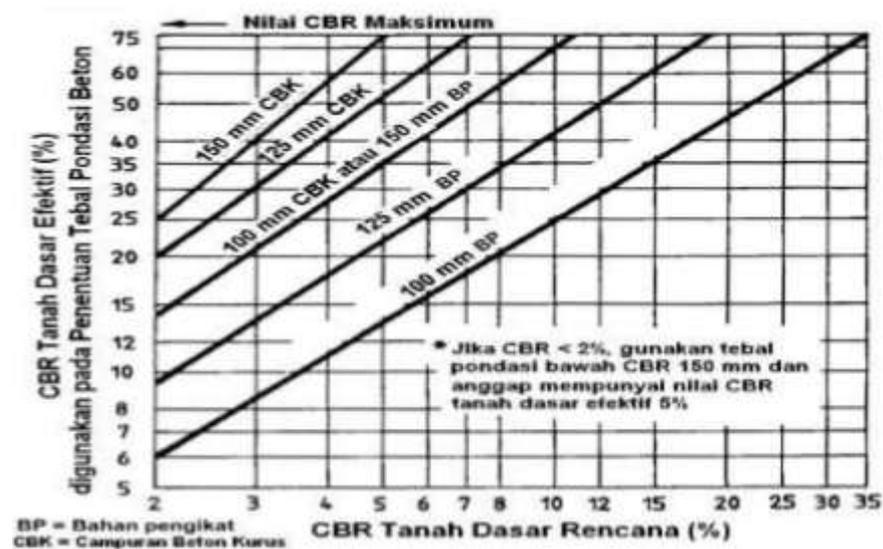
Lapis pondasi bawah berfungsi untuk menambah daya dukung tanah dasar, menyediakan lantai kerja yang stabil dan mendapatkan permukaan dengan daya dukung yang seragam. Lapis pondasi bawah juga dapat mengurangi lendutan pada sambungan-sambungan sehingga menjamin penyaluran beban melalui sambungan muai dalam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

- a. Bahan berbutir Persyaratan dan gradasi pondasi bawah harus sesuai dengan kelas
- b. Sebelum pekerjaan dimulai, bahan pondasi bawah harus diuji gradasinya dan harus memenuhi spesifikasi bahan untuk pondasi bawah, dengan penyimpangan ijin 3%-5%. B Stabilisasi atau dengan beton kurus giling padat (Lean Rolled Concrete)
  - 1) 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.
  - 2) Campuran beraspal bergradasi rapat (dense-graded asphalt).
  - 3) Campuran beton kurus giling padat yang harus mempunyai kuat tekan karakteristik pada umur 28 hari minimum 5,5Mpa ( $55\text{kg/cm}^2$ ).
- c. Campuran beton kurus (Lean Mix Concrete) Campuran Beton Kurus (CBK) harus mempunyai kuat tekan beton karakteristik pada umur 28 hari minimum 5 MPa ( $50\text{kg/cm}^2$ ) tanpa menggunakan abu terbang, atau 7 Mpa ( $70\text{ kg/cm}^2$ ) bila menggunakan abu terbang, dengan tebal minimum 10cm. Bila direncanakan perkerasan beton semen bersambung tanpa ruji, pondasi bawah harus menggunakan campuran

beton kurus(CBK). Tebal lapis pondasi bawah minimum yang disarankan dapat dilihat pada gambar 2.16 dan CBR tanah dasar efektif didapat dari gambar



Gambar 2.30 Tebal Pondasi Bawah Minimum untuk Beton Semen



Gambar 2.31 CBR Tanah Dasar Efektif dan Tebal Pondasi Bawah

#### 4. 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 (ASTMC-78) yang besarnya secara tipikal sekitar 3–5 Mpa (30-50kg/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 (50-55kg/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 (kg/cm<sup>2</sup>)

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

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

## 5. Beban Lalu Lintas

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

- a. Sumbu tunggal roda tunggal (STRT)
- b. Sumbu tunggal roda ganda (STRG)
- c. Sumbu tandem roda ganda (SGRG)

### 1. Pertumbuhan lalu lintas

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

sebagai berikut  $R = \frac{(1+i)^{UR}-1}{i}$  .....(2.37)

Dimana:

R = faktor pertumbuhan lalu lintas

I = laju pertumbuhan lalu lintas pertahun dalam %

UR = umur rencana (tahun)

## 2. 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 110kN (1ton) bila diambil dari survei beban. Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana dihitung dengan rumus berikut :

$$JSKN = JSKNH \times 365 \times R \times C$$

Dimana :

JSKN = Jumlah sumbu kendaraan niaga selama umur rencana

SKNH = Jumlah sumbu kendaraan niaga harian, saat jalan dibuka

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

C = Koefisien distribusi kendaraan

### 2.8.3. Tata Cara Perancangan Penulangan

Perancangan tulangan dilaksanakan berdasarkan jenis perkerasan kaku, yaitu :

1. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
2. Perkerasan beton semen sersambung dengan tulangan :

$$As = \frac{\mu \cdot L \cdot M \cdot g \cdot h}{2 \cdot fs}$$

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 per satuan 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 2.6.

### 3. Perkerasan beton semen menerus dengan tulangan

#### Penulangan memanjang

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

Dimana :

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

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

$F_y$  = tegangan leleh rencana baja ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

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

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

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

$E_c$  = modulus elastisitas beton =  $1485 \sqrt{f'_c}$  ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )

Persentase minimum dari tulangan memanjang pada perkerasan beton menerus adalah 0,6% luas penampang beton. Secara teoritis jarak antara retakan pada perkerasan beton menerus dengan tulangan

dihitung dari persamaan berikut :

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

Dimana :

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

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

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

$f_b$  = tegangan lekat antara tulangan dengan beton =  $(1,97\sqrt{f_c})/d$ .  
( $\text{kg/cm}^2$ )

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

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

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

$E_c$  = modulus Elastisitas beton =  $14850\sqrt{f_c}$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

$E_s$  = modulus Elastisitas baja =  $2,1 \times 10^6$  ( $\text{kg/cm}^2$ )

#### 4. Sambungan

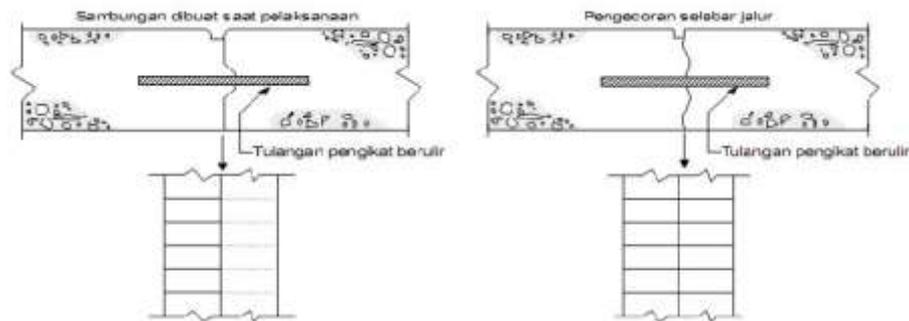
Sambungan pada perkerasan beton semen ditujukan untuk :

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

Pada perkerasan beton semen terdapat beberapa jenis sambungan antara lain :

1. Sambungan memanjang dengan batang pengikat (*tie bars*)

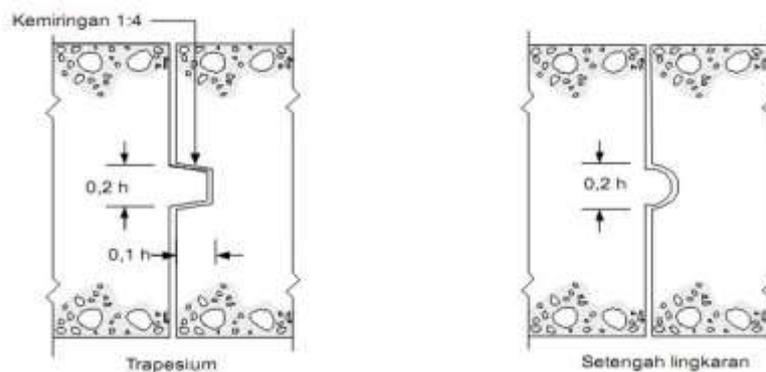
Jarak batang pengikat yang digunakan adalah 75 cm. Tipikal sambungan memanjang diperlihatkan pada gambar 2.32.



Gambar 2.32 Tipikal Sambungan Memanjang

## 2. Sambungan pelaksanaan memanjang

Bentuk dan ukuran penguncian dapat berbentuk trapesium atau setengah lingkaran sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.9.



Gambar 2.33 Ukuran standar penguncian sambungan memanjang

3. Sambungan susut memanjang
4. Sambungan susut dan sambungan pelaksanaan melintang
5. Sambungan susut melintang

Kedalaman sambungan kurang lebih mencapai seperempat dari tebal pelat untuk perkerasan dengan lapis pondasi berbutir atau sepertiga dari tebal pelat untuk lapis pondasi stabilisasi semen sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.34 dan gambar 2.35.



Gambar 2.34 Sambungan susut melintang tanpa ruji

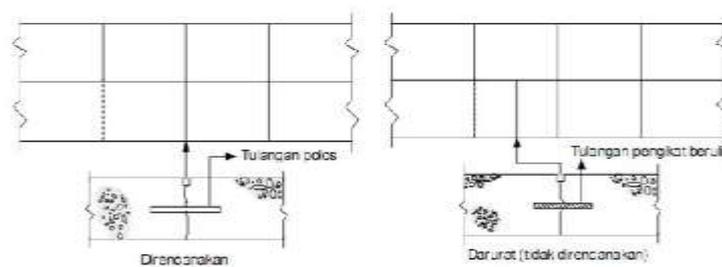


Gambar 2.35 Sambungan susut melintang dengan ruji

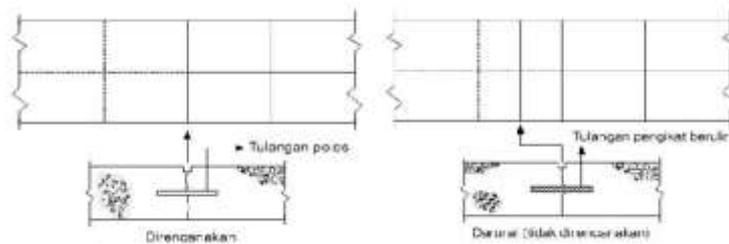
Diameter ruji tergantung pada tebal pelat beton.

#### 6. Sambungan pelaksanaan melintang

Untuk ketebalan lebih dari 17 cm, ukuran batang pengikat berdiameter 20 mm, panjang 84 cm dan jarak 60 cm.



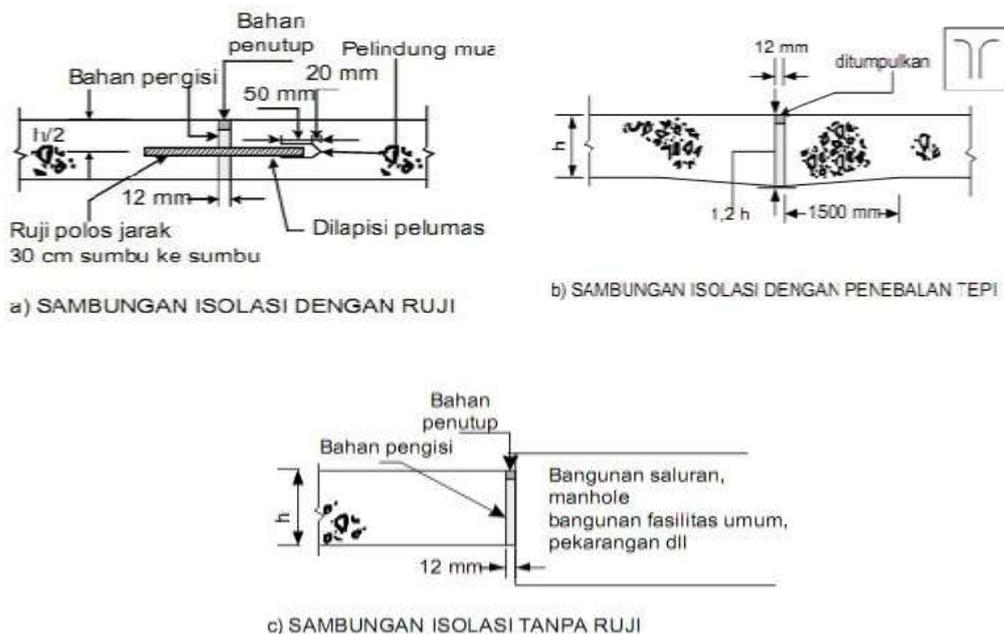
Gambar 2.36 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran per lajur



Gambar 2.37 Sambungan pelaksanaan yang direncanakan dan yang tidak direncanakan untuk pengecoran seluruh lebar perkerasan

### 7. Sambungan isolasi

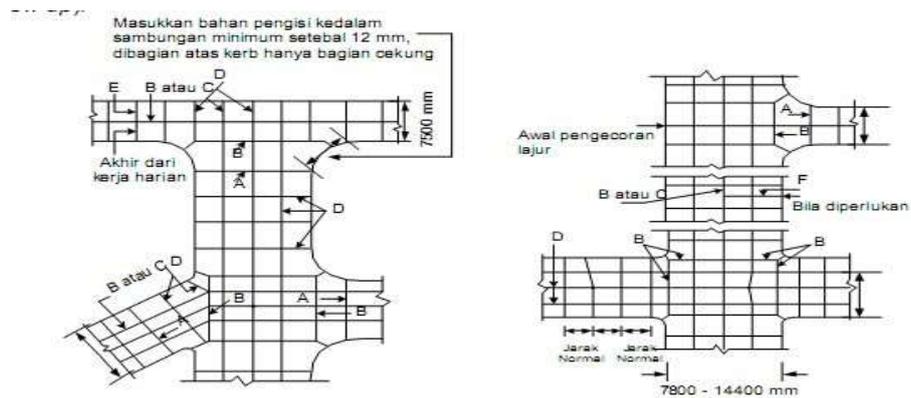
Sambungan isolasi harus dilengkapi dengan bahan penutup (*joint sealer*) setebal 5–7 mm dan sisanya diisi dengan bahan pengisi (*joint filler*) sebagai mana diperlihatkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.38 Sambungan Isolasi

### 8 . Penutup sambungan

Penutup sambungan dimaksudkan untuk mencegah masuknya air dan atau benda lain ke dalam sambungan perkerasan.



Gambar 2.39 Detail potongan melintang sambungan perkerasan

Keterangan :

A = Sambungan Isolasi

B = Sambungan Pelaksanaan Memanjang

C = Sambungan Susut Memanjang

D = Sambungan Susut Melintang

E = Sambungan Susut Melintang yang direncanakan

F = Sambungan Pelaksanaan Melintang yang tidak direncanakan

## 2.9 Bangunan Pelengkap Jalan

Drainase adalah lengkungan atau saluran air di permukaan atau di bawah tanah, baik yang terbentuk secara alami maupun dibuat manusia. Dalam bahasa Indonesia, drainase bisa merujuk pada parit di permukaan tanah atau gorong – gorong di bawah tanah. Drainase berperan penting untuk mengatur suplai air demi pencegahan banjir. Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan sanitasi. (Dr. Ir. Suripin, M.Eng.2004).

Untuk memenuhi persyaratan kelancaran lalu lintas dan menghindari kerusakan akibat air yang berdampak pada kenyamanan

pemakai jalan, diperlukan adanya bangunan pelengkap jalan.

### **2.9.1. Drainase Jalan**

Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan air pada permukaan ke badan air atau ke bangunan resapan buatan sedangkan drainase jalan adalah prasarana yang dapat bersifat alami ataupun buatan yang berfungsi untuk menentukan dan menyalurkan air permukaan maupun bawah tanah, biasanya menggunakan bantuan gaya gravitasi yang terdiri atas saluran samping dan gorong – gorong ke badan air penerima atau tempat peresapan buatan seperti : sunur resapan air hujan atau kolam tampungan sementara.

### **2.9.2. Drainase Saluran Samping**

Drainase digunakan sebagai bangunan pelengkap alat untuk mengalirkan air pada permukaan jalan secepat mungkin agar lalu lintas tetap lancar. Ada dua jenis drainase yaitu :

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

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

Menurut fungsinya drainase permukaan dibedakan menjadi:

##### **a. Saluran Samping**

Saluran samping adalah saluran yang berada dibagian sisi jalan yang dapat langsung menampung air dari badan jalan dan mengalirkannya keluar dari badan jalan. Saluran pembuang ini berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran samping ketempat pembuangan yang lebih rendah seperti sungai, rawa atau kolam.

##### **b. Saluran Penangkap**

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

##### **c. Gorong–gorong/ Box Culvert**

Gorong – gorong adalah aluran melintang dan memotong badan

jalan yang berada dibawah permukaan jalan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari sisi jalan kesisijalan lainnya.

## 2. Drainase bawah

Drainase bawah ini harus dikerjakan terlebih dahulu sebelum melaksanakan pekerjaan badan jalan karena letaknya ada dibawah permukaan jalan yang biasa difungsikan sebagai penunjang utama dalam mengalirkan air. (H.A Halim Hasmar.2011)

### 2.9.3. Kriteria Perancangan Saluran Samping dan Gorong – Gorong

Menurut perencanaan sistem drainase jalan 2006, hal-hal yang perlu diperhatikan pada perencanaan drainase permukaan diuraikan dibawah ini:

1. Plot rute jalan di peta topografi (L)
  - a. Plot rute jalan rencana pada topografi diperlukan untuk mengetahui gambaran topografi atau daerah kondisi sepanjang trase jalan yang akan dilalui dapat dipelajari.
  - b. Kondisi terrain diperlukan untuk menentukan bentuk dan kemiringan yang akan mempengaruhi pola aliran.
2. Inventarisasi data bangunan drainase (gorong-gorong, jembatan, dll.)

Eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan dan kondisi data ini digunakan agar perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada.
3. Segmen panjang segmen saluran(L)

Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:

  - a. Kemiringan jalan disarankan saluran mendekati kemiringan jalan.
  - b. Adanya tempat buangan air seperti badan air (misalnya sungai dan waduk
  - c. Langkah coba-coba sehingga dimensi saluran paling ekonomis
4. Luas Daerah Layanan(A)

Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.

- a. 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.
  - b. Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A<sub>1</sub>), luas bahu jalan (A<sub>2</sub>) dan luas daerah disekitar (A<sub>3</sub>).
  - c. 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<sub>1</sub>) lebar bahu jalan (l<sub>2</sub>) dan daerah sekitar (l<sub>3</sub>) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu  $\pm 10$  m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut.
  - d. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncakbukit tersebut tanpa merusak stabilisasi lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menenampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A<sub>3</sub>).
5. Koefisien pengaliran (C)
- Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir, sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survei lapangan agar corak topografi di daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana, antara lain tanah dengan *permeabilitas* tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan.
6. Faktor Limpasan (fk)
- Merupakan faktor atau angka yang dikalikan dengan koefisien runoff biasa dengan tujuan agar kinerja saturan tidak melebihi kapasitasnya

akibat daerah pengaliran yang terlalu luas. Harga faktor limpasan (fk) disesuaikan dengan kondisi permukaan tanah, seperti pada tabel 2.23.

7. Harga faktor limpasan (fk) hanya digunakan untuk guna lahan sekitar saluran selain bagian jalan. 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.

$$C = \frac{C1.A1+C2.A2+C3.A3}{A1+A2+A3} \dots\dots\dots(2.38)$$

Keterangan :

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

8. Faktor Limpasan (fk)

Waktu terpanjang menyalurkan aliran yang dibutuhkan untuk seluruh daerah layanan dalam menyalurkan air secara simultan (*runoff*) setelah melewati titik-titik tertentu. Waktu konsentrasi untuk saluran terbuka dihitung dengan ini.

$$T_c = t_1 + t_2 \text{ atau } T_c = t_o + t_d \dots\dots\dots(2.39)$$

$$t_1 = (2/3 \times 3,28 \times l_o \times \frac{nd}{v^{1,48}})^{0,167} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$t_2 = \frac{L}{60 v} \dots\dots\dots(2.41)$$

Dimana:

- Tc = waktu konsentrasi (menit)  
 t1/t<sub>o</sub> = waktu untuk mencapai awal saluran dari titik terjauh (menit)  
 t2/t<sub>d</sub> = waktu aliran saluran sepanjang L dari ujung saluran (menit)  
 l<sub>o</sub> = jarak titik terjauh ke fasilitas drainase (m)  
 L = panjang saluran (m)  
 Nd = koefisien hambatan  
 I<sub>s</sub> = kemiringan saluran memanjang

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

Koefisien hambatan (Drag Coefficient) adalah besaran dimensi yang digunakan untuk mengukur drag atau hambatan dari obyek dalam lingkungan fluida seperti udara atau air. Hal ini digunakan dalam persamaan drag, di mana koefisien drag yang lebih rendah menunjukkan objek memiliki hambatan aerodinamis atau hidrodinamik lebih kecil. Koefisien hambatan selalu dikaitkan dengan luas permukaan tertentu.

## 9. Analisa Hidrologi

### a. Data curah hujan

- 1) 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 tedetak pada daerah layanan saluran samping jalan.
- 2) Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun diluar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

### b. 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.

### c. Analisis frekuensi

Analisis frekuensi adalah suatu analisis data hidrologi dengan menggunakan statistika yang bertujuan memprediksi suatu besaran hujan atau debit dengan masa ulang tertentu. Frekuensi hujan adalah besarnya kemungkinan suatu besaran hujan disamai atau dilampaui.

Sebaliknya, kata ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. (SriHarto,1993). Dalam menghitung analisa frekuensi hujan ini menggunakan 2 metode antara lain :

a. Metode Gumbel

1. Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Gumbel

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

2. Standar Deviasi Metode Gumbel

$$Sd = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

3. Curah Hujan Rancangan

$$x_T = \bar{x} + \frac{y_T - y_n}{\sigma_n} Sd$$

Keterangan :

$\bar{x}$  = Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)

Sd = Standar deviasi

$Y_t$  = *Reduced variate*

$Y_n$  = *Reduced mean* yang tergantung jumlah sample / data n

$S_n$  = *Reduced standar deviation* yang tergantung pada jumlah sample / data n

n = Jumlah data

b. Metode Log Pearson

1. Nilai Rata-rata (*mean*) Metode Log Pearson

$$\bar{x} = \frac{\sum \log x}{n}$$

2. Standar Deviasi Log Pearson

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (\log x_i - \overline{\log x})^2}{n-1}}$$

3. Koefisien Kemencengan Metode Log Pearson

$$Cs = \frac{n}{(n-1)(n-2)s^3} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \overline{\log x})^2$$

#### 4. Curah Hujan Rancangan

$$\log x = \overline{\log X} + (G \times Sd)$$

$$X = \text{ArcLog} \cdot (\text{Log } X)$$

Keterangan :

$\bar{x}$	= Nilai rata-rata aritmatik hujan komulatif (mm)
Log X	= Logaritma dari variable dengan jangka waktu ulang N tahun
G	= Faktor kurva asimetris
Sd	= Standar Deviasi
Cs	= Koefisien kemencengan
X	= Curah hujan rancangan
n	= Jumlah data

#### d. 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. Formulasi perhitungan intensitas curah hujan perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-241-1991, metode perhitungan debit banjir.

#### e. Debit aliran air

Untuk menghitung debit aliran air (Q) menggunakan Rumus:

$$Q = 0,27 C.I.A \dots\dots\dots(2.42)$$

Keterangan :

Q	= debit aliran air (m <sup>3</sup> /detik)
C	= koefisien pengaliran rata-rata dari C <sub>1</sub> ,C <sub>2</sub> ,C <sub>3</sub>
I	= intensitas curah hujan (mm/jam)

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

#### 2.9.4. Desain saluran samping dan gorong-gorong

Desain saluran dapat dibagi dalam beberapa jenis :

1. Saluran bentuk trapesium (saluran samping) :

$$A_d = \frac{Q}{v} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$V = K_{st} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \dots\dots\dots(2.44)$$

$$Q = V \cdot A \dots\dots\dots(2.45)$$

a. Penampang ekonomis:

$$b = 2 \cdot h \dots\dots\dots(2.46)$$

$$A_d = b \cdot h$$

$$= 2h \cdot h = 2h^2 \dots\dots\dots(2.47)$$

b. Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0,5 \frac{1}{2} y} \dots\dots\dots (2.48)$$

Keterangan :

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

b = lebar saluran (m)

p = keliling basah (m)

T = lebar puncak (m)

Y = kedalaman saluran yang tergenang air (m)

D = kedalaman hidrolis (m)

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

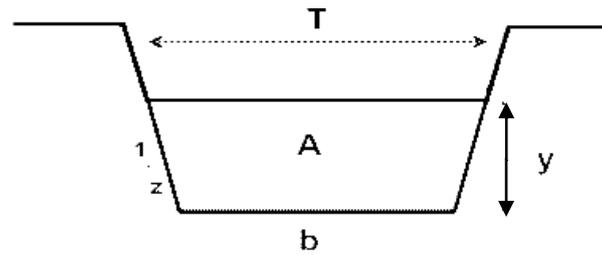
I = kemiringan dasar saluran

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

Z = perbandingan kemiringan talud

W = tinggi jagaan (m)

h = tinggi muka air (m)



Gambar 2.40 Saluran dengan Bentuk Trapesium

2. Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*) :

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

$$B = 2h \dots \dots \dots (2.71)$$

$$A = l \times h \dots \dots \dots (2.72)$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[ \frac{24}{t_c} \right]^{2/3} \dots \dots \dots (2.73)$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5xh} \dots \dots \dots (2.74)$$

Dimana :

A = luas penampang melintang ( $m^2$ )

L = lebar saluran (m)

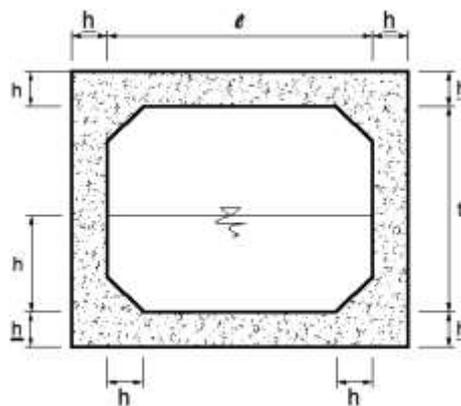
V = kecepatan rata – rata aliran (m/dt)

W = tinggi jagaan

H = tinggi muka air(m)

H = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan



Gambar 2.41 Sketsa dengan Bentuk persegi

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

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

### **2.10.1 Daftar harga satuan alat dan bahan**

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

### **2.10.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

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

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

### **2.10.3 Perhitungan volume pekerjaan**

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut.

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

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

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

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

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

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

- 1) Anggaran Biaya Kasar (Taksiran)

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

- 2) Anggaran Biaya Teliti

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

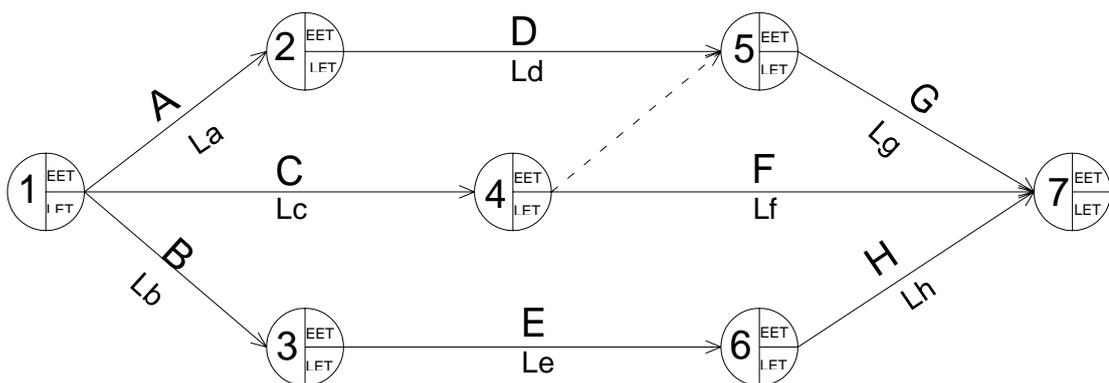
### 2.10.5 Rekapitulasi Biaya

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

### 2.10.6 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu.

Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi suatu perencanaan yang tepat untuk menyelesaikan tiap-tiap pekerjaan yang ada. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram network, sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ke tempat lain.



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

Gambar 2.42 Sketsa *Network planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

- 1) Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumenkan dan mengkomunikasikan rencana *scheduling* (waktu),

dan alternatif-alternatif lain penyelesaian proyek dengan tambahan biaya.

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

- 1) Urutan pekerjaan yang logis

Harus disusun pekerjaan apa yang harus diselesaikan terlebih dahulu sebelum pekerjaan lain dimulai, dan pekerjaan apa yang slack/kelonggaran waktu.

- 2) Biaya untuk mempercepat pekerjaan

Ini berguna apabila pekerjaan-pekerjaan yang berdada di jalur kritis ingin dipercepat agar seluruh proyek segera selesai, misalnya : biaya-biaya lembur, biaya menambah tenaga kerja dan sebagainya.

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

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

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP antara lain :

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

### 2.10.7 Barchart

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

### 2.10.8 Kurva S

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