

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

Perencanaan geometrik dilakukan dengan berpedoman pada tata cara peraturan Bina Marga. Didalam tata cara ini meliputi tentang deskripsi. Ketentuan-ketentuan, dan cara pengerjaan perencanaan geometrik bagi pembangunan atau peningkatan jalan antar kota.

Karena jalan merupakan prasarana penghubung yang sangat penting dalam sektor perhubungan, maka dalam merencanakan jalan raya seseorang harus memikirkan keamanan, kenyamanan, dan keselamatan bagi pengguna jalan. Seorang perencana haruslah mempertimbangkan hal-hal yang menyangkut tingkat pelayanan dan kenyamanan dalam fungsinya sebagai suatu fasilitas penghubung.

Mengingat hal tersebut maka perencana haruslah mempertimbangkan banyak faktor yang berpengaruh dalam perencanaan geometrik dari suatu jalan harus ditetapkan yang optimal terhadap lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

#### **2.1 Perencanaan Geometrik**

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data dasar yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah di analisa serta mengacu pada ketentuan yang berlaku ( L. Hendarsin Shirley, 2000).

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas. Secara umum perencanaan geometrik jalan merupakan perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan jalan, bahu jalan, tikungan, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, dan kombinasi antara bagian-bagian tersebut.

Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infra struktur yang aman, efisien pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan biaya pelaksanaan ruang.

Yang menjadi dasar dari perencanaan geometrik adalah sifat, gerakan, ukuran kendaraan, karakteristik arus lalu lintas dan sifat pengemudi dalam mengendalikan gerakan kendaraanya. Hal-hal tersebut haruslah menjadi bahan pertimbangan perencanaan sehingga dihasilkan bentuk dan ukuran jalan, serta ruang gerak kendaraan yang memenuhi tingkat keamanan dan kenyamanan yang diharapkan ( Sukirman Silvia, 1994 ).

### **2.1.1 Data Lalu Lintas**

Data lalu lintas merupakan dasar informasi yang dibutuhkan untuk perencanaan dan desain suatu jalan, karena kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan melalui jalan tersebut. Analisa data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, saling memiliki keterkaitan satu dengan yang lainnya.

Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam ( kend/jam ).

Volume lalu lintas dinyatakan dalam Satuan Mobil Penumpang (smp), volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut, namun data volume lalu lintas yang diperoleh dalam satuan kendaraan per jam ( kend/jam).

Untuk perencanaan teknik jalan baru, survey lalu lintas tidak dapat dilakukan karena belum ada jalan. Akan tetapi untuk menentukan dimensi jalan tersebut diperlukan data jumlah kendaraan. Untuk itu hal yang harus dilakukan sebagai berikut :

- a) Survey perhitungan lalu lintas (*traffic counting*) dilakukan pada jalan yang sudah ada, yang diperkirakan mempunyai bentuk, kondisi dan keadaan komposisi lalu lintas akan serupa dengan jalan yang direncanakan.
- b) Survey asal tujuan yang dilakukan pada lokasi yang dianggap tepat dengan cara melakukan wawancara kepada pengguna jalan untuk mendapatkan gambaran rencana jumlah dan komposisi kendaraan pada jalan yang direncanakan. ( L. Hendarsin Shirley, 2000 ).

### 2.1.2 Data Peta Topografi

Topografi merupakan faktor penting dalam menentukan lokasi jalan dan pada umumnya mempengaruhi alinyemen sebagai standar perencanaan geometrik. Untuk memperkecil biaya pembangunan jalan maka dalam perencanaan geometrik perlu sekali disesuaikan dengan keadaan topografi.

Pengukuran peta topografi dilakukan dengan tujuan memindahkan kondisi permukaan bumi dari lokasi yang diukur pada kertas yang berupa peta planimeter. Peta ini akan digunakan sebagai peta dasar untuk plotting perencanaan geometrik jalan raya, dalam hal ini perencanaan alinyemen horizontal. Kegiatan pengukuran route ini juga mencakup pengukuran penampang. Pekerjaan 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 juga jarak yang panjang, sehingga pengaruh bentuk lengkung permukaan bumi juga diperhitungkan. Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan sebagai berikut:

- a) Pekerjaan perintisan untuk pengukuran

Kegiatan perintisan ini untuk membuka sebagian lokasi yang diukur, agar pengukuran tidak terhalang oleh semak atau perdu. Perintisan dalam pengukuran adalah pelebaran perintisan pada route hasil *reconnaissance* survei, dan pada setiap interval yang sudah ditentukan dibuat jalur

perintisan melintang arah route untuk keperluan pengukuran penampang melintang dan situasi detail. ( L. Hendarsin Shirley, 2000 ).

b) Kegiatan pengukuran meliputi :

1. Penentuan titik kontrol vertikal dan horizontal yang dipasang setiap interval 100 meter pada rencana as jalan.
2. Pengukuran situasi selebar kiri dan kanan dari jalan yang dimaksud dan disebutkan serta tata guna tanah disekitar trase jalan.
3. Pengukuran penampang melintang (*cross section*) dan penampang memanjang.
4. Perhitungan perencanaan desain jalan dan penggambaran peta topografi berdasarkan titik koordinat kontrol diatas.

Berdasarkan besarnya lereng melintang dengan arah kurang lebih tegak lurus sumbu jalan raya jenis medan dibagi menjadi tiga golongan umum yaitu datar, perbukitan dan gunung.

Tabel 2.1 Klasifikasi Medan dan Besarnya

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

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

### 2.1.3 Data Penyelidikan Tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara penyelidikan tanah.

Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan :

- a. Penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan dilaboratorium. Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan sepanjang ruas rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP ( *Dynamic Cone Penetrometer* ). Hasil *Dynamic Cone Penetrometer* ini di evaluasi

melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampilkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu Analitis dan Grafis.

### 1. Cara Analitis

Analitis rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah :

$$CBR\ segmen = \frac{CBR\ rata - rata - CBR\ min}{R} \dots \dots \dots 2.1$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen. Tabel nilai R untuk perhitungan CBR segmen:

Tabel 2.2 Nilai R untuk Perhitunga CBR segmen

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

(sumber : silvia Sukirman, *Perkerasan Jalan Lentur Jalan Raya*, 1993)

### 2. Cara Grafis

Prosedurnya adalah sebagai berikut :

- a) Tentukan CBR terendah.
- b) Tentukan beberapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR dan kemudian disusun secara tabelaris mulai dari nilai CBR terkecil sampai yang terbesar.

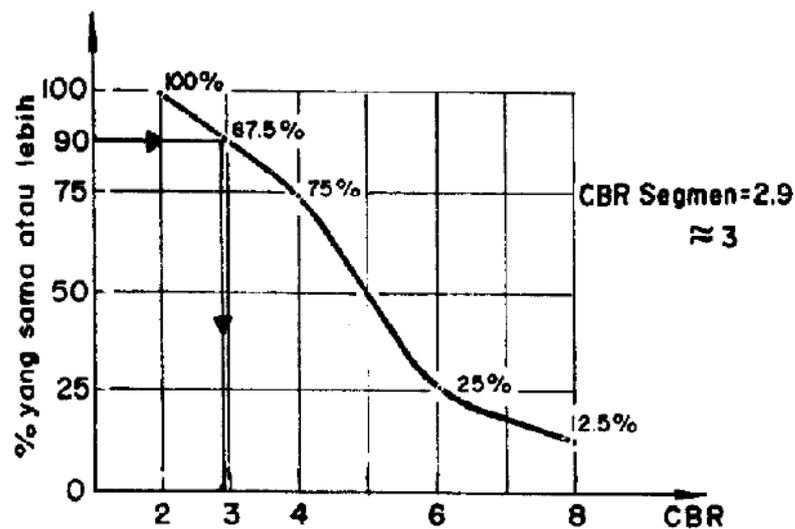
- c) Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- d) Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dan persentase jumlah tadi.
- e) Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

Contoh hasil perhitungan:

Dari hasil pemeriksaan daya dukung tanah dasar sepanjang jalan, diperoleh nilai-nilai CBR sebagai berikut: 4%, 2%, 3%, 4%, 4%, 6%, 8%, 4%, 5%, 6%, 5%, 7%, 8%, 6%, 7%, 9%, 5%.

Tabel 2.3 Contoh Tabulasi Nilai CBR

CBR	Jumlah Yang Sama Atau Lebih Besar	Persen (%) Yang sama Atau Sama Besar
2	8	$8/8 \times 100\% = 100\%$
3	7	$7/8 \times 100\% = 87,5\%$
4	6	$6/8 \times 100\% = 75\%$
6	2	$2/8 \times 100\% = 25\%$
8	1	$1/8 \times 100\% = 12,5\%$



Gambar 2.1 Menentukan CBR segmen dengan Cara grafis

- b. Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan (ASTM) dan (AASHTO) maupun standar yang berlaku di Indonesia
- c. Uji bahan konstruksi Untuk mendapatkan:
1. Sifat-sifat indeks ( indeks properties) Gs, Wn, e, n, Sr.
  2. Klasifikasi (*clasification of soil*).
    - a) Analisa ukuran butir ( *Grain Size Analysis* )
      - Analisa Saringan ( *Sieve Analysis* )
      - Hydrometer ( *Hydrometer Analysis* )
    - b) Batas-batas Atterberg ( *Atterberg Limits* )
      - Atterberg (1991), memberikan cara untuk menggambarkan batas-batas konsistensi dari tanah berbutir halus dengan mempertimbangkan kandungan kadar air tanah. (Hary Christady Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, 2010)
      - Liquid Limit* (LL) = Batas Cair
      - Plastic Limit* ( PL) = Batas Plastis
      - IP = LL-PL.....2.2
  - c) Pemadatan : c dmaks dan Wopt
    - Pemadatan standar / protector
    - Pemadatan modifikasi
    - Dilapangan di cek dengan sandcone  $\pm 93\%$  d maks.
  - d) CBR laboratorium ( CBR Rencana )
    - $w_{et} = W_t / v_t$  d  $w_{et} / (1+w)$ .....2.3
    - CBR lapangan : DCP CBR lapangan.

#### 2.1.4 Data Penyelidikan Material

Data penyelidikan material diperoleh dengan melakukan penyelidikan material. Adapun pekerjaan-pekerjaan penyelidikan material meliputi:

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data meterial yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang

akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.

- b. Penyelidikan lokasi sumber material yang ada beserta perkiraan jumlahnya untuk pekerjaan-pekerjaan penimbunan pada jalan dan jembatan serta bangunan pelengkap jalan.

Pengidentifikasian material secara visual yang dilakukan oleh teknisi tanah di lapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisanya saja yaitu :

- a. Tanah Berbutir Kasar

Pada sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir kasar ( kerikil dan pasir) jika kurang dari 50% lulus saringan nomer 200. (Hary Christady Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, 2010).

Kelompok tanah berbutir kasar dibedakan atas :

A-1 adalah kelompok tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat-sifat plastis.

A-3 adalah tanah yang terdiri dari pasir halus dengan sedikit sekali butir-butir halus lolos No. 200 dan tidak plastis.

A-2 sebagai kelompok batas antara kelompok tanah berbutir kasar dengan tanah berbutir halus. Kelompok A-2 ini terdiri dari campuran kerikil atau pasir dengan tanah berbutir halus yang cukup banyak ( <35 % ). (Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

- b. Tanah Berbutir Halus

Pada sistem Unified, tanah diklasifikasikan ke dalam tanah berbutir halus ( lanau/lempung ) jika lebih dari 50% lolos saringan nomer 200. (Hary Christady Hardiyatmo, Mekanika Tanah 1, 2010).

Kelompok tanah berbutir halus dibedakan atas :

A-4 adalah kelompok tanah lanau dengan sifat plastisitas rendah.

A-5 adalah kelompok tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir-butir plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar dari kelompok A-4.

A-6 adalah kelompok tanah lempung yang masih mengandung butir-butir pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.

A-7 adalah kelompok tanah lempung yang lebih bersifat plastis. Tanah ini mempunyai sifat perubahan yang cukup besar. Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999).

### **2.1.5 Data-data Penunjang Lainnya**

Data-data lain yang perlu diperhatikan diantaranya data tentang drainase. Peninjauan drainase meliputi data meteorologi 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 stasiun di luar daerah tangkapan yang dianggap masih dapat mewakili.

Selain itu data penunjang lain yaitu peta topologi, sumbu jalan rencana diplotkan pada peta dasar ( peta topografi atau peta rupa bumi ), sehingga gambaran topografi daerah yang akan dilalui rute jalan dapat dipelajari. Peta ini juga digunakan untuk memperkirakan luas daerah tangkapan pada sistem sungai sepanjang trase jalan rencana ( L. Hendarsin Shirley, 2000 ).

## **2.2 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus didefinisikan sebelum melakukan perencanaan jalan. Karena karakteristik desain suatu rencana jalan yang 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.

### 2.2.1 Menurut Fungsi Jalan

#### a. Jalan Arteri

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

#### b. Jalan Kolektor

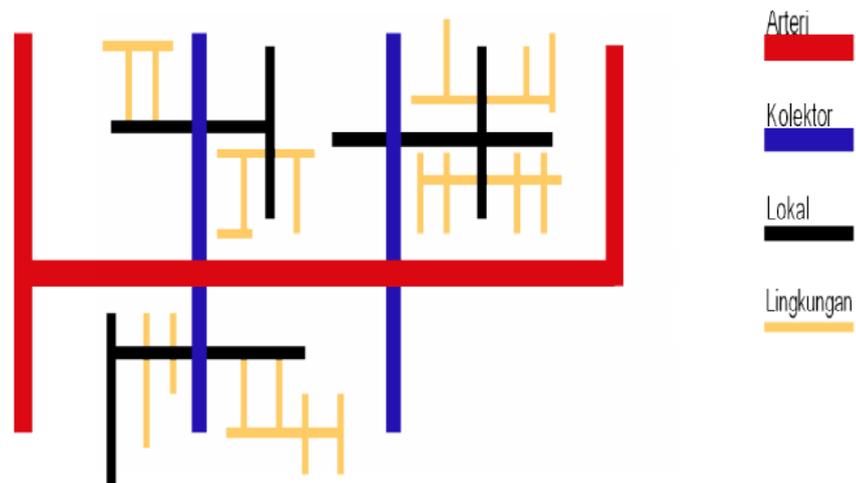
Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

#### c. Jalan Lokal

Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi. (Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

#### d. Jalan Lingkungan

Jalan angkutan lingkungan ( jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.2 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

### 2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi kelasnya jalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- a. Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.4 Klasifikasi Kelas Jalan Dalam MST

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

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

- b. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitanya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam tabel 2.5 (Pasal 11. No.43/1993).

Tabel 2.5 Klasifikasi Kelas Berdasarkan Dalam LHR

No.	Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Rata-rata (smp)
1	Jalan Arteri	I	>20.000
2	Jalan Kolektor	II A	6.000-20.000
		II B	15.000-8.000
		II C	<2.000
3	Jalan Lokal	III	-

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

### 2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan dibagi atas:

- a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagai besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.6 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

## 2.3 Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang harus dipahami seperti: fungsi jalan, kendaraan rencana, umur rencana, kecepatan rencana. Volume dan kapasitas jalan, dan tingkat pelayanan yang diberikan oleh jalan tersebut. Parameter-parameter ini merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

### 2.3.1 Fungsi Jalan

Sesuai undang-undang tentang jalan, No. 13 tahun 1980 dan peraturan pemerintah No. 26 tahun 1985, sistim jaringan jalan di Indonesia dapat dibedakan atas sistim jaringan jalan primer dan sistim jaringan sekunder. (silvia Sukirman, Perkerasan Jalan Lentur Jalan Raya, 1993).

- a. Sistim jaringan jalan primer adalah sistim jaringan jalan dengan peranan pelayanan jasa distribusi untuk pengembangan semua wilayah di tingkat nasional dengan semua simpul jasa distribusi yang kemudian berwujud

kota. Ini berarti sistem jaringan jalan primer menghubungkan simpul-simpul jasa distribusi sebagai berikut :

- 1) Dalam satu Satuan Wilayah Pengembangan menghubungkan secara menerus kota jenjang kesatu ( ibu kota provinsi ), kota jenjang kedua (ibu kota kabupaten, kotamadya), kota jenjang ketiga (kecamatan), dan kota jenjang dibawahnya sampai ke persil.
  - 2) Menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kesatu antar Satuan Wilayah Pengembangan.
- b. Sistem jaringan jalan sekunder adalah sistem jaringan jalan dengan peran pelayanan jasa distribusi untuk masyarakat dengan kota, ini berarti sistem jaringan jalan sekunder disusun mengikuti ketentuan pengaturan tata ruang kota yang menghubungkan kawasan-kawasan yang mempunyai fungsi primer, fungsi sekunder kesatu. Fungsi sekunder kedua, fungsi sekunder ketiga dan seterusnya sampai ke perumahan.

Jalan arteri primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu yang terletak berdampingan, atau menghubungkan kota jenjang kesatu dengan kota jenjang kedua. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan arteri primer adalah :

- a. Kecepatan rencana  $> 60$  km/jam
- b. Lebar badan jalan  $> 8,0$  m
- c. Kapasitas jalan lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- d. Jalan masuk dibatasi secara efisien sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan dapat tercapai.
- e. Tidak boleh terganggu oleh kegiatan lokal, lalu lintas lokal, lalu lintas ulang alik.
- f. Jalan arteri primer tidak terputus walaupun memasuki kota.
- g. Tingkat kenyamanan dan keamanan yang dinyatakan dengan indeks permukaan tidak kurang dari 2.

Jalan kolektor primer, adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kedua dengan kota jenjang atau menghubungkan kota jenjang kedua dengan

kota jenjang ketiga. Persyaratan yang harus dipenuhi oleh jalan kolektor primer adalah :

- a. Kecepatan rencana  $> 40$  km/jam.
- b. Lebar badan jalan  $> 7$ m
- c. Kapasitas jalan lebih besar atau sama dengan volume lalu lintas rata-rata.
- d. Jalan kolektor primer tidak terputus walaupun memasuki daerah kota.
- e. Jalan yang dibatasi sehingga kecepatan rencana dan kapasitas jalan tidak terganggu.
- f. Indeks permukaan tidak kurang dari 2.

Jalan lokal primer adalah jalan yang menghubungkan kota jenjang kesatu dengan persil atau menghubungkan kota jenjang ketiga dengan kota jenjang ketiga, kota jenjang ketiga dengan kota jenjang dibawahnya, kota jenjang ketiga dengan persil, atau kota dibawahnya jenjang ketiga sampai persil. Persyaratan jalan lokal primer, yaitu :

- a. Kecepatan rencana  $> 20$  km/jam
- b. Lebar badan jalan  $> 6$  m
- c. Jalan lokal primer tidak terputus walaupun memasuki desa
- d. Indeks permukaan tidak kurang dari 1,5.

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

- a. Kecepatan rencana  $> 30$  km/jam
- b. Lebar badan jalan  $> 8$  m
- c. Kapasitas jalan sama atau lebih besar dari volume lalu lintas rata-rata.
- d. Tidak boleh diganggu oleh lintasan lambat
- e. Indeks permukaan tidak kurang dari 1.5

Jalan kolektor sekunder, yaitu jalan yang menghubungkan kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder kedua atau menghubungkan

kawasan sekunder kedua dengan kawasan sekunder ketiga. Persyaratan jalan kolektor sekunder yaitu :

- a. Kecepatan rencana  $> 20$  km/jam
- b. Lebar badan jalan  $> 7$  m
- c. Indeks permukaan tidak kurang dari 1.5

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

- a. Kecepatan rencana  $> 10$  km/jam
- b. Lebar badan jalan  $> 5$  m
- c. Indeks permukaan tidak kurang dari 1,0

(*Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999*)

### **2.3.2 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 tersebut dapat dikelompokkan menjadi beberapa kelompok, umum dapat dikelompokkan menjadi kelompok, mobil penumpang, bus/truk, semi trailer, trailer. (TPGJAK, 1997).

Kendaraan rencana dikelompokkan kedalam 3 kategori:

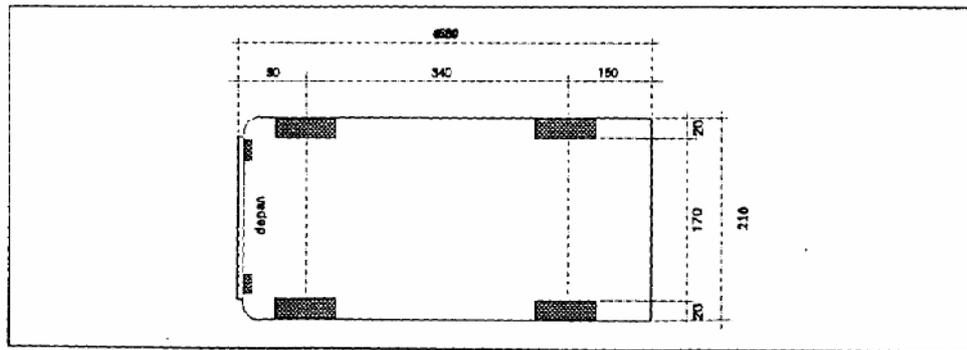
- a. Kendaraan kecil, diwakili oleh penumpang.
- b. Kendaraan sedang, diwakili oleh truk 3 as *tandem* atau bus besar 2 as.
- c. Kendaraan besar, diwakili oleh truk-*semi-trailer*.

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori kendaraan rencana ditunjukkan dalam tabel 2.7. dan sketsa dimensi kendaraan rencana dapat dilihat pada gambar 2.3, 2.4 dan 2.5.

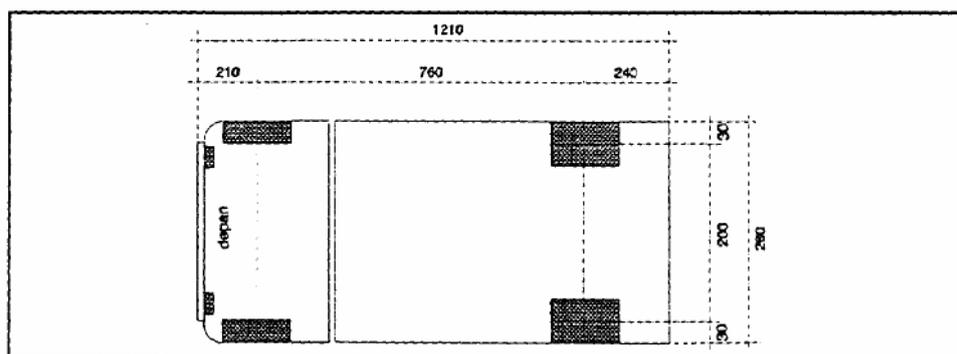
Tabel 2.7 Dimensi Kendaraan Rencana

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

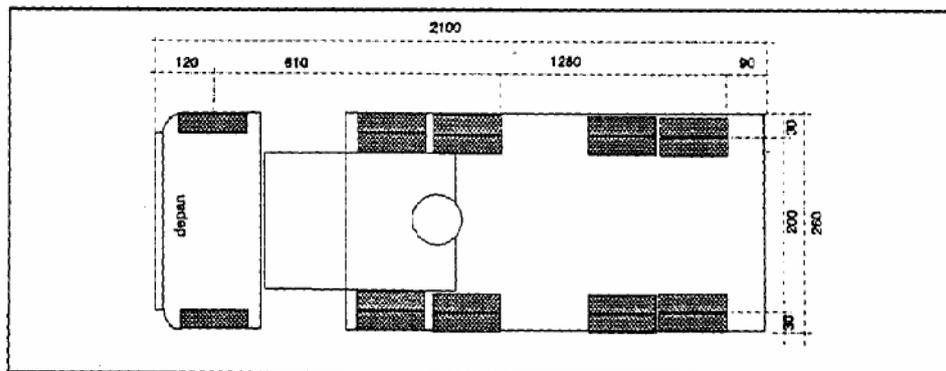
(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).



Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Kecil



Gambar 2.4 Dimensi Kendaraan Sedang



Gambar 2.5 Dimensi Kendaraan Besar

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

### 2.3.3 Umur Rencana

Umur rencana perkerasan jalan ialah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan suatu perbaikan yang bersifat struktural ( sampai diperlukan overlay lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan, seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus. Umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai (tambahan tebal lapisan perkerasan menyebabkan biaya awal yang cukup tinggi). ( Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999)

### 2.3.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana ( VR ) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang langgeng, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit. VR suatu segmen jalan

dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. (TPGJAK, 1997). Kecepatan rencana tergantung kepada :

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan disekitarnya
- c. Cuaca
- d. Adanya gangguan dari kendaraan lain
- e. Batasan kecepatan yang diijinkan

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk dasar perencanaan geometrik (alinyemen). Kecepatan rencana dari masing-masing kendaraan dapat ditetapkan pada tabel 2.8.

Tabel 2.8

Kecepatan Rencana ( $V_r$ ) Sesuai Klasifikasi Fungsi Dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana V (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, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997)

### 2.3.5 Volume Lalu Lintas

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satuan waktu. ( Silvia Sukirman, Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1999).

Volume lalu lintas harian rata-rata ( VLHR ) adalah perkiraan volume lalu lintas harian akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

- a. Satuan Mobil Penumpang (smp)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dari berbagai tipe kendaraan telah di ubah menjadi

kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan ekivalen mobil penumpang.

Tabel 2.9 Satuan Mobil Penumpang (smp)

Jenis Kendaraan	Nilai SMP
Sepeda	0,5
Mobil Penumpang/Sepeda Motor	1,0
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 : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

- 1) Kendaraan ringan terdiri dari Sepeda Motor
- 2) Truk Ringan (<5 ton) terdiri dari Mobil Penumpang, Pick Up, Mobil Hantaran, sedan, , bus sedang, sedan, jeep, Station wagon, Oplet, mini bus, pikup, bus kecil.
- 3) Truk Sedang ( 5 ton) terdiri dari truck, semi Trailer, Trailer.
- 4) Truk Berat ( 10 ton) Truck Gandeng, Truck 3 As, Bus Besar

b. Ekivalen mobil penumpang (emp)

Faktor konversi sebagai jenis kendaraan dibandingkan dengan mobil penumpang atau kendaraan lainya sehubungan dengan dampaknya pada perilaku lalu lintas (emp mobil penumpang = 1,0 ).

Tabel 2.10 Ekivalen 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, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

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

1. Lalu lintas Harian Rata-rata Tahunan ( LHRT )

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

$$LHRT = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas Dalam 1 Tahun}}{365 \text{ Hari}} \dots \dots \dots 2.4$$

2. Lalu lintas Harian Rata-rata ( LHR)

Adalah jumlah rata-rata lalu lintas kendaraan bermotor beroda 4 atau lebih yang dicatat selama 24 jam sehari untuk kedua jurusan. ( SKBI 2.3.26.1987 Departemen Pekerjaan Umum )

$$LHR = \frac{\text{Jumlah Lalu lintas Dalam 1 Tahun}}{\text{Lamanya Pengamatan}} \dots \dots \dots 2.5$$

### 2.3.6 Jarak Pandang

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

Panjang jalan didepan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut dengan jarak pandangan. Jarak pandang berguna untuk :

- a. Menghindarkan terjadinya tabrakan yang dapat membahayakan kendaraan dan manusia akibat adanya benda yang berukuran cukup besar, kendaraan yang sedang berhenti, pejalan kaki, atau hewan-hewan yang berada pada jalur jalan.
- b. Memberi kemungkinan untuk mendahului kendaraan lain yang bergerak dengan kecepatan lebih rendah dengan mempergunakan lajur sebelahnya.

- c. Menambah efisien jalan tersebut, sehingga volume pelayanan dapat dicapai semaksimal mungkin.
- d. Sebagai pedoman bagi pengatur lalu-lintas dalam menempatkan rambu-rambu lalu-lintas yang diperlukan pada setiap segmen jalan.

Dilihat dari kegunaanya jarak pandangan dapat di bedakan atas :

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Yaitu jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraanya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik disepanjang jalan harus memenuhi Jh. Jh diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri 2 elemen jarak, yaitu :

- 1) Jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempu oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.

$$d1 = V \times t \dots\dots\dots 2.6$$

Dimana :

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

$V$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = Waktu reaksi atau waktu tanggap = 2,5 detik

$$d2 = 0,278 \cdot V \cdot t \text{ (m)}$$

- 2) Jarak pengereman ( Jhr ) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.11

Tabel 2.11 Jarak Pandang (jh) Minimum

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh minimum ( m )	250	175	120	75	55	40	27	16

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

b. Jarak Pandang Mendahului ( Jd )

Yaitu jarak pandangan yang dibutuhkan untuk dapat menyiap kendaraan lain yang berada pada lajur jalanya dengan menggunakan lajur untuk arah yang berlawanan.

Tabel 2.12 Panjang Minimum Jarak Mendahului

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jd	800	675	550	350	250	200	150	100

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

Jarak pandang menyiap dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 d_1 &= 0,278 \cdot t_1 \left( v - m + \left( \frac{a \cdot t_1}{2} \right) \right) \dots \dots \dots 2.7 \\
 d_2 &= 0,278 \cdot v \cdot t_2 \dots \dots \dots 2.8 \\
 d_3 &= \text{diambil } 30\text{-}100 \text{ cm} \dots \dots \dots 2.9 \\
 d_4 &= \frac{2}{3} \cdot d_2 \dots \dots \dots 2.10 \\
 d &= d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots 2.11 \\
 d_{\min} &= \frac{2}{3} \cdot d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots 2.12
 \end{aligned}$$

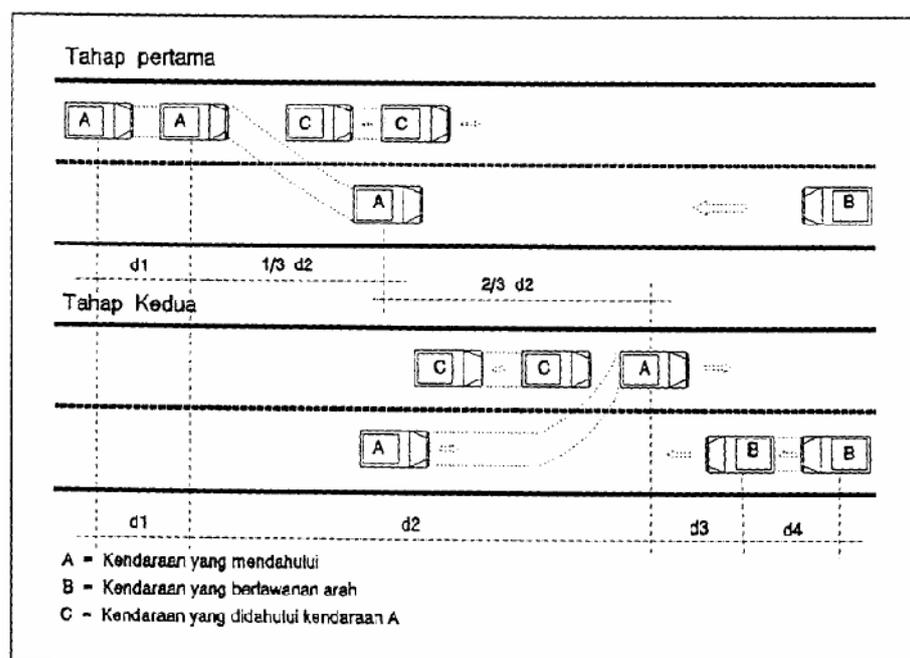
Dimana :

- $t_1$  = Waktu reaksi ( $t_1 = 2.12 + 0,126 \cdot v$ )
- $m$  = Perbedaan kecepatan kendaraan yang menyiap dan disiap = 15 km/jam
- $v$  = Kecepatan rata-rata dianggap sama dengan kecepatan rencana
- $a$  = Percepatan rata-rata ( $a = 2.052 + 0.0036 \cdot v$ )
- $d_2$  = Jarak yang ditempuh kendaraan yang menyiap berada pada jalur kanan
- $t_2$  = Waktu kendaraan pada lajur kanan ( $t_2 = 6.56 + 0.04 \cdot v$ )

Daerah yang mendahului harus disebar disepanjang jalan dengan jumlah panjang minimum 30% dari panjang total ruas jalan tersebut.

Adapun asumsi yang diambil dalam perhitungan adalah :

- Kendaraan yang disalip berjalan dengan kecepatan tetap.
- Sebelum menyiap berada di jalur lawan, ia telah mengurangi kecepatannya selama mengikuti kendaraan yang akan disalip.
- Bila saat penyiapan tiba, penyiap memerlukan waktu berpikir mengenai amananya daerah penyiapan.
- Penyiapan dilakukan dengan “start terlambat” dan bersegera untuk kembali ke jalur semula dengan kecepatan rata-rata 10 mph lebih tinggi dari kendaraan yang disiap.
- Pada waktu kendaraan penyiap telah kembali ke jalur asal, masih ada jarak dengan kendaraan lawan. Gambar proses pergerakan mendahului untuk jarak pandang mendahului dapat dilihat pada gambar 2.6.



(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

Gambar 2.6 Proses Gerakan Mendahului ( 2/2 TB )

## 2.4 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dapat dikenal dengan nama “situasi jalan”. Alinyemen horizontal terdiri atas bagian lurus dan bagian lengkung (disebut juga tikungan). (TPGJAK, 1997)

Pada perencanaan alinyemen horizontal jalan, tak cukup hanya bagian alinyemen saja yang memenuhi syarat, tetapi keseluruhan bagian haruslah memberikan kesan aman dan nyaman. Lengkung yang terlampau tajam, kombinasi lengkung yang tak baik akan mengurangi kapasitas jalan, dan kenyamanan serta keamanan pemakai jalan. (Silvia Sukirman, 1997). Guna mencapai tujuan diatas, antara lain perlu diperhatikan.

- a. Alinyemen jalan sedapat mungkin dibuat lurus, mengikuti keadaan topografi. Hal ini akan memberikan keindahan bentuk, komposisi yang baik antara jalan alam dan juga biaya pembangunan yang lebih murah.
- b. Pada alinyemen jalan yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat lengkung yang tajam yang akan mengejutkan pengemudi jika terpaksa diadakan sebaiknya didahului oleh lengkung yang tumpul, sehingga pengemudi mempunyai kesempatan memperlambat kecepatan kendaraanya.
- c. Sedapat mungkin menghindari penggunaan radius minimum untuk kecepatan rencana tertentu, sehingga jalan tersebut lebih mudah disesuaikan dengan perkembangan lingkungan dan fungsi jalan.
- d. Sedapat mungkin menghindari tikungan ganda, yaitu gabungan tikungan searah dengan jari-jari yang berlainan. Tikungan ganda ini memberikan rasa ketidak nyamanan kepada sipengemudi. Jika terpaksa diadakan, sebaiknya masing-masing tikungan mempunyai lengkung peralihan ( lengkung bentuk SCS ), sehingga terdapat tempat penyesuaian keadaan. Jika terpaksa dibuat gabungan lengkung horizontal berbentuk busur lingkaran, maka radius lengkung yang berurutan diambil tidak melampaui 1 : 1,5. Tikungan ganda umumnya terpaksa dibuat untuk penyesuaian dengan keadaan medan sekeliling, sehingga pekerjaan tanah dapat seefisien mungkin.
- e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang berbalik dengan mendadak. Pada keadaan ini pengemudi kendaraan sangat sulit mempertahankan diri pada lajur jalanya dan juga kesukaran dalam pelaksanaan kemiringan melintang jalan. Jika terpaksa dibuatkan tikungan berbalik, maka

sebaiknya mempergunakan lengkung dengan peralihan ( lengkung berbentuk SCS ), atau diantaranya kedua lengkung terdapat bagian lurus yang pendek. Pada lengkung berbentuk busur lingkaran bagian lurus ini dapat sebagai tempat untuk perubahan pencapaian kemiringan melintang jalan.

- f. Pada sudut-sudut tikungan yang kecil, panjang lengkung yang diperoleh dari perhitungan sering kali tidak cukup panjang. Sehingga memberi kesan patahnya jalan tersebut. Untuk sudut tikungan 5 , panjang lengkung sebaiknya dibuat lebih besar dari 150 m dan setiap penurunan sudut lengkung 1 , panjang lengkung ditambah 25 m.
- g. Sebaiknya hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

#### 2.4.1 Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu 2,5 menit ( sesuai VR ), dengan pertimbangan keselamatan pengemudi akibat dari kelelahan. ( Shirley L. Hendarsin, 2000).

Tabel 2.13 Bagain Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum ( m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

## 2.4.2 Tikungan

Dalam merencanakan sebuah tikungan haruslah beberapa kriteria, antara lain :

### a. Jari-jari Minimum

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

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

Untuk pertimbangan perencanaan panjang jari-jari minimum untuk berbagai variasi kecepatan dapat dilihat pada tabel 2.14.

Tabel 2.14

Panjang Jari-jari Minimum Untuk  $e_{\text{mak}} = 10\%$

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

(Sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

### b. Jenis-jenis Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

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

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang mempunyai jari-jari besar sudut tangen yang relatif kecil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan raya, dalam merencanakan tikungan harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

#### a) Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap  $R$ , yang berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus ( $R$  tak terhingga) sampai bagian lengkung jalan jari-jari tetap  $R$  sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan di tikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. ( TPGJAK, 1997 )

Bentuk lengkung peralihan dapat berupa parabola atau spiral (*clothoid*). Panjang lengkung peralihan ( $L$ ) ditetapkan atas pertimbangan bahwa :

- (1). Lama waktu perjalanan di lengkung peralihan perlu dibatasi untuk menghindari kesan perubahan alinyemen yang mendadak, ditetapkan 3 detik (pada kecepatan  $V_r$ ).
- (2). Gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan dapat diantisipasi berangsur-angsur pada lengkung peralihan dengan umum.
- (3). Tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $r_e$ ) dari bentuk kelandaian normal kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $r_{e-max}$  yang ditetapkan sebagai berikut:

Untuk  $v_r$  70 km/jam,  $r_{e-max} = 0,035$  m/detik

Untuk  $v_r$  80 km/jam,  $r_{e-max} = 0,025$  m/detik

(4).  $L_s$  ditentukan dari 3 rumus dibawah ini dan diambil nilai yang terbesar:

(a) Berdasarkan waktu tempuh maksimum di lengkung peralihan,

$$L_s = \frac{VR}{3.6} T \dots \dots \dots 2.13$$

Dimana :

$T$  = Waktu tempuh pada legkung perelihan,  
ditetapkan 3 detik

$VR$  = Kecepatan rencana ( km/jam )

(b) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal,

$$L_s = 0,022 \frac{VR^2}{Rc} - 2,727 \frac{VR^e}{c} \dots \dots \dots 2.14$$

(c) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian,

$$L_s = \frac{(e_m - en)vR}{3.6 re} \dots \dots \dots 2.15$$

Dimana :

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$e_m$  = Superelevasi maximum

$en$  = Superelevasi normal

$re$  = Tingkat perubahan kemiringan melintang

#### b) Kemiringan melintang

Kemiringan melintang atau kelandaian pada penampang jalan diantara tepi perkerasan luar dan sumbu jalan sepanjang lengkung peralihan disebut landai relatif, pencapaian jenis *full circle* untuk dapat menggambarkan pencapaian kemiringan dari lereng normal ke kemiringan penuh, kita harus hitung dulu lengkung peralihan fiktif ( $L_s'$ ). Adapun  $L_s'$  dihitung berdasarkan landai relatif maksimum, dan  $L_s'$  dihitung berdasarkan landai relatif maksimum,  $L_s'$  dapat dihitung dengan berdasarkan menggunakan rumus:

$$Ls' = (e + en) \cdot B \cdot 1/m \dots \dots \dots 2.16$$

Dimana :

$1/m$  = landai relatif (%)

$e$  = superelevasi (m/m')

$en$  = kemiringan melintang normal (m/m')

$B$  = lebar jalur (m)

### c) Kebebasan Samping

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh  $M$  (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan  $J_h$  dipenuhi. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut :

(1). Berdasarkan jarak pandang henti

$$M = R (1 - \cos \varphi) \dots \dots \dots 2.17$$

(2). Berdasarkan jarak pandang mendahului

$$M = R (1 - \cos \varphi) + 1/2(S-L) \sin \varphi \dots \dots \dots 2.18$$

Dimana :

$M$  = jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m)

$\varphi$  = setengah sudut pusat sepanjang  $L$ , ( $^{\circ}$ )

$R$  = radius sumbu lajur sebelah dalam, (m)

$S$  = jarak pandang, (m)

$L$  = panjang tikungan, (m)

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

mahal. Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan *full circle* adalah sebagai berikut sesuai tabel 2.15.

Tabel 2.15  
Jari-jari Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

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

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

Untuk tikungan yang jari-jarinya lebih kecil dari harga di atas maka bentuk tikungan yang di pakai adalah *Spiral Circle Spiral*. Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu:

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + fm)} \dots \dots \dots 2.19$$

$$R_{min} = \frac{1432,4}{R_{min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots \dots \dots 2.20$$

$$e = \frac{e_{max}}{D^2} \cdot D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} \cdot D \dots \dots \dots 2.21$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots \dots \dots 2.22$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots \dots \dots 2.23$$

$$Tc = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots 2.24$$

$$Ec = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots 2.25$$

$$LC = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots \dots \dots 2.26$$

Dimana

= Sudut tikungan atau sudut tangen

$T_c$  = Jarak  $T_c$  dan  $PI$

$R$  = Jari-jari

$E_c$  = jarak  $PI$  ke busur lingkaran

$L_c$  = Panjang busur lingkaran

$L_s$  = Lengkung peralihan fiktif

$D$  = Derajat lengkung

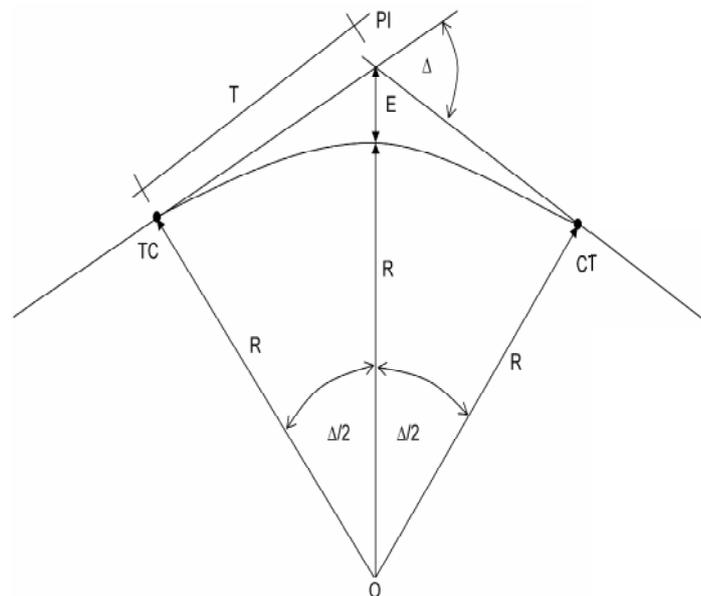
$V$  = Kecepatan

$B$  = Lebar jalan

$C$  = Perubahan percepatan

$f_m$  = Koefisien gesekan melintang =  $0,19 - 0,000625 V$

$m$  = Landai relatif =  $2.V + 40$



Sumber : Autocad 2007

Gambar 2.7 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. Adapun jari-jari yang di ambil untuk tikungan *Spiral-Circle-Spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu :

- a) Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- b) Kemiringan maksimum jalan antar kota : 0,08
- c) Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, yaitu.

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

$$R_{min} = \frac{1432,4}{R_{min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots \dots \dots 2.28$$

$$e = \frac{e_{max}}{D^2} \cdot D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} \cdot D \dots \dots \dots 2.29$$

$$L's = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots \dots \dots 2.30$$

$$L's = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots \dots \dots 2.31$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots \dots \dots 2.32$$

$$ES = \frac{(R + P)}{\frac{\cos 1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots 2.33$$

$$L = Lc + 2 Ls \dots \dots \dots 2.34$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots \dots \dots 2.35$$

$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \infty S \dots \dots \dots 2.36$$

Dimana :

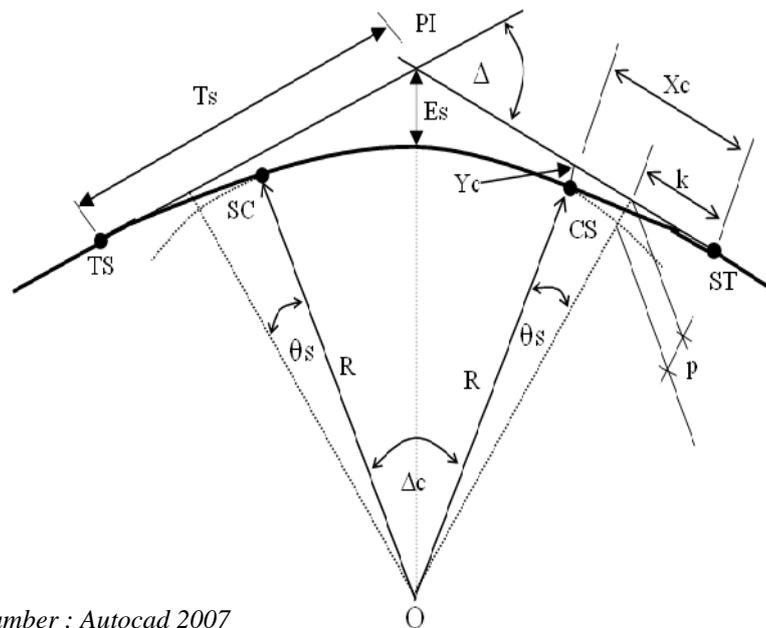
- = Sudut tikungan atau sudut tangen
- Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral
- R = Jari-jari
- Es = jarak PI ke busur lingkaran
- Lc = Panjang lengkung lingkaran
- Ls = Lengkung peralihan fiktif
- D = Derajat lengkung
- V = Kecepatan
- B = Lebar jalan
- C = Perubahan percepatan
- fm = Koefisien gesekan melintang =  $0,19 - 0,000625 V$
- m = Landai relatif =  $2.V + 40$

Kontrol:

$L_c > 20 \text{ m}$

$L > 2 T_s$

Jika  $L < 20 \text{ m}$ , gunakan jenis tikungan *Spiral-Spiral*.



Sumber : Autocad 2007

Gambar 2.8 Bentuk Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

3) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam.

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *Spiral-Spiral*, yaitu :

$$R_{min} = \frac{V^2}{127(e_{max} + f_m)} \dots \dots \dots 2.37$$

$$D_{max} = \frac{1432,4}{R_{min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots \dots \dots 2.38$$

$$e = \frac{e_{max}}{D^2} \cdot D^2 + \frac{2e_{max}}{D_{max}} \cdot D \dots \dots \dots 2.39$$

$$Ls' = (e + en) \cdot \frac{1}{2} \cdot B \cdot m \dots \dots \dots 2.40$$

$$Ls' = 0,022 \cdot \frac{V^3}{R \cdot c} - 2,727 \cdot \frac{V \cdot e}{c} \dots \dots \dots 2.41$$

$$Ls' = \frac{SS\pi}{90} \cdot R \dots \dots \dots 2.42$$

$$Ts = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots \dots \dots 2.43$$

$$ES = \frac{(R + P)}{\frac{\cos 1}{2} \Delta} - R \dots \dots \dots 2.44$$

$$L = 2 \cdot Ls \dots \dots \dots 2.45$$

Dimana :

= Sudut tikungan atau sudut tangen

Ts = Titik perubahan dari tangen ke spiral

R = Jari-jari

Es = jarak PI ke busur lingkaran

Lc = Panjang lengkung lingkaran

Ls' = Lengkung peralihan fiktif

D = Derajat lengkung

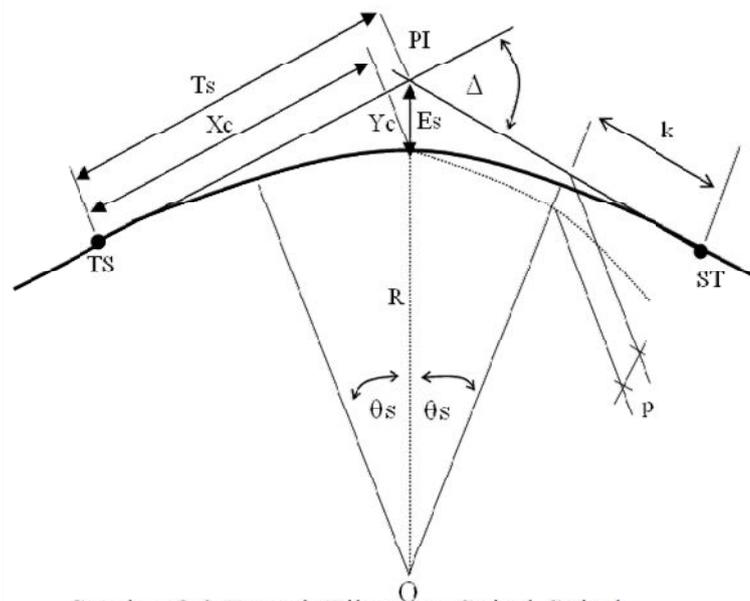
V = Kecepatan

B = Lebar jalan

C = Perubahan percepatan

$f_m$  = Koefisien gesekan melintang =  $0,19 - 0,000625 V$

$m$  = Landai relatif =  $2.V + 40$



Gambar 2.9 Bentuk Tikungan Spiral-Spiral

### c. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaannya dilapangan. (TPGJAK, 1997 )

#### 1) Pencapaian Superelevasi

- a) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.
- b) Pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bentuk normal sampai lengkung peralihan (TS) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan sampai superelevasi penuh pada bagian lengkung peralihan.

- c) Pada tikungan *full circle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linear, diawali dari bagian lurus sepanjang  $2/3 L_s$  sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang  $1/3 L_s$ .
- d) Pada tikungan *Spiral-spiral*, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagaian spiral.
- e) Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lereng normal (LN).

Tabel 2.16

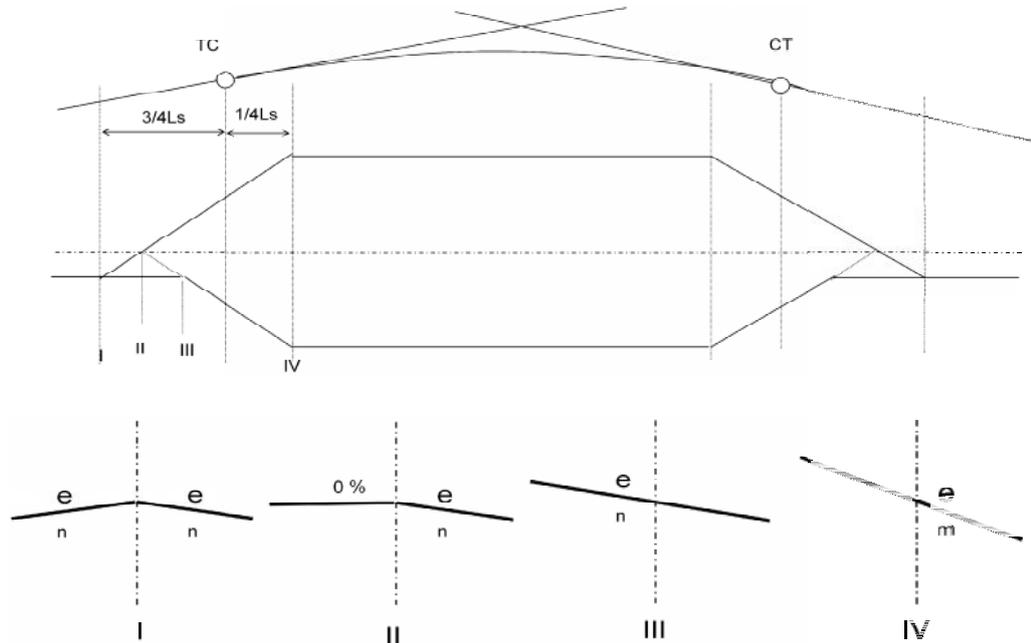
Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ( $e_{maks} = 10\%$ , metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60 km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	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	D maks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	D maks = 6,82			
8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60				
9,000	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60				
10,000	143	0,079	45	0,095	60	D maks = 9,12					
11,000	130	0,083	45	0,098	60						
12,000	119	0,087	45	0,100	60						
13,000	110	0,091	50	D maks = 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	D maks = 18,85									

LN = lereng jalan normal, diasumsikan 2 %  
 LP = lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasi sebesar lereng jalan normal 2 %  
 Ls = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasi Shortt landai relative maksimum, jarak tempuh 3 detik, dan lebar perkerasan  $2 \times 3,75$  m

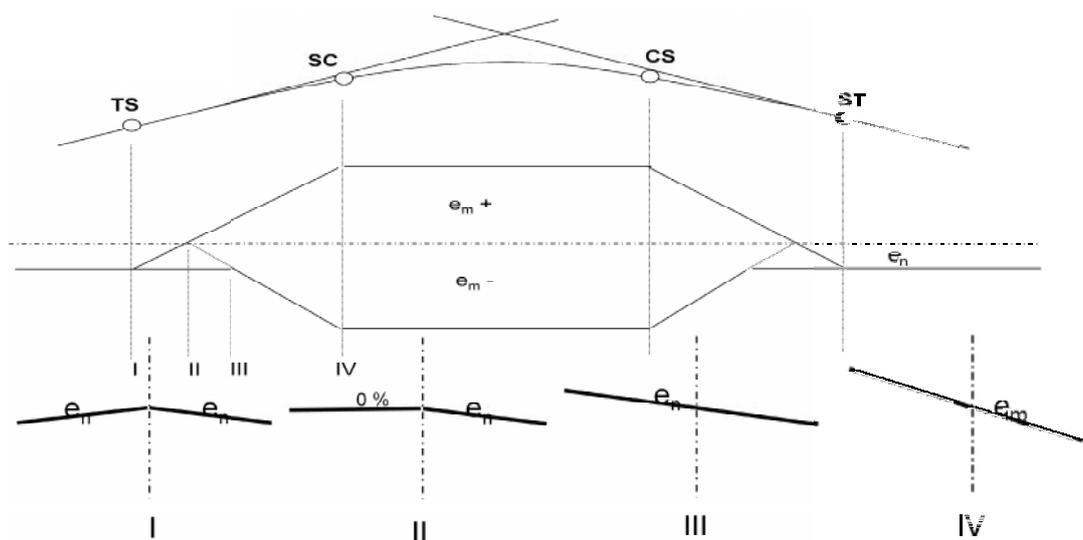
Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova

## 2) Diagram Superelevasi

a) Tikungan *full circle* (FC)

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

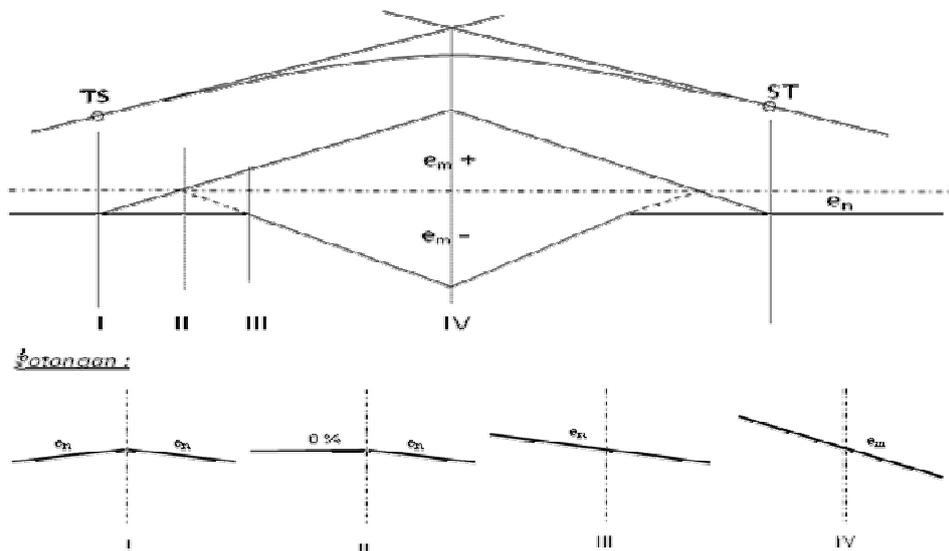
Gambar 2.10 Pencapaian Superelevasi Tikungan *full circle*

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

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Gambar 2.11

Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-circle-Spiral*

c) Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Gambar 2.12

Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral* (SS)

## d) Penentuan Trase Jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagaian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakaiannya. Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut:

## 1) Syarat Ekonomis

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

## 2) Syarat teknis

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

### 2.4.3 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu-lintas ditikungan dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tepat pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung untuk keluar lajur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung dari ukuran kendaraan.

Penentuan lebar pelebaran jalur lalu lintas ditikungan ditinjau dari elemen-elemen : keluar lajur (*off tracking*) dan kesukaran dalam mengemudi ditikungan.

Kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, seringkali tidak dapat mempertahankan lintasannya pada jalur yang disediakan. Hal ini disebabkan karena :

- a. Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasannya roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- b. Jarak lintasan kendaraan tidak lagi berimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
- c. Pengemudi akan mengalami kesulitan dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan yang tajam atau pada kecepatan-kecepatan tinggi.

Untuk menghindari hal-hal tersebut diatas maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan yang diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan

kendaraan, jenis, dan ukuran kendaraan rencana yang akan dipergunakan sebagai jalan perencanaan.

Pada umumnya truck tunggal sebagai dasar penentuan tambahan lebar perkerasan yang dibutuhkan. Tetapi pada jalan-jalan dimana banyak dilewati kendaraan berat, jenis kendaraan semi trailer merupakan kendaraan yang cocok dipilih untuk kendaraan rencana.

Tentu saja pemilihan jenis kendaraan rencana ini sangat mempengaruhi kebutuhan akan pelebaran perkerasan dan biaya pelaksanaan jalan tersebut. Pelebaran perkerasan pada tikungan sangat bergantung pada jari-jari tikungan, sudut tikungan dan kecepatan rencana. Dalam peraturan perencanaan geometrik jalan raya, mengenai hal ini dirumuskan :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b \dots\dots\dots 2.46$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25} \dots\dots\dots 2.47$$

$$Z = \frac{0,105 \times V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots 2.48$$

$$B_t = n ( B + C ) + Z \dots\dots\dots 2.49$$

$$\Delta b = B_t - B_n \dots\dots\dots 2.50$$

Dimana

$R_c$  = Radius lajur sebelah dalam

$B_n$  = Lebar total perkerasan pada bagian lurus

$Z$  = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan

$V$  = Kecepatan (km/jam)

$R$  = Radius lengkung (m)

$n$  = Jumlah lajur

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

$C$  = Lebar kebebasan samping dikiri dan kanan kendaraan

$\Delta b$  = Tambahan lebar perkerasan di tikungan

$b$  = lebar kendaraan rencana

#### 2.4.4 Daerah Bebas Samping di Tikungan

Jarak pandang pengemudi pada lengkung horizontal ( di tikungan ), adalah pandangan bebas pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan ( daerah bebas samping ). ( Shirley L.Hendarsin, 2000 )

- a. Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga  $J_h$  dipenuhi.
- b. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang.

#### 2.5 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perencanaan elevasi sumbu jalan pada setiap titik yang ditinjau, berupa profil memanjang. (Shirley L.Hendarsin, 2000)

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cembung atau lengkung cekung.

Pada perencanaan alinyemen vertikal terdapat kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga kombinasinya berupa lengkung cembung dan lengkung. Disamping kedua lengkung tersebut terdapat pula kelandaian = 0 (datar).

Kalau pada alinyemen horizontal bagian yang kritis adalah pada tikungan, maka pada alinyemen vertikal bagian kritis justru pada bagian lurus. Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertikal adalah:

- a) Bila memungkinkan diusahakan agar pada bagian lengkung horizontal (tikungan) tidak terjadi adanya lengkung vertikal ( tanjakan dan turunan).
- b) *Grade* ( kemiringan memanjang ) min = 0,5 %
- c) *Grade* ( kemiringan memanjang) maximum dibatasi oleh panjang kritisnya dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.17 Panjang Kritis

GRADE (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	170	150	135	150	120

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

- d) Penentuan elevasi jalan rencana harus memperhatikan kemungkinan terjadinya galian dan timbunan serta volume galian dan timbunan diusahakan sama sejauh kriteria perencanaan terpenuhi.

Alinyemen vertikal terdiri atas bagian landai vertikal dan bagian lengkung vertikal. Ditinjau dari titik awal perencanaan, bagian landai vertikal dapat berupa landai positif (tanjakan), atau landai negatif (turunan), atau landai nol (datar). Bagian lengkung vertikal dapat berupa lengkung cekung atau lengkung cembung.

### 2.5.1 Landai Maksimum dan Panjang Landai Maksimum

- Kelandaian maksimum dimaksudkan untuk memungkinkan kendaraan bergerak terus tanpa kehilangan kecepatannya yang berarti.
- Kelandaian maksimum didasarkan pada kecepatannya truk yang bermuatan penuh yang mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh kecepatannya semula tanpa harus menggunakan gigi rendah.
- Kelandaian maksimum untuk berbagai VR ditetapkan dapat dilihat dalam tabel 2.17.

Tabel 2.18 Kelandaian Maksimum

GRADE (%)	120	110	100	80	60	50	40	<40
Panjang Kritis (m)	3	3	4	5	8	9	10	10

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

- d. Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian sehingga penurunan

kecepatan tidak lebih dari separuh  $V_R$ . Lama perjalanan tersebut ditetapkan lebih dari satu menit.

e. Panjang kritis dapat ditetapkan dari tabel :

Tabel 2.19 Panjang Kritis

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

(sumber :Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga, 1997).

### 2.5.2 Lengkung Vertikal

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

- a. Lengkung vertikal harus disediakan pada setiap lokasi yang mengalami perubahan kalandaian dengan tujuan :
  - 1) Mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian.
  - 2) Menyediakan jarak pandang henti.
- b. Panjang lengkung vertikal bisa ditentukan langsung sesuai tabel 2.19 yang didasarkan pada penampilan, kenyamanan, dan jarak pandang.

Tabel 2.20 Panjang Lengkung Vertikal

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

(sumber :TPGJAK, No.38/T/BM/ 1997).

Rumus-rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal adalah :

$$g = \left( \frac{\text{elevasi awal} - \text{elevasi akhir}}{STA \text{ awal} - STA \text{ akhir}} \right) \times 100\% \dots\dots\dots 2.51$$

$$A = g1 - g2 \dots\dots\dots 2.52$$

$$Jh = \frac{V_r}{3.6} T + \frac{\left(\frac{V_r}{3.6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots 2.53$$

$$Ev = \frac{AxLv}{800} \dots\dots\dots 2.54$$

$$x = \frac{Lv \cdot g1}{A} \dots\dots\dots 2.55$$

$$y = \frac{ax\left(\frac{1}{4Lv}\right)^2}{200xLv} \dots\dots\dots 2.56$$

Panjang Lengkung Vertikal ( Lv )

a. Syarat keluwesan bentuk

$$Lv = 0,6 \times V \dots\dots\dots 2.57$$

b. Syarat drainase

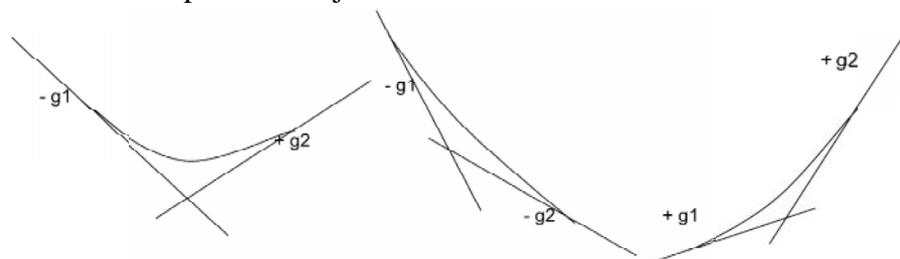
$$Lv = 40 \times A \dots\dots\dots 2.58$$

c. Syarat kenyamanan

$$Lv = \frac{AxV^2}{390} \dots\dots\dots 2.59$$

1) Lengkung Vertikal Cekung

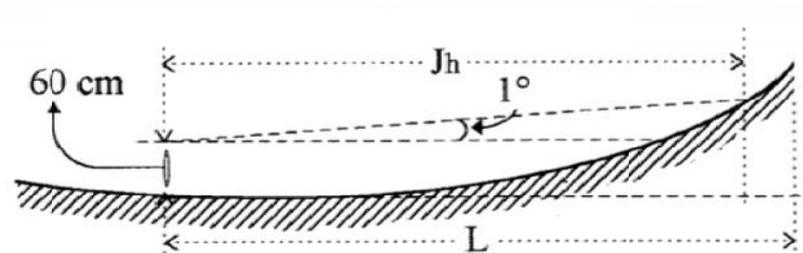
Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cekung

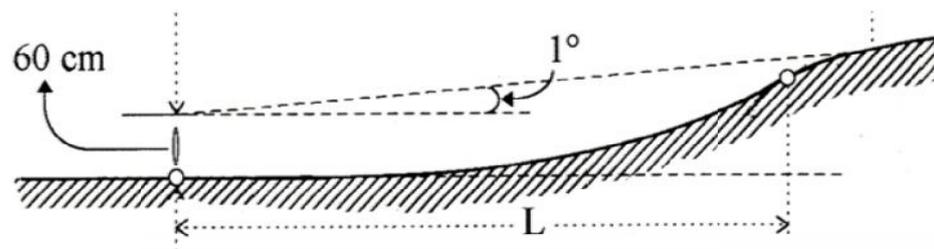
Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal ( $L$ ), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu :

- Jarak sinar lampu besar dari kendaraan ( Gambar 2.14 dan 2.15 )
- Kenyamanan pengemudi
- Ketentuan drainase
- Penampilan secara umum



Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Gambar 2.14 Untuk  $J_h < L$

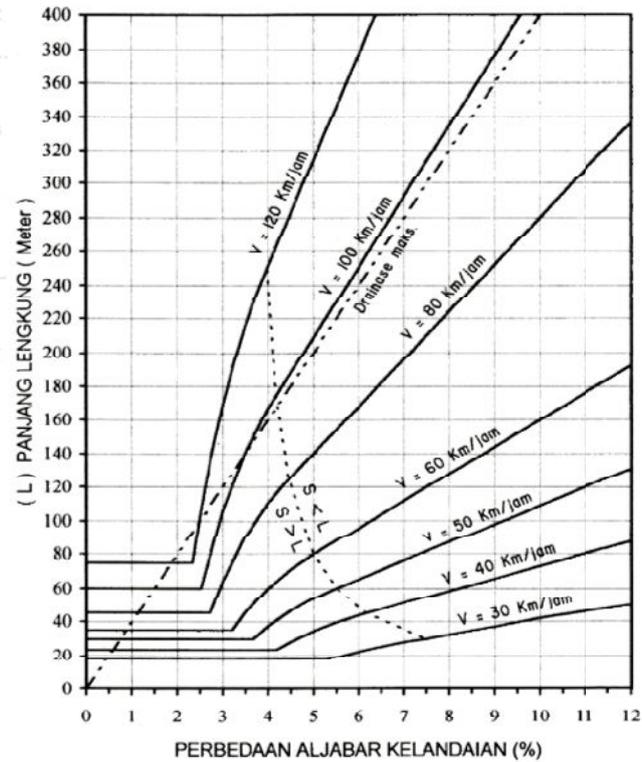


Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Gambar 2.15 Untuk  $J_h > L$

Untuk kontrol pada perencanaan

$F_p = 0,35-0,55$ ,  $h_1 = 1,05\text{m}$ ,  $h_2 = 0,15\text{m}$ ,  $T = 2,5$  det

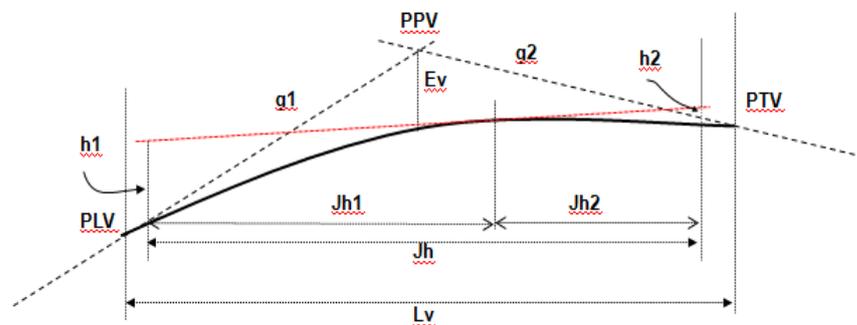


(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

## 2) Lengkung Vertikal Cembung

Adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada diatas permukaan jalan.



Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000

Gambar. 2.17 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan :

PLV = Titik awal lengkung parabola.

PPV = Titik Perpotongan Kelandaian  $g_1$  dan  $g_2$

PTV = Titik akhir lengkung parabola

$g$  = Kemiringan tangen ; (+) naik ; (-) turun

= Perbedaan aljabar landai (  $g_1 - g_2$  ) %

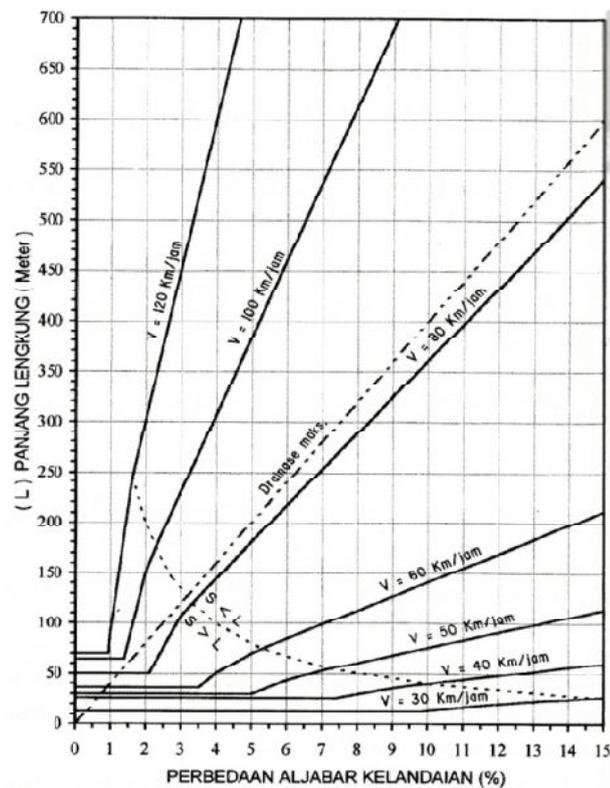
$E_v$  = Pergeseran vertikal titik tengah busur lingkaran (PVI - m )

$L_v$  = Panjang lengkung vertikal

$V$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$J_h$  = Jarak pandang henti

$f$  = Koefisien gesek memanjang menurut Bina Marga,  $f = 0,35$



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

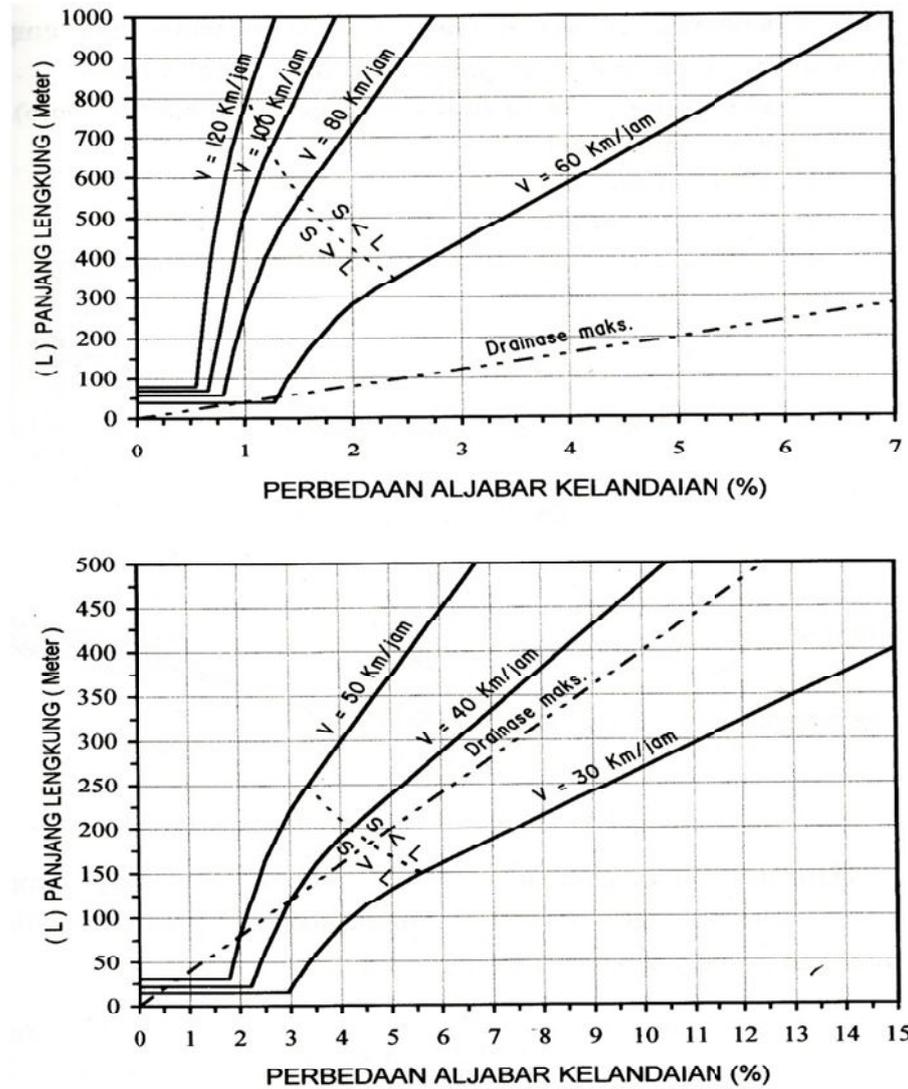
Gambar 2.18

Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang

Henti ( $J_h$ )

Untuk kontrol pada perencanaan

$$h_1 = 1,05\text{m}, h_2 = 1,05\text{ m}$$



(Sumber : Shirley L. Hendarsin, 2000)

Gambar 2.19

Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului ( $J_d$ )

### 2.5.3 Perencanaan Galian dan Timbunan

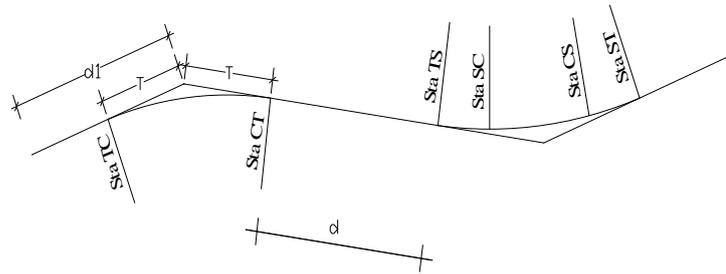
Dalam perencanaan jalan raya diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasi alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan, antara lain :

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

### 2.5.4 *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (STA jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap STA jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- a. Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok STA merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b. Sistem penomoran jalan pada tikungan dapat dilihat pada gambar 2.20



Sumber : Autocad 2007

Gambar 2.20 Sistem Penomoran Jalan

## 2.6 Perencanaan Perkerasan

Perkerasan jalan lapisan atas jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

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

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

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

### b. Perkerasan Lentur (*flexible Pavement*)

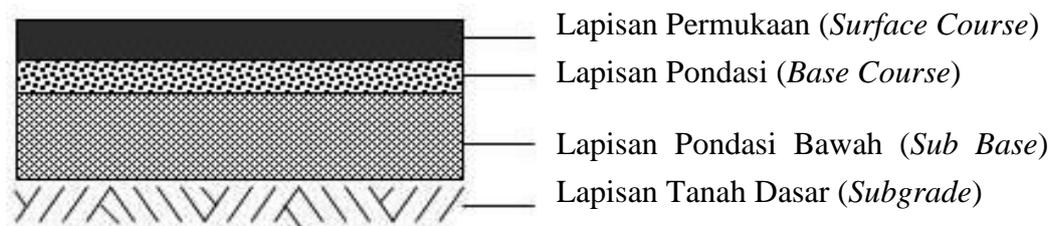
Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang sifat tidak kaku/lentur.

### c. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

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

### 2.6.1 Jenis Perkerasan dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Konstruksi perkerasan terdiri dari:



Sumber : Perencanaan Tebal Perkerasan Menggunakan Metode MAK

Gambar 2.21 Lapisan Perkerasan Lentur

#### a. Lapisan Permukaan (*surface Course*)

Lapisan permukaan merupakan lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

##### 1) Struktural

Ikut mendukung dan menyebarkan beban kendaraan yang diterima oleh perkerasan, baik beban vertikal maupun beban horizontal ( gaya geser). Untuk ini persyaratan yang dituntut ialah kokoh, dan stabil.

##### 2) Non struktural

- a) Lapis kedap air, mencegah masuknya air kedalam lapisan perkerasan yang ada dibawahnya.
- b) Menyediakan permukaan yang tetap rata, agar kendaraan dapat berjalan dan memperoleh kenyamanan yang cukup.
- c) Membentuk permukaan yang tidak licin, sehingga tersedia koefisien gerak (*skid resistance* ) yang cukup, untuk menjamin tersedianya keamanan lalu lintas.
- d) Sebagai lapisan aus, yaitu lapis yang dapat aus yang selanjutnya dapat diganti dengan yang baru. (Ir. Suprpto Tm, M.Sc., 2004)

Untuk memenuhi fungsi diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

**b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)**

Lapisan pondasi atas merupakan bagian dari perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah ( atau dengan tanah apabila tidak menggunakan lapis pondasi bawah ). (Ir. Suprpto Tm, M.Sc., 2004).

Fungsi lapisan ini adalah :

- 1) Lapis pendukung bagi lapis permukaan.
- 2) Pemikul beban horizontal dan vertikal
- 3) Lapis perkerasan bagi lapis pondasi bawah

**c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)**

Lapisan pondasi bawah merupakan lapisan kedua dalam yang menyebarkan beban yang diperoleh dari lapisan yang diatas seperti kerikil alam (tanpa proses). (Ir. Suprpto Tm, M.Sc., 2004)

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah:

- 1) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- 2) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- 3) Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- 4) Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

#### **d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)**

Tanah dasar (*Subgrade*) adalah permukaan tanah semula, permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan tanah dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. (Ir. Suprpto Tm, M.Sc., 2004)

Tanah dasar ini dapat berbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbunan yang dipadatkan (pada daerah urugan).

Mutu dan daya tahan konstruksi perkerasan tak lepas dari sifat tanah dasar. Tanah dasar yang baik untuk konstruksi perkerasan jalan adalah tanah dasar yang berasal dari lokasi itu sendiri serta kemampuan mempertahankan perubahan volume selama masa pelayanan walaupun terdapat perbedaan kondisi lingkungan dan jenis tanah setempat. Sifat masing-masing tanah tergantung dari tekstur, kadar air dan kondisi lingkungan.

#### **2.6.2 Perencanaan Tebal Perkerasan**

Terdapatnya banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenakan adalah :

##### 1) Metode AASHTO, Amerika Serikat

Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1968 yang dapat dibaca pada buku "*AASHTO-Guide For Design of Pavement Structure, 1986*".

##### 2) Metode NAASRA, Austria

Yang dapat dibaca "*Interin Guide to Pavement Thicknecx Design*".

##### 3) Metode *Road Note 29 dan Road Note 21*

*Road Note 29* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.

4) Metode Asphalt Institute

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highway and streets, MS-1*.

5) Metode Bina Marga, Indonesia

Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

### 2.6.3 Tahapan dalam Mendesain Tebal Perkerasan

Adapun tahapan-tahapan tersebut antara lain :

- a. Menentukan nilai LHR setiap jenis kendaraan pada awal dan akhir umur rencana.

$$LHR_n = LHR (1+i)^n \dots\dots\dots 2.60$$

Dimana :

N = Umur rencana jalan

i = Angka pertumbuhan lalu lintas, (%)

- b. Menghitung Lintasan Ekuivalen Permulaan (LEP).

$$LEP = \sum_{mp}^{ir} LHR (1+i)^n . C . E \dots\dots\dots 2.61$$

Dimana:

C = Koefisien distribusi kendaraan

E = Angka ekuivalen setiap kendaraan

Untuk menentukan koefisien distribusi kendaraan (C) yang lewat pada jalur rencana dapat ditentukan pada tabel 2.20

Tabel 2.21 Koefisien Distribusi Kendaraan (C)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan *)		Kendaraan Berat **)	
	1 Arah	2 Arah	1Arah	2 Arah
1 Jalur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 Jalur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 Jalur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 Jalur	-	0,30	-	0,45
5 Jalur	-	0,25	-	0,425
6 Jalur	-	0,20	-	0,40

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan : \*) Berat total <5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran

\*\*\*) Berat total ≥ 5 ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi trailer, trailer.

c. Menghitung Lintasan Ekivalen Akhir ( LEA )

$$LEA = \sum_{mp}^{ir} LHR (1 + i)^n . C . E \dots \dots \dots 2.62$$

Dimana :

C = Koefisien distribusi kendaraan

E = Angka ekivalen setiap kendaraan

d. Menghitung Lintasan Ekivalen Tengah (LET)

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \dots \dots \dots 2.63$$

e. Menghitung lintasan Ekivalen Rencana ( LER)

$$LET = LET . \frac{UR}{10} \dots \dots \dots 2.64$$

f. Mencari Daya Dukung Tanah Dasar (DDT) dan CBR

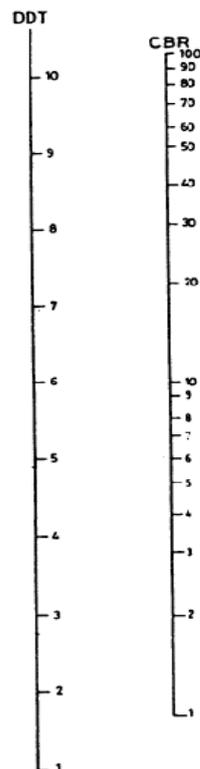
Daya dukung tanah dasar (DDT) ditetapkan grafik korelasi. Yang dimaksud dengan harga CBR disini adalah harga CBR lapangan atau CBR laboratorium. Jika digunakan CBR lapangan maka pengambilan contoh tanah dasar dilakukan dengan tabung (undisturb), kemudian direndam dan diperiksa harga CBR-nya. Dapat juga mengukur langsung

dilapangan (musim hujan/direndam). CBR lapangan biasanya digunakan untuk perencanaan lapis tambahan (overlay). Jika dilakukan menurut pengujian Kepadatan Ringan (SKBI 3.3.30.1987/UDC.624.131.43 (02) atau Pengujian Kepadatan Berat (SKBI: 3.3.30.1987/UDC. 624.131.53 (02) sesuai dengan kebutuhan.

g. Faktor Regional (FR)

Keadaan lapangan mencakup permeabilitas tanah, perlengkapan drainase, bentuk alinyemen serta persentase kendaraan berat 13 ton, dan kendaraan yang berhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan rata-rata yang terhenti, sedangkan keadaan iklim mencakup curah hujan per tahun.

Adapun korelasi antara DDT dan CBR



Catatan : Hubungan nilai CBR dengan garis mendatar sebelah kiri diperoleh nilai DDT

Sumber: *Petunjuk Tebal Perkerasan Lentur Metode MAK*

Gambar 2.22 Korelasi DDT dan CBR

Mengingat persyaratan penggunaan disesuaikan dengan “Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya” edisi terakhir, maka pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permaabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian dalam penentuan tebal perkerasan ini. Faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk alinyemen (kelandaian dan tikungan), persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim (curah hujan) sebagai berikut.

Tabel 2.22 Faktor Regional (FR)

	Kelandaian I		Kelandaian II		Kelandaian III	
	(< 6 %)		(6 – 10 %)		(> 10 %)	
	% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat		% Kendaraan Berat	
	30 %	> 30 %	30 %	> 30 %	30 %	> 30 %
Iklm I < 900 mm/th	0,5	1,0 - 1,5	1,0	1,5 - 2,0	1,5	2,0 - 2,5
Iklm II > 900 mm/th	1,5	2,0 - 2,5	2,0	2,5 - 3,0	2,5	3,0 - 3,5

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan : Pada bagian-bagian jalan tertentu, seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam (jari-jari 30 m) FR ditambah 0,5. Pada daerah rawa-rawa FR ditambah 1,0

#### h. Indeks Permukaan (IP)

Indeks permukaan ini menyatakan nilai dari pada kerataan atau kehalusan serta kekokohan permukaan yang berkaitan dengan tingkat pelayanan bagi lalu lintas yang lewat. Adapun beberapa nilai IP beserta artinya adalah seperti yang tersebut dibawah ini :

IP = 0 menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga sangat mengganggu lalu lintas kendaraan.

IP = 1,5 adalah tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin (jalan tidak putus).

IP = 2,0 adalah tingkat pelayanan terendah bagi jalan yang masih mantap

Dalam menentukan indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.22, sedangkan untuk menentukan indeks permukaan pada awal umur rencana (IPo) dapat dilihat pada tabel 2.23.

Tabel 2.23 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 - 1,5	1,5	1,5 - 2,0	-
10 – 100	1,5	1,5 - 2,0	2,0	-
100 – 1000	1,5 - 2,0	2,0	2,0 - 2,5	-
> 1000	-	2,0 - 2,5	2,5	2,5

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Catatan : Pada proyek penunjang jalan, JAPAT / jalan murah, atau jalan darurat maka IP dapat diambil 1,0.

Tabel 2.24 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (Ipo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo	Roughness (mm/km)
LASTON	4	1000
	3,9 – 3,5	> 1000
LASBUTAG	3,9 – 3,5	2000
	3,4 – 3,0	> 2000
HRA	3,9 – 3,5	2000
	3,4 – 3,0	> 2000
BURDA	3,9 – 3,5	< 2000
BURTU	3,4 – 3,0	< 2000
LAPEN	3,4 – 3,0	3000
	2,9 – 2,5	> 3000
LATASBUM	2,9 – 2,5	
BURAS	2,9 – 2,5	
LATASIR	2,9 – 2,5	
JALAN TANAH	24	
JALAN KERIKIL	24	

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

Dimana :

LASTON (Lapis Aspal Beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal keras, yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu

LASBUTAG merupakan campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan peremaja dan filler (bila diperlukan) yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan secara dingin.

HRA (Hot Rolled Asphalt) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

BURDA (Laburan Batu Dua Lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal ditaburi agregat yang dikerjakan dua kali secara berurutan. Tebal maksimum 35 mm.

BURTU (Laburan Batu Satu Lapis) merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam. Tebal maksimum 20 mm.

LAPEN (Lapis Penetrasi Macadam) merupakan suatu lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dengan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis dan apabila akan digunakan sebagai lapis permukaan perlu diberi laburan aspal dengan batu penutup.

BURAS (Laburan Aspal) merupakan lapis penutup terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 9,6 mm atau 3/8 inch.

LATASIR (Lapis Tipis Aspal Pasir) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran pasir dan aspal keras yang dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

i. Menetapkan tebal perkerasan

$$ITP = (a_1 \cdot D_1) + (a_2 \cdot D_2) + (a_3 \cdot D_3) \dots \dots \dots 2.65$$

Dimana :

a = Koefisien kekuatan relatif bahan perkerasan

D = Tebal masing-masing perkerasan (cm)

Untuk menentukan tebal masing-masing lapis perkerasan dapat menggunakan bahan ditunjukkan pada tabel 2.24.

Tabel 2.25 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	MS (kg)	Kt (kg/cm)	CBR (%)	
0,40			744			Laston
0,35			590			Asbuton/Lasbutag
0,32			454			
0,30			340			
0,35			744			
0,31			590			<i>Hot Rolled Asphalt</i> Aspal Macadam Lapen ( mekanis ) Lapen ( manual )
0,28			454			
0,26			340			
0,30			340			
0,26			340			Laston Atas
0,25						
0,20						
	0,28		590			
	0,26		454			Lapen ( mekanis ) Lapen ( manual ) Stab. tanah dengan semen
	0,24		340			
	0,23					
	0,19			22		
	0,15			18		Stabilitas tanah dengan kapur Pondasi macadam ( basah ) Pondasi macadam ( kering )
	0,13			22		
	0,15			18		
	0,13				100	
	0,14				60	Batu pecah ( kelas A ) Batu pecah ( kelas B ) Batu pecah ( kelas C )
	0,12				100	
	0,14				80	
	0,13				60	
	0,12				70	Sirtu/pitrun ( kelas A ) Sirtu/pitrun ( kelas B ) Sirtu/pitrun ( kelas C )
		0,13			50	
		0,12			30	
		0,11			20	
		0,10				Tanah/Lempung kepasiran

(Sumber : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

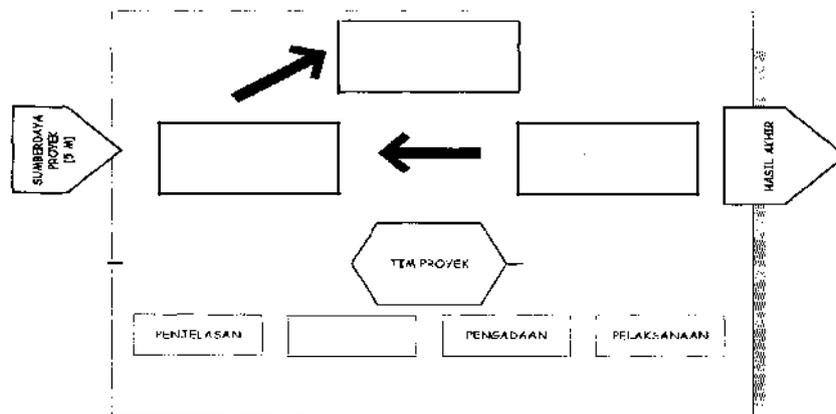
Catatan : Kuat tekan stabilitas tanah dengan semen diperiksa pada hari ke-7

Kuat tekan stabilitas tanah dengan kapur diperiksa pada hari ke -21

## 2.7 Manajemen Proyek

Definisi manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. (Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi)

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.



Sumber : ( Wulfram I. Ervianto, Manajemen Proyek Konstruksi )

Gambar 2.23 Sistem Manajemen Proyek

### 2.7.1 Produksi Kerja Alat Berat

Alat-alat berat sebagai aset perusahaan, harus mempunyai daya guna yang tinggi, kondisi yang bagus, dan selalu siap operasi dengan biaya rendah. Untuk memenuhi kriteria tersebut tidaklah mudah perlu usaha-usaha yang proaktif dan profesional didalam mengelolanya. Dimulai dari pemilihan, pengoperasian, perawatan dan pembinaan operator mekanik, semua direncanakan secara *comprehensive* dengan mempertimbangkan aspek ekonomi, teknologi, lingkungan, sumber daya manusia serta aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3). (Djoko Wilopo, Metode Konstruksi dan Alat-alat Berat,2009).

### 2.7.2 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 standar yang sama. Penggunaan daftar upah ini juga merupakan pedoman untuk menghitung perencanaan anggaran biaya pekerjaan dan upah yang dipakai kontraktor. Adapun harga satuan dan upah adalah harga yang termasuk pajak-pajak.

Tabel 2.26 Harga Upah Pekerjaan

No	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp)
1	Kepala Tukang	OH	121.000,00
2	Tukang	OH	99.000,00
3	Mandor	OH	121.000,00
4	Pekerja Tidak Terlatih	OH	71.500,00
5	Pekerja Terlatih	OH	82.500,00
6	Masinis	OH	82.500,00
7	Operator	OH	165.000,00
8	Sopir	OH	110.000,00
9	Pembantu Operator	OH	82.500,00
10	Supervisor	OH	82.500,00
11	Pemasak Aspal	OH	49.000,00
12	Penjaga	OH	44.000,00
13	Pembantu Sopir	OH	82.500,00
14	Mekanik	OH	148.000,00
15	Surveyor	OH	82.500,00

Sumber : Data 2014

### 2.7.3 Analisa Satuan Harga Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan ialah jumlah 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 dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah.

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

Tabel 2.27 Harga Alat Berat

No	Nama Alat	Tipe	Harga
1	Excavator	235 CTA	865.555.000,00
2	Bulldozer	D9N/SU	916.470.000,00
3	Dump Truck	769 C	302.536.930,00
4	Wheel Loader	937 B	574.321.200,00
5	Motor Grader	14 G	688.370.800,00
6	Water Tank Truck	408 B	106.921.500,00
7	Tandem Roller	CB 434	1.217.301.278,00
8	Vibratory Roller	E 19	935.601.311,00
9	Asphalt Sprayer	E03	88.592.100,00
10	Asphalt Finisher	E02	2.245.351.500,00
11	Pneumatic Tire Roller	8-10 T	916.470.000,00
12	Asphalt Mixing Plan	E01	3.192.370.500,00

Sumber : Data 2014

Tabel 2.28 Harga Bahan

No	Uraian	Satuan	Harga Dasar (Rp)
1	Kayu Dolken 8x10x400	Batang	10.208,00
2	Kayu Kelas IV	m <sup>3</sup>	1.650.000,00
3	Paku Biasa 2” – 5”	Kg	16.500,00
4	Seng Gelombang	m <sup>1</sup>	8.167,50
5	Agregat Base Kelas A	m <sup>3</sup>	392.955,89
6	Agregat Base Kelas B	m <sup>3</sup>	257.850,28
7	Pasir Halus	m <sup>3</sup>	80.000,00
8	Pasir Urug	m <sup>3</sup>	65.000,00
9	Pasir Pasang	m <sup>3</sup>	92.500,00
10	Filler	Kg	1.375,00
11	Aspal	Kg	13.200,00
12	Minyak Tanah	Liter	10.640,00
13	Gorong-gorong	Buah	200.000,00
14	Portland Cement	Kg	1.375,00
15	Bensin	Liter	9.600,00
16	Solar	Liter	11.125,00
17	Minyak Pelumas	Liter	23.500,00

Sumber : Data 2014

#### 2.7.4 Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan ialah 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 mengkombinasi alinyemen vertikal dan horizontal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan, antara lain :

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

### **2.7.5 Perhitungan Rencana anggaran Biaya**

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

### **2.7.6 Rekapitulasi Biaya**

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikannya dengan harga satuan upah yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya dan waktu pelaksanaannya. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahan-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

### **2.7.7 Rencana Kerja (*Time Schedule*)**

Sebelum pelaksanaan kegiatan proyek konstruksi dimulai, biasanya didahului dengan penyusunan rencana kerja waktu kegiatan yang disesuaikan dengan metoda konstruksi yang akan digunakan. Pihak pengelolah proyek melakukan kegiatan pendataan lokasi proyek guna mendapatkan informasi detail untuk keperluan penyusunan rencana kerja.

Rencana Kerja (*Time Schedule*) adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi.

Dalam penyusunan rencana kerja, perlu dipertimbangkan beberapa hal sebagai berikut

- a. Keadaan lapangan lokasi proyek, hal ini dilakukan untuk memperkirakan hambatan yang mungkin timbul selama pelaksanaan pekerjaan.
- b. Kemampuan tenaga kerja, informasi detail tentang jenis dan macam kegiatan yang berguna untuk memperkirakan jumlah dan jenis tenaga kerja yang disediakan.
- c. Pengadaan material konstruksi, harus diketahui dengan pasti macam, jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pelaksanaan pembangunan. Pemilihan jenis material yang akan digunakan harus dilakukan di awal proyek, kemudian dipisahkan berdasarkan jenis material yang memerlukan waktu untuk pengadaan, misalnya material pabrikasi biasanya tidak dapat dibeli setiap saat, tetapi memerlukan sejumlah waktu untuk kegiatan proses produksi.

Manfaat dan kegunaan penyusunan rencana kerja antara lain :

- a. Alat koordinasi bagi pemimpin, dengan menggunakan rencana kerja, pimpinan pelaksanaan pembangunan dapat melakukan koordinasi semua kegiatan yang ada di lapangan.
- b. Sebagai pedoman kerja para pelaksana, rencana kerja merupakan pedoman terutama dalam kaitannya dengan batas waktu yang telah ditetapkan untuk setiap item pekerjaan.
- c. Sebagai penilaian kemajuan pekerjaan, ketetapan waktu dari setiap item kegiatan di lapangan dapat dipantau dari rencana pelaksanaan dengan realisasi pelaksanaan di lapangan.
- d. Sebagai evaluasi pekerjaan, variasi yang ditimbulkan sebagai bahan evaluasi untuk menentukan rencana selanjutnya.

Adapun jenis rencana kerja yang sering kita temukan diproyek antara lain:

a. Bagan Balok (*Barchart*)

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan waktu skala waktu.

b. Kurva S

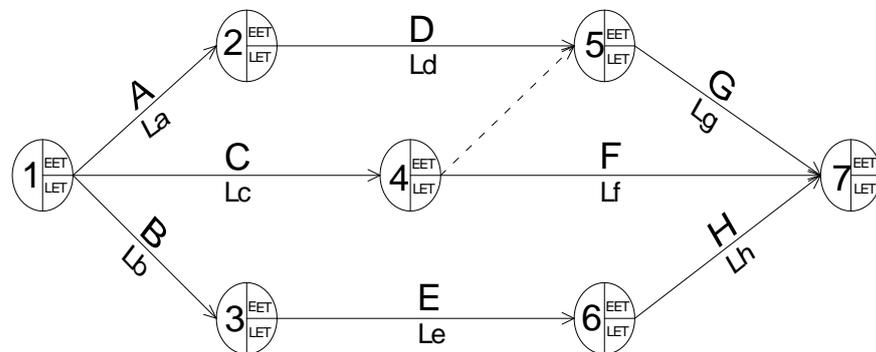
Kurva S adalah kurva yang menggambarkan komulatif *progress* pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dilihat dari kurva S dan dapat dibandingkan dengan keadaan dilapangan.

c. Jaringan Kerja / *Network Planning* (NWP)

NWP adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan dan pekerjaan mana yang dapat menunggu.

Adanya kegunaan NWP ini adalah :

- 1) Merencanakan, *Scheduling* dan mengawasi proyek secara logis.
- 2) Memikirkan secara menyeluruh, tetapi secara mendetail dari proyek.
- 3) Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *Scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu.
- 4) Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.24 Sketsa *Network Planning*

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- 1)  $\longrightarrow$  (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resource tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan pekerjaan.
- 2)  $\bigcirc$  (*Note / event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- 3)  $\Longrightarrow$  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
- 4)  $\cdots\longrightarrow$  (*Dummy*), bentuknya anak panah terputus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas aktifitas yang tidak menekankan waktu.
- 5)  $\bigcirc$ 

A	B
C	

 A = Nomor kejadian  
B = EET (*Earliest Event Time*), waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kegiatan yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

$C = \text{LET}$  ( *Laetest Event Time* ), waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.