

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Arti dan Tujuan Perencanaan Geometrik**

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. Tujuan dari perencanaan geometrik adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan/ biaya pelaksanaan.

### **2.2 Ketentuan dalam Perencanaan Geometrik Jalan**

Ketentuan-ketentuan dasar ini merupakan syarat batas sehingga penggunaannya harus dibatasi sedikit mungkin agar dapat menghasilkan jalan yang optimal.

#### **2.2.1 Klasifikasi jalan**

Berdasarkan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (1970), klasifikasi jalan terbagi menjadi :

1. Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

- a. Jalan Arteri
- b. Jalan Kolektor
- c. Jalan Lokal
- d. Jalan Lingkungan

a. Jalan Arteri

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

b. Jalan Kolektor

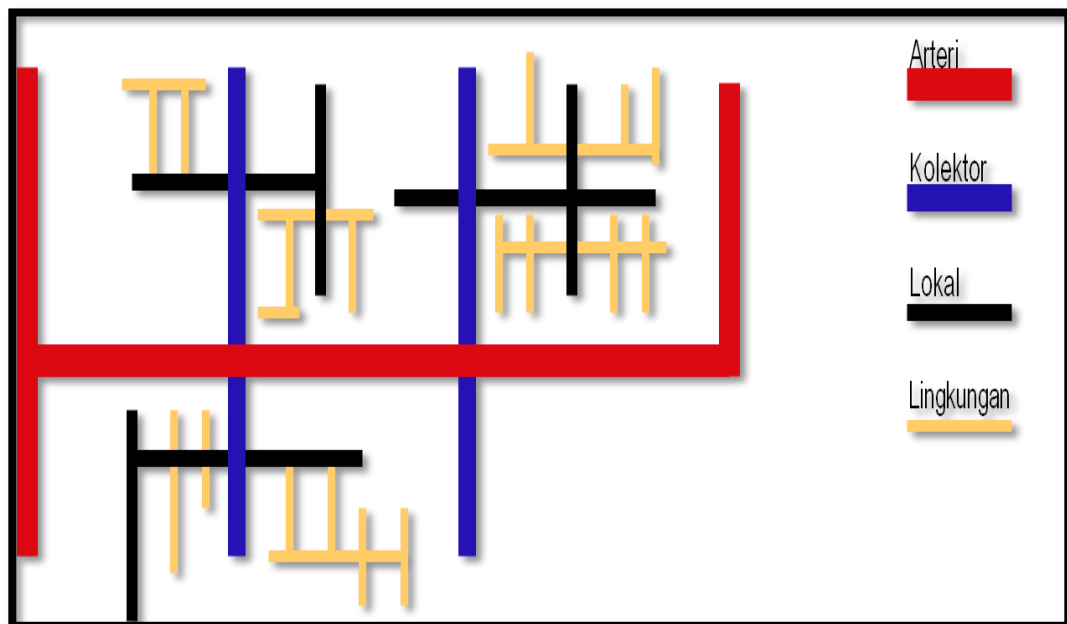
Jalan Kolektor adalah Jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi,

c. Jalan Lokal

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

d. Jalan Lingkungan

Jalan Lingkungan adalah Jalan angkutan lingkungan ( jarak pendek ,kecepatan rendah ).



Gambar 2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut fungsi Jalan

Fungsi Jalan	Sistem Jaringan Jalan	Persyaratan Teknis
Jalan Arteri	Primer	Jalan Arteri Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 60 km/jam dengan lebar minimum 11 m.
	Skunder	Jalan Arteri Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 30 km/jam dengan lebar minimum 11 m.
Jalan Kolektor	Primer	Jalan Kolektor Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 40 km/jam dengan lebar minimum 9 m.
	Skunder	Jalan Kolektor Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 20 km/jam dengan lebar minimum 9 m.
Jalan Lokal	Primer	Jalan Lokal Primer didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 20 km/jam dengan lebar minimum 6,5 m.
	Skunder	Jalan Lokal Sekunder didisain berdasarkan kecepatan rencana minimum 10 km/jam dengan lebar minimum 6,5 m. Jalan Lokal Sekunder yang tidak diperuntukkan bagi kendaraan bermotor beroda 3 atau lebih harus mempunyai lebar minimum 3,5 m.
Jalan Lingkungan		Tidak diatur dalam PP tentang Jalan.

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

## 2. Klasifikasi menurut kelas jalan

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

kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 11.1 (Pasal 11, PP. No.43/1997).

Tabel 2.2 Klasifikasi 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 III B	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan dalam LHR

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalulintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 2.000
3.	Jalan penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

Klasifikasi jalan menurut kelas jalan dibedakan menjadi 3 yaitu :

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani arus lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya mengabaikan jenis kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor. Konstruksi yang dipakai dari jenis yang terbaik dalam artian tinggi tingkatan pelayanan lalu lintas, sehingga

dapat memberikan pelayanan sebaik mungkin. Jalan jenis ini mempunyai sejumlah jalur yang cukup banyak.

b. Kelas II

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintasnya terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya dibagi dalam 3 kelas, yaitu :

1) Kelas II A

Ialah jalan raya sekunder dengan dua jalur atau lebih. Kelas jalan ini melayani lalu lintas yang tingkat kecepatannya sedang dan lambat, juga melayani pula kendaraan tak bermotor. Biasanya konstruksi permukaan jalan ini menggunakan aspal beton (*hotmix*).

2) Kelas II B

Ialah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua jalur. Jalan kelas ini melayani kendaraan cepat atau lambat dan tidak bermotor. Biasanya konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau setaraf.

3) Kelas II C

Ialah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua lajur. Jalan kelas ini melayani kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor, seperti : sepeda motor, kereta dorong, dan kendaraan tak bermotor lainnya. Jalan kelas ini secara umum masih memakai pelaburan aspal biasa atau penetrasi tunggal.

## c. Kelas III

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

## 3. Klasifikasi jalan menurut medan jalan

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

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Golongan Medan	Lereng Melintang (%)
Datar ( D )	< 3
Perbukitan ( B )	3 - 25
Pegunungan ( G )	> 25

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

## 4. Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan.

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah :

- a. Jalan Nasional
- b. Jalan Propinsi
- c. Jalan Kabupaten
- d. Jalan Kotamadya
- e. Jalan Desa
- f. Jalan Khusus

Tabel 2.5 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Status	Keterangan
Jalan Nasional	Jalan arteri dan kolektor yang menghubungkan ibukota Propinsi dan Jalan yang bersifat strategis Nasional.
Jalan Provinsi	Jalan kolektor yang menghubungkan ibu kota Propinsi dengan ibu kota Kabupaten / Kota, atau antar ibu kota kabupaten / kota, Jalan yang bersifat strategis Regional.
Jalan Kabupaten	ibukota kaJalan Lokal yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan, antar ibukota kecamatan dengan Pusat Kegiatan Lokal, antar Pusat Kegiatan Lokal, serta jalan strategis lokal.
Jalan Kota	Jalan Sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam Kota, pusat pelayanan dengan persil, antar persil, menghubungkan antar pusat permukiman dan berada di dalam Kota.
Jalan Desa	Jalan Umum yang menghubungkan kawasan di dalam Desa dan antar permukiman serta jalan lingkungan.
Jalan Khusus	Jalan bukan untuk lalu lintas umum yang peruntukannya bagi kepentingan instansi, badan usaha maupun perorangan atau kelompok masyarakat.

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

### 2.2.2 Parameter perencanaan geometrik jalan

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat beberapa parameter perencanaan yang merupakan penentu tingkat kenyamanan dan keamanan yang dihasilkan oleh suatu bentuk geometrik jalan.

#### 1. Kendaraan Rencana

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

a. Kendaraan ringan / kecil (LV)

Ialah kendaraan bermotor ber as dua dengan empat roda dengan jarak as 2,0 - 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikrobus, *pick up*, dan truk kecil sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

b. Kendaraan sedang (MHV)

Ialah kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 -5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

c. Kendaraan berat / besar (LB - LT)

– Bus besar (LB)

bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak 5,0 – 6,0 m

– Truck besar (MC)

truck tiga gandar dan truck kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama dan gandar kedua) < 3,5 (sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

d. Sepeda motor (MC)

kendaraan bermotor dengan dua atau tiga roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda tiga sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga)

e. Kendaraan tak bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi: sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai dengan sistem klasifikasi Bina Marga).



Tabel 2.6 Dimensi Kendaraan Rencana

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

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

## 2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan pada suatu ruas jalan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, dan lain-lain.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana antara lain:

- a. Kondisi pengemudi dan kendaraan yang bersangkutan
- b. Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- c. Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- d. Cuaca
- e. Adanya gangguan dari kendaraan lain
- f. Batasan kecepatan yang diizinkan

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana, Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Medan 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 No.038/T/BM/1997)

### 3. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas harian rata-rata (VLHR) adalah perkiraan volume lalu lintas harian pada 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.

#### b. Ekivalensi mobil penumpang (emp)

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

Tabel 2.8 Ekivalensi Mobil Penumpang (emp)

No.	Jenis Kendaraan	Datar/ Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep Station wagon	1,0	1,0
2.	Pick up, Bus kecil, Truck kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

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

#### 4. Jarak pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalulintas adalah sebagai berikut :

##### a. Jarak Pandang Henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya. Jarak ini merupakan dua jarak yang ditempuh sewaktu melihat benda hingga menginjak rem dan jarak untuk berhenti setelah menginjak rem.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak yaitu :

##### 1) Jarak tanggap

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

##### 2) Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti 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 No.038/T/BM/1997)

Jarak Pandang Henti (Jh) dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2gf} \dots\dots\dots (2.1)$$

di mana :

VR= kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan 9,8 m/det<sup>2</sup>

f = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35-0,55.

#### b. Jarak Pandang Mendahului ( Jd)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan Vr dapat dilihat pada tabel 2.6 dan 2.7

Tabel 2.10 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

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

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

Tabel 2.11 Panjang jarak Pandang Mendahului berdasarkan Vr

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 No.038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut:

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.2)$$

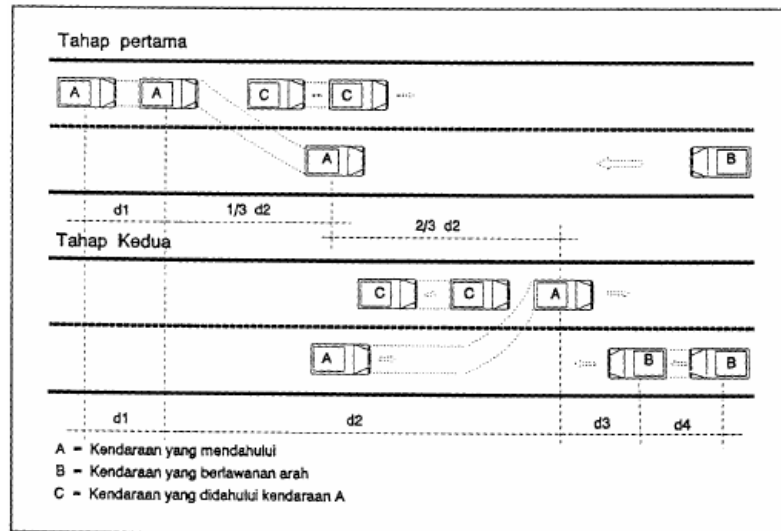
dimana :

d1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m),

d2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m),

d3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m),

d4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan, yang besarnya diambil sama dengan  $213 d_2$  (m).



Gambar 2.1 Jarak Pandang Mendahului

Gambar 2.2 Jarak Pandang Mendahului

## 2.3 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi horizontal dari sumbu jalan tegak lurus bidang peta situasi jalan. Alinyemen horizontal merupakan trase jalan yang terdiri dari :

1. Garis tegak lurus ( garis tangen ), merupakan jalan bagian lurus
2. Lengkung horizontal yang disebut tikungan

### 2.3.1 Penentuan Trase Jalan

Pada perencanaan alinyemen horizontal pada seluruh bagian harus dapat memberikan pelayanan yang sesuai dengan fungsinya serta keamanan dan kenyamanan pemakainya.

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.

### 2.3.2 Bagian lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka panjang maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu  $\leq 2,5$  menit (sesuai  $V_r$ ). Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.12 Panjang Bagian 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 No.038/T/BM/1997*)

### 2.3.3 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Gaya

sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Jari-jari lengkung minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.13.

Tabel 2.13 Panjang Jari-jari Minimum untuk emaks = 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 No.038/T/BM/1997).

2. Bentuk-bentuk 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:

a. Bentuk tikungan *full circle*

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



- 1) Lengkung peralihan
- 2) Kemiringan melintang (superelevasi)
- 3) Pelebaran perkerasan jalan
- 4) Kebebasan samping

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya, 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 2.14.

Tabel 2.14 Jari-Jari Minimum 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 No.038/T/BM/1997).

Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *full circle*, yaitu :

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + f_m)} \dots\dots\dots(2.3)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}}; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots(2.5)$$

$$L_s = \frac{(\theta \cdot \pi \cdot RC)}{90} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$T_c = R \tan \frac{1}{2} \Delta \dots\dots\dots(2.7)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4} \Delta \dots\dots\dots (2.8)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \dots\dots\dots (2.9)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

$T_c$  = Jarak  $T_c$  dan PI ( m )

$R$  = Jari-jari ( m )

$E_c$  = Jarak PI ke busur lingkaran ( m )

$L_c$  = Panjang busur lingkaran ( m )

$L_s$  = Lengkung peralihan fiktif ( m )

$D$  = Derajat lengkung (°)

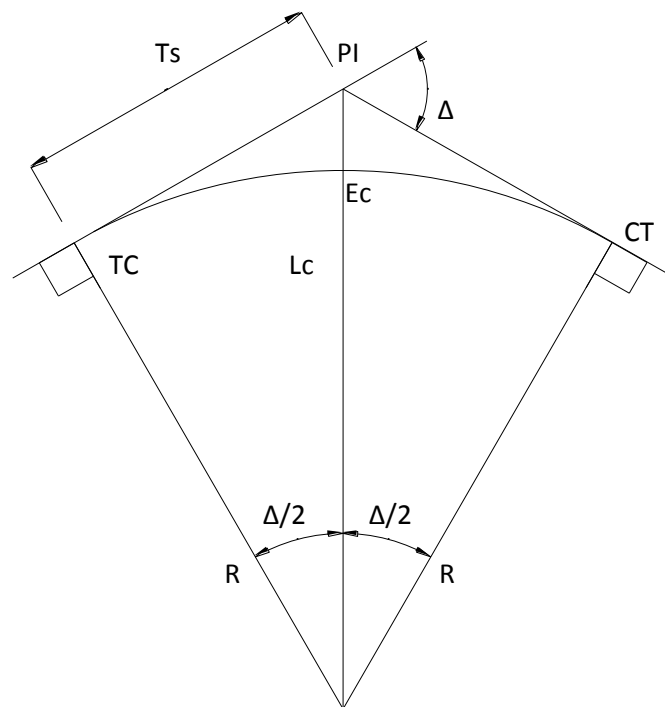
$V$  = Kecepatan ( km/jam )

$B$  = Lebar jalan ( m )

$C$  = Perubahan percepatan ( m )

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

$m$  = Landai relatif =  $2.V + 40$  ( % )



Gambar 2.3 Bentuk Tikungan Full Circle

b. Tikungan *spiral-circle-spiral*

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 :

- Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08
- Rumus-rumus yang digunakan pada tikungan *spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$R_{\min} = \frac{V^2}{127(e_{\max} + fm)} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$D_{\max} = \frac{1432,4}{R_{\min}} ; D = \frac{1432,4}{R} \dots\dots\dots (2.11)$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2_{\max}} \cdot D^2 + \frac{2e_{\max}}{D_{\max}} \cdot D \dots\dots\dots (2.12)$$

$$L_s = \frac{(\theta \cdot \pi \cdot R_c)}{90} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k \dots\dots\dots (2.14)$$

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.15)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots (2.16)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \dots\dots\dots (2.17)$$

$$\Delta = \Delta - 2 \cdot \theta_s \dots\dots\dots (2.18)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen (°)

$T_s$  = Titik perubahan dari tangen ke spiral ( m )

$R$  = Jari-jari ( m )

$E_s$  = Jarak PI ke busur lingkaran ( m )

$L_c$  = Panjang lengkung lingkaran ( m )

$L_s$  = Lengkung peralihan fiktif ( m )

$D$  = Derajat lengkung (°)

$V$  = Kecepatan ( m )

$B$  = Lebar jalan ( m )

$C$  = Perubahan percepatan ( m )

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

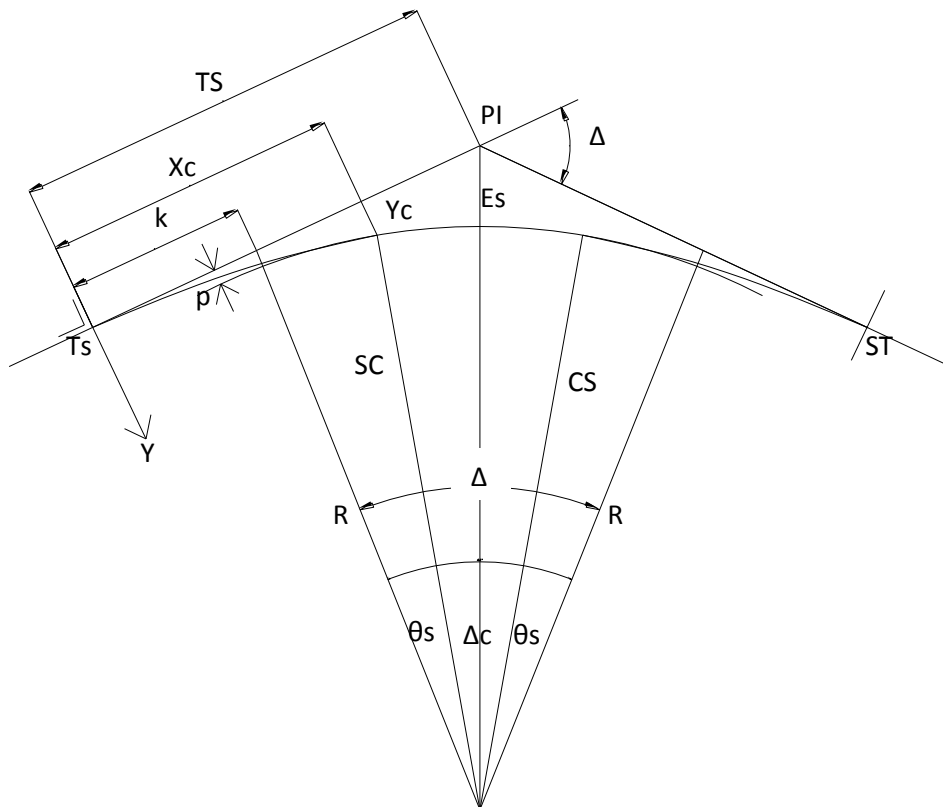
$m$  = Landai relatif =  $2 \cdot V + 40$  ( % )

Kontrol :

$L_c > 20 \text{ m}$

$L > 2 T_s$

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



Gambar 2.4 Bentuk Tikungan Spiral-Circle-Spiral

c. Tikungan *spiral-spiral*

Bentuk tikungan ini digunakan pada tikungan yang tajam.

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

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

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

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

$$L_s = \frac{(\theta \cdot \pi \cdot R_c)}{90} \dots\dots\dots (2.22)$$

$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + k. \dots\dots\dots (2.23)$$

$$E_s = \frac{R + P}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots (2.24)$$

$$L = 2 \cdot L_s. \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

$\Delta$  = Sudut tikungan atau sudut tangen ( $^{\circ}$ )

$T_s$  = Titik perubahan dari tangen ke spiral ( m )

$R$  = Jari-jari ( m )

$E_s$  = Jarak PI ke busur lingkaran ( m )

$L_s$  = Lengkung peralihan fiktif ( m )

$D$  = Derajat lengkung ( $^{\circ}$ )

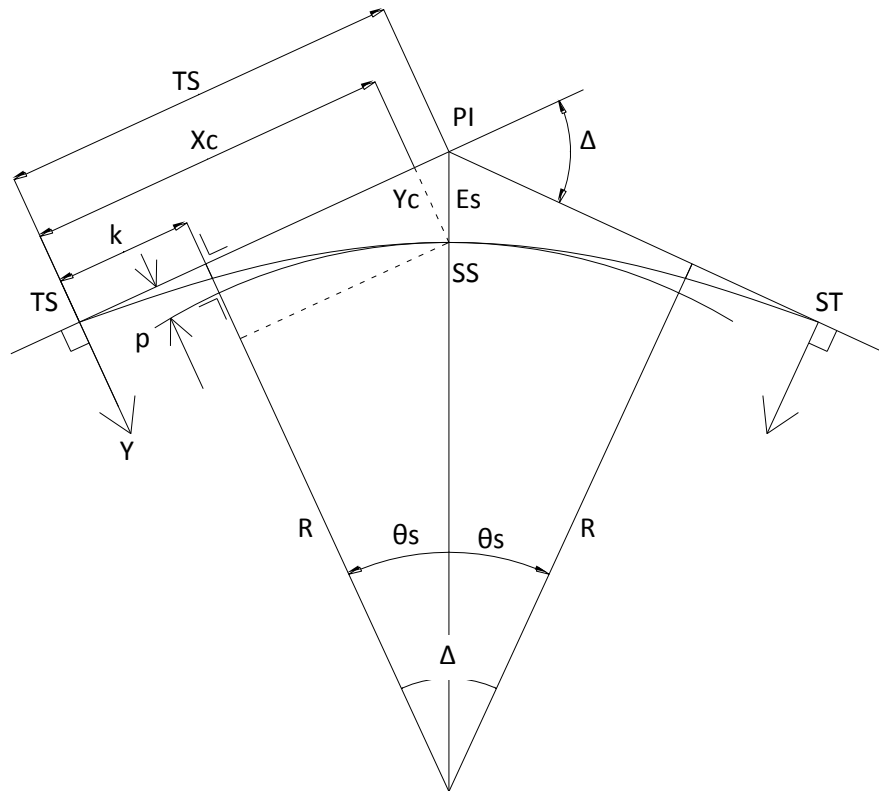
$V$  = Kecepatan ( km/jam )

$B$  = Lebar jalan ( m )

$C$  = Perubahan percepatan ( m )

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

$m$  = Landai relatif = 2.V + 40 ( % )



Gambar 2.5 Bentuk Tikungan Spiral-Spiral

### 3. Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya di lapangan.

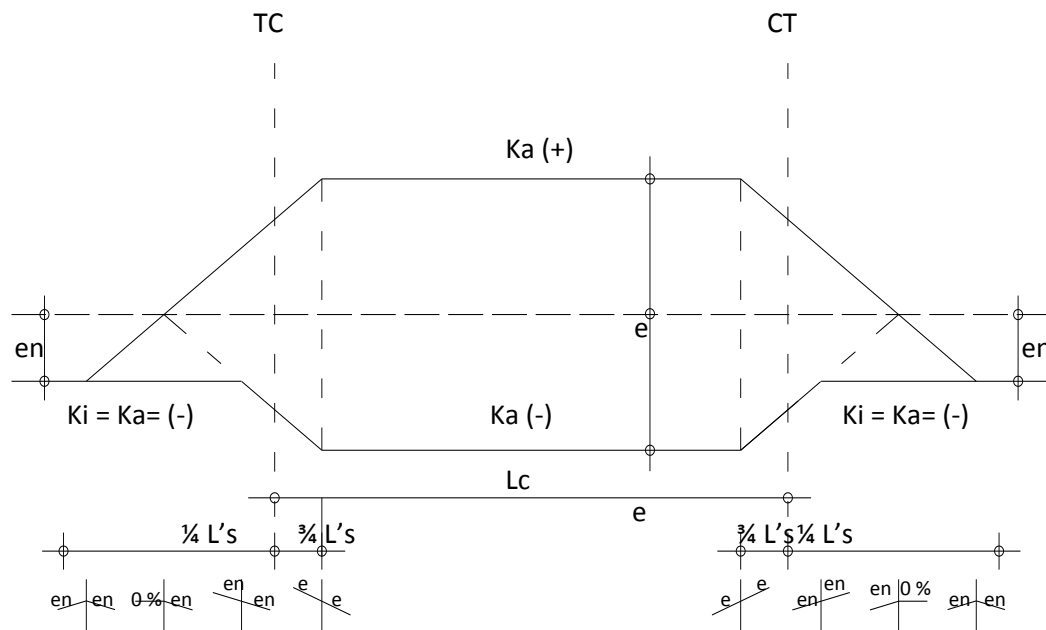
#### a. Pencapaian superelevasi

- 1) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung
- 2) Pada tikungan *spiral-circle-spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal sampai

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

b. Diagram superelevasi

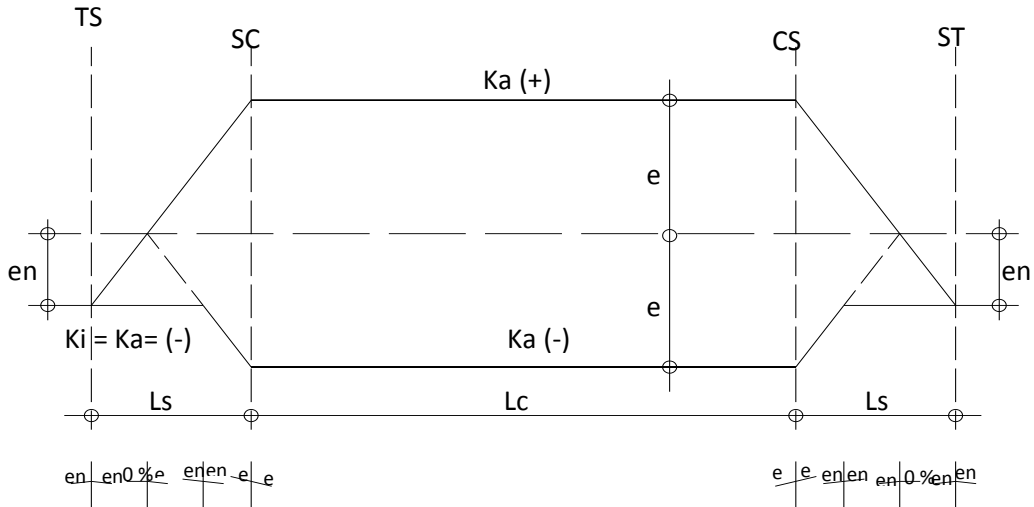
1) Tikungan *full circle*



Gambar 2.6 Pencapaian Superelevasi Tikungan Full Circle.

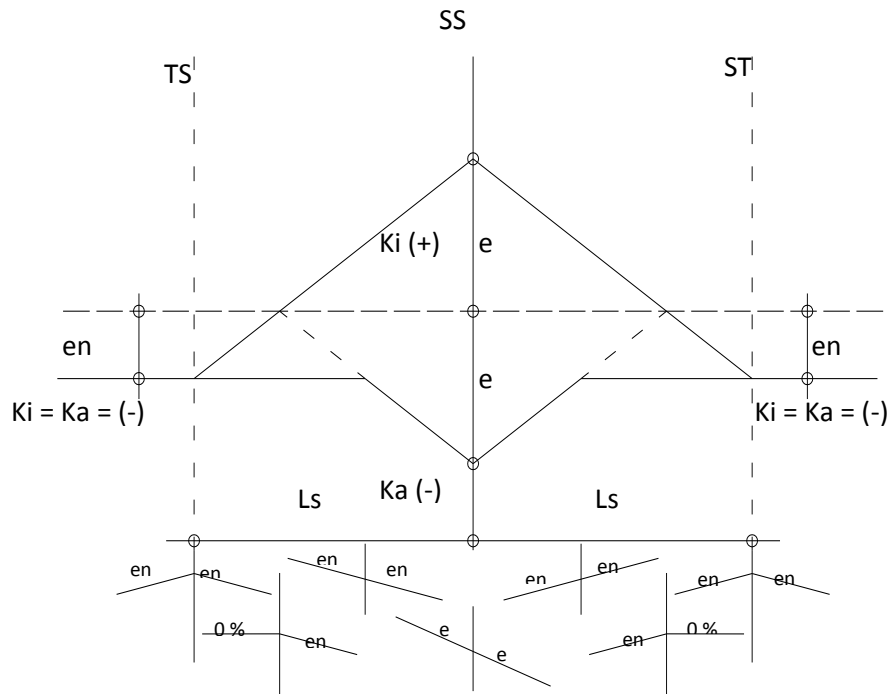


2) Tikungan *spiral-circle-spiral*



Gambar 2.7 Pencapaian Superelevasi Tikungan Spiral-Circle-Spiral.

3) Tikungan *spiral-spiral*



Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tikungan Spiral-Spiral.

### 2.3.4 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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

1. Pada waktu berbelok pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
2. 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.
3. 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 :

$$B = n (b' + c) + (n-1).Td + Z$$

Dimana :

B = Lebar perkerasan pada tikungan ( m )

n = Jumlah jalur lalu lintas ( lajur )

b' = Lebar lintasan truck pada tikungan ( m )

Td = Lebar melintang akrobat tonjolan depan ( m )

Z = Lebar tambahan akrobat kelainan dalam mengemudi ( m )

c = Kebebasan samping ( 0,8 m )

## **2.4 Alinyemen Vertikal**

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalu lintas. Kalau pada alinyemen horizontal yang merupakan bagian kritis adalah lengkung horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

### **2.4.1 Landai Maksimum dan Panjang Maksimum Landai**

Panjang kritis landai adalah panjang yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan lalu lintas (panjang ini mengakibatkan pengurangan maksimum sebesar 25 km/jam). Landai maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya sangat memaksa dan hanya untuk jarak yang pendek. Bila pertimbangan biaya memaksa, maka panjang kritis dapat dilampaui dengan syarat ada jalur khusus untuk kendaraan berat. Adapun syarat panjang kritis ini dapat dilihat pada tabel 2.15.

Tabel 2.15 Panjang Kritis

Landai maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	10	12
Panjang Kritis (m)	480	330	250	200	170	150	135	120

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

### 2.4.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya.

Maka persamaan umum dari lengkung vertikal, yaitu :

$$Y' = \pm \left[ \frac{g_2 - g_1}{2L} \right] X^2 \dots\dots\dots (2.26)$$

Lengkung vertikal terbagi atas :

1. Lengkung vertikal cembung
2. Lengkung vertikal cekung

Kelandaian menaik diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun diberi tanda (-).

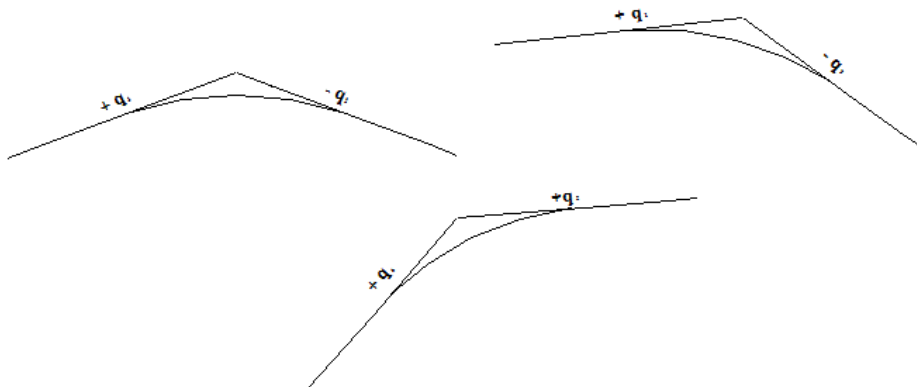
Ketentuan menaik atau menurun ditinjau dari sebelah kiri.

$$EV = \frac{A.L}{800} \dots\dots\dots (2.27)$$

Dimana :

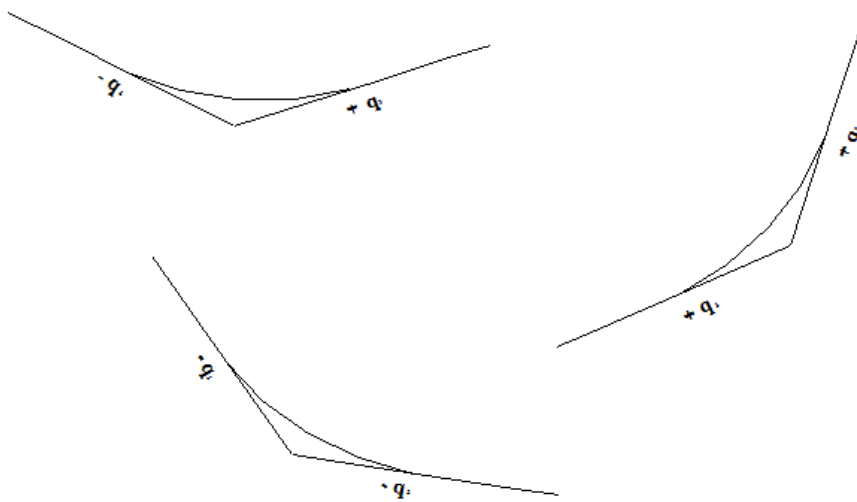
$$A = (g_1 + g_2)$$

L = Panjang lengkung vertikal



### **Alinyemen Vertikal Cembung**

*Gambar 2.9 Alinyemen Vertikal Cembung*



### **Alinyemen Vertikal Cekung**

*Gambar 2.10 Alinyemen Vertikal Cekung*

## **2.5 Perencanaan Galian dan Timbunan**

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

Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

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

### **2.5.1 Stationing**

Penomoran (stationing) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberi nomor pada interval-interval tertentu dari awal sampai akhir proyek stationing jalan dibutuhkan sebagai sarana informasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang ditinjau dan sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut :

- Setiap 100 m, untuk daerah datar
- Setiap 50 m, untuk daerah bukit
- Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Stationing ini sama fungsinya dengan patok-patok km di sepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya yaitu:

1. Patok km merupakan petunjuk jarak yang akan di ukur dari patok km, yang umumnya terletak di ibu kota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok stationing merupakan petunjuk yang di ukur dari bawah sampai akhir proyek
  2. Patok km merupakan patok permanent yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok stationing merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut
- Pada tikungan penomoran dilakukan pada setiap komponen pada tikungan.

## **2.6 Perencanaan Tebal Perkerasan**

Perkerasan jalan adalah suatu bagian konstruksi jalan yang terletak diatas tanah dasar yang bertujuan untuk melewati lalulintas dengan aman dan nyaman serta menerima dan meneruskan beban lalulintas ketanah dasar.

### **2.6.1 Jenis - Jenis Konstruksi Perkerasan**

Jenis-jenis konstruksi perkerasan, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalulintas ke tanah. Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalu lintas haruslah memenuhi syarat, seperti permukaan yang rata, tidak bergelombang, tidak melendut dan tidak berlubang dan permukaan yang cukup kaku sehingga tidak berubah bentuk akibat beban yang bekerja diatasnya.

2. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Konstruksi perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) sebagai bahan pengikat yang terdiri atas plat

(*slab*) beton semen sebagai lapis pondasi dan lapis pondasi bawah di atas tanah dasar. Dalam konstruksi perkerasan kaku, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton di atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan. Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, akan mendistribusikan beban ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri.

### 3. Perkerasan komposit (*composite pavement*)

Perkerasan komposit merupakan gabungan konstruksi perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan lapisan perkerasan lentur (*flexible pavement*) di atasnya, dimana kedua jenis perkerasan ini bekerja sama dalam memikul beban lalu lintas. Untuk ini maka perlu ada persyaratan ketebalan perkerasan aspal agar mempunyai kekakuan yang cukup serta dapat mencegah retak refleksi dari perkerasan beton di bawah.

Untuk memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan konstruksi perkerasan lentur memiliki dua persyaratan yang harus dipenuhi yaitu :

#### a. Syarat untuk lalulintas

Konstruksi perkerasan lentur dipandang dari keamanan dan kenyamanan berlalulintas haruslah memenuhi syarat sebagai berikut :

- 1) Permukaan rata, tidak boleh bergelombang, tidak melendut, dan tidak pula berlubang
- 2) Permukaan cukup keras dan kaku, sehingga tidak mudah mengalami deformasi akibat beban lalu lintas yang bekerja di atasnya
- 3) Permukaan harus cukup kasar sehingga memberikan gesekan yang baik antara roda kendaraan dan permukaan jalan



- 4) permukaan tidak mengkilap dan tidak menimbulkan silau bila terkena sinar matahari
- b. Syarat-syarat struktural
- Dari segi kemampuan memikul dan menyebarkan beban lalu lintas, konstruksi perkerasan harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut :
- 1) Memiliki ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar
  - 2) Kedap terhadap air, sehingga air yang mengalir pada permukaan keras tidak meresap ke dalam lapis perkerasan tersebut
  - 3) Permukaan harus mudah mengalirkan air, dan dengan demikian air hujan yang mengalir di atasnya dapat cepat dialirkan ke saluran drainase yang ada
  - 4) Harus cukup kaku untuk menimbulkan beban yang bekerja tanpa adanya deformasi yang berarti

Pada umumnya, perkerasan jalan terdiri dari beberapa jenis lapisan perkerasan yang tersusun dari bawah ke atas, sebagai berikut :

1. Lapisan tanah dasar (*sub grade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut spesifikasi *AASHTO T-180-74*, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm, yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR). Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang di stabilisasi.

Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut:

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
- b. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air.
- c. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan misalnya kepadatan yang kurang baik.

2. Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas.

Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Lapis peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- d. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat (akibat lemahnya daya dukung tanah dasar) pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
- e. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.

Jenis lapisan pondasi bawah yang umum dipergunakan di Indonesia antara lain :

- 1) Agregat bergradasi baik, meliputi :
  - a) Sirtu/ pitrun kelas A
  - b) Sirtu/ pitrun kelas B
  - c) Sirtu/ pitrun kelas C

- 2) Stabilisasi, meliputi :
  - a) Stabilisasi agregat dengan semen
  - b) Stabilisasi agregat dengan kapur
  - c) Stabilisasi tanah dengan semen
  - d) Stabilisasi tanah dengan kapur

3. Lapisan pondasi (*base course*)

Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan.

Lapisan pondasi atas ini berfungsi sebagai :

- Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.
- Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Jenis lapisan pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain:

- a. Agregat bergradasi baik, meliputi :
  - 1) Batu pecah kelas A
  - 2) Batu pecah kelas B
  - 3) Batu pecah kelas C
- b. Pondasi Macadam
- c. Pondasi *Telford*
- d. Penetrasi Macadam (lapen)
- e. Aspal beton pondasi
- f. Stabilitas, meliputi :
  - 1) Stabilitas agregat dengan semen
  - 2) Stabilitas agregat dengan kapur
  - 3) Stabilitas agregat dengan aspal

#### 4. Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan.

Lapisan permukaan ini berfungsi sebagai :

- Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

Jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

##### a. Lapisan nonstruktural

Lapisan yang berfungsi sebagai lapisan aus dan lapisan kedap air, antara lain :

###### 1) Burtu (laburan aspal satu lapis)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu jenis lapis agregat bergradasi seragam dengan ketebalan maksimum 2 cm.

###### 2) Burda (laburan aspal dua lapis)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapis agregat bergradasi seragam dengan ketebalan padat 3,5 cm.

###### 3) Latasir (lapis tipis aspal pasir)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir alam bergradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1 – 2 cm.

## 4) Buras (laburan aspal)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal taburan pasir dengan ukuran butir maksimum 3/8 inchi.

## 5) Latasbum (lapis tipis asbuton murni)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang bercampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.

## 6) Lataston (lapis tipis aspal beton)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari campuran agregat bergradasi timpang, mineral pengisi (filler) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, dicampur dalam keadaan panas dengan ketebalan maksimum padat 2,5 – 3 cm.

## b. Lapisan struktural

Lapisan yang berfungsi sebagai lapisan aus dan lapisan kedap air juga berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan meneruskan beban roda kendaraan ke lapisan yang menahan dan meneruskan beban roda kendaraan ke lapisan yang ada dibawahnya, antara lain :

## 1) Lapen (lapis penetrasi macadam)

Merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikat oleh aspal dengan cara disemprotkan diatasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Diatas lapen ini biasanya diberi laburan aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan padat 3 – 5 cm.

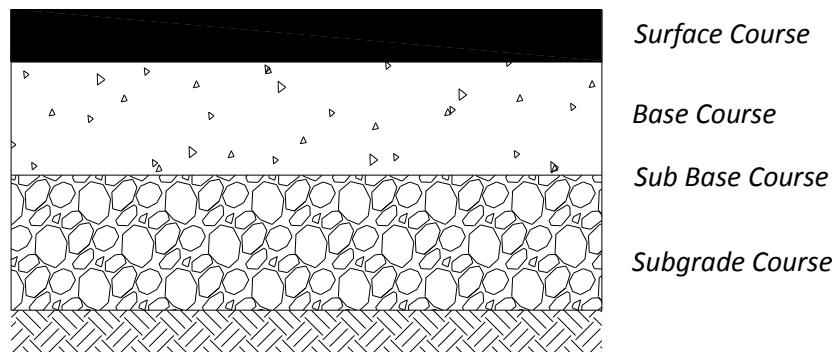
## 2) Lasbutag (lapis asbuton campuran dingin)

Campuran yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, asbuton, bahan pelunak, dan filler yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan secara dingin dengan tebal lapisan padat 3 – 5 cm

### 3) Laston (lapis aspal beton)

Merupakan lapisan pada suatu konstruksi jalan raya yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal keras yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Adapun struktur lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.10



Gambar 2.11 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur.

## 2.7 Parameter Perencanaan Tebal Perkerasan

Lapis perkerasan jalan berfungsi menerima dan menyebarkan beban lalu lintas tanpa menimbulkan kerusakan yang berarti pada konstruksi jalan itu sendiri. Dengan demikian dapat memberikan kenyamanan kepada pengemudi selama pelayanan jalan tersebut. Untuk itu dalam perencanaan konstruksi, lapis konstruksi perkerasan perlu sekali mempertimbangkan semua faktor-faktor yang dapat mempengaruhi pelayanan konstruksi perkerasan jalan, seperti :

### 1. Sifat tanah dasar

Lapisan tanah dasar merupakan lapisan yang paling atas, yang nantinya akan diletakkan lapis perkerasan di atasnya. Kualitas tanah dasar akan sangat mempengaruhi kualitas dari konstruksi perkerasan secara keseluruhan. Sebelum dilakukan pekerjaan konstruksi perkerasan, tanah

dasar ini terlebih dahulu harus diperiksa daya dukungnya. Pemeriksaan data dukung tanah dapat dilakukan dengan CBR (*California Bearing Ratio*) merupakan cara yang paling sering digunakan di Indonesia, DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*) dan lain sebagainya. CBR diperoleh dari hasil pemeriksaan contoh tanah yang telah disiapkan di laboratorium ataupun dilapangan. Sebelum dilakukan pengambilan contoh dilapangan, perlu dilakukan evaluasi terhadap kedalaman atau elevasi tanah dasar rencana, sehingga para pengambil contoh dapat mengetahui pada lokasi atau posisi mana tanah harus diambil sebagai sample untuk di uji.

a. Bila tanah dasar merupakan tanah hasil timbunan

Maka perlu ditinjau ketebalan lapisan timbunan tersebut. Untuk timbunan kurang dari 1 meter, maka sampel tanah diambil baik dari bahan timbunan maupun tanah aslinya. Untuk timbunan lebih dari 1 meter maka sampel tanah yang diambil cukup dari tanah timbunannya saja.

b. Bila tanah dasar merupakan tanah hasil galian

Maka perlu diketahui kedalaman dari galian tersebut dari permukaan tanah aslinya. Dari kedalaman ini dapat diambil kesimpulan apakah perlu dilakukan test pit (sumur uji) atau cukup dilakukan analisa lapis dan sifat-sifat tanah lainnya dengan cara pemboran.

c. Bila tanah dasar sama dengan muka tanah asli

Maka pengambilan contoh tanah dilakukan di sepanjang trase jalan. Interval pengambilan harus berdasarkan jenis tanah disepanjang trase tersebut. Untuk jenis tanah yang sama, maka pengambilan contoh dapat dilakukan dengan interval 1 km sekali, namun apabila terjadi pergantian jenis tanah, maka sampel tanah harus diambil pada setiap perubahan tersebut.

Penentuan nilai CBR untuk perencanaan jalan perlu mempertimbangkan segi ekonomis namun tidak mengorbankan segi kekuatan untuk konstruksi jalan yang akan dibangun. Pada kenyataannya, besarnya harga CBR pada setiap titik pengujian disepanjang jalur jalan tidaklah sama. Hal ini disebabkan oleh tidak seragamnya jenis dan kondisi tanah yang ada. Apabila perencanaan tebal lapis perkerasan hanya berdasarkan nilai CBR yang paling kecil, maka dapat dipastikan akan menghabiskan biaya yang cukup mahal.

Sebaliknya apabila diambil nilai CBR terbesar, maka dipastikan hasil perencanaan tidak akan memenuhi syarat. Sebaliknya sepanjang jalan tersebut dibagi atas segmen-segmen jalan, dimana setiap segmennya mempunyai daya dukung yang hampir sama. Jadi segmen jalan adalah bagian dari panjang jalan yang mempunyai sifat-sifat tanah yang sama, antara lain daya dukung tanah, jenis tanah dan keadaan lingkungannya. Setiap segmen jalan mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perencanaan tebal lapis perkerasan pada segmen jalan tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan cara analitis.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu :

#### 1. Cara Analitis

Perhitungan CBR dengan cara analitis dapat dilakukan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$CBR_{\text{segmen}} = \frac{CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})}{R} \dots\dots\dots (2.28)$$

Dimana nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat didalam satu segmen. Nilai R dapat dilihat pada tabel 2.16.



Tabel 2.116 Nilai R Untuk Perhitungan CBR Segmen

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	3,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1997)

## 2. Cara Grafis

Prosedur dalam menetapkan nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  yaitu :

- Tentukan nilai CBR terendah
- Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing-masing nilai CBR kemudian disusun secara tabelaris, mulai dari CBR terkecil sampai CBR yang terbesar.
- Angka terbanyak diberi 100%, sedangkan angka yang lain merupakan persentase dari 100%.
- Beri grafik hubungan antara harga CBR dengan persentase nilai tadi.
- Nilai  $CBR_{\text{segmen}}$  adalah nilai pada keadaan 90%.

## 2. Kinerja perkerasan jalan

Kinerja perkerasan jalan meliputi tiga hal utama yaitu :

- a. Keamanan yang ditentukan oleh nilai gesekan akibat kontak antara dua roda kendaraan dengan permukaan perkerasannya. Besarnya gaya gesek yang terjadi dipengaruhi oleh bentuk dan kondisi ban tekstur permukaan jalan dan kondisi cuaca
- b. Struktur perkerasan sehubungan dengan kondisi fisik dari perkerasan tersebut, misalnya retak-retak, alur, amblas, bergelombang, dan lain-lain.
- c. Fungsi pelayanan sehubungan dengan bagaimana perkerasan tersebut memberikan pelayanan kepada pemakai jalan. Kondisi perkerasan dan fungsi pelayanannya merupakan satu kesatuan yang mendukung terwujudnya kenyamanan bagi pengemudi.

Gangguan kenyamanan bagi pengemudi dapat disebabkan oleh gangguan dalam arah memanjang (*longitudinal distorsio*), yakni berupa gelombang-gelombang dari perkerasan sepanjang jalan dan gangguan dalam arah melintang (*transverse distorsion*), misalnya berupa kemiringan melintang yang tidak stabil. Kinerja perkerasan dapat dinyatakan dengan Indeks Permukaan (IP) atau *Servicibility Index* dan indeks kondisi jalan atau *Road Condition Index* (RCI).

Nilai IP menurut AASHTO dapat dilihat pada tabel 2.17.

Tabel 2.17 Nilai Indeks Permukaan Menurut AASHTO

Indeks Permukaan ( IP )	Fungsi Pelayanan
4–5	Sangat Baik
3–4	Baik
2–3	Cukup
1–2	Kurang
0–1	Sangat Kurang

(Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1997*)

Indeks permukaan (*Servicibility Index*) diperkenalkan oleh AASHTO yang diperoleh dari pengamatan kondisi jalan, meliputi kerusakan-kerusakan seperti retak-retak, alur-alur, lubang-lubang, lendutan pada jalur roda, kekerasan permukaan dan lain sebagainya yang terjadi selama usia rencana. Indeks permukaan bervariasi dari nilai 0 sampai dengan 5 yang masing-masing nilai angka menunjukkan fungsi pelayanan.

Bina Marga memberikan nilai IP untuk berbagai kondisi permukaan jalan sebagai berikut :

IP = 1,0 Menyatakan permukaan jalan dalam keadaan rusak berat sehingga mengganggu lalu lintas kendaraan

IP = 1,5 Menyatakan tingkat pelayanan terendah yang masih mungkin dilewati ( jalan tidak terputus)

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

IP = 2,5 Menyatakan permukaan jalan masih cukup stabil dan baik

Dalam menentukan IP pada akhir umur rencana, perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan dan jumlah

Lintasan Ekuivalen Rencana (LER). Indeks permukaan pada akhir umur rencana (IP) dapat dilihat pada tabel 2.18.

Tabel 2.18 Indeks Permukaan Akhir Umur Rencana (IP)

Lintas Ekuivalen Rencana ( 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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1997)

Dalam menentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan jalan (kerataan atau kehalusan serta kekokohnya) pada awal umur rencana. IPo ini tergantung dari jenis bahan yang dipergunakan untuk lapisan perkerasan tersebut. Indeks permukaan pada awal umur rencana dapat dilihat pada tabel 2.19.

Tabel 2.19 Indeks Permukaan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	IPo	Ronghness *) (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	< 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	$\leq 2,4$	
TANAH	$\leq 2,4$	
JALAN		
KERIKIL		

(Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1997*)

### 3. Umur rencana

Umur rencana ( UR ) perkerasan jalan adalah jumlah waktu dalam satu tahun dihitung sejak jalan tersebut mulai dibuka sampai saat diperlukan perbaikan berat atau dianggap perlu untuk diberi lapisan permukaan yang baru. Selama umur rencana, pemeliharaan jalan tetap harus dilaksanakan seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapisan aus. Umur rencana untuk jalan yang baru dibuka pada umumnya diambil 20 tahun, sedangkan untuk peningkatan jalan pada umumnya diambil 10 tahun. Umur rencana lebih dari 20 tahun dipandang kurang ekonomis karena perkembangan lalu lintas terlalu besar atau sukar mendapat tingkat ketelitian yang memadai.

### 4. Lalu lintas

Tebal lapisan perkerasan jalan ditentukan dari beban yang akan dipikul dari arus lalu lintas yang hendak memakai jalan tersebut. Besarnya arus lalu lintas dapat diperoleh dari :

#### a. Angka ekuivalen kendaraan

Berat kendaraan ditransfer ke perkerasan jalan melalui roda-roda kendaraan yang terletak di ujung-ujung sumbu kendaraan. Setiap jenis kendaraan memiliki konfigurasi sumbu yang berbeda-beda. Sumbu depan merupakan sumbu tunggal roda tunggal, sedangkan sumbu belakang dapat merupakan sumbu tunggal roda tunggal, sumbu

tunggal roda ganda, ataupun sumbu ganda roda ganda. Dengan demikian setiap jenis kendaraan akan memiliki angka ekivalen yang merupakan hasil penjumlahan dari angka ekivalen sumbu depan dan sumbu belakang. Beban masing-masing sumbu dipengaruhi oleh titik berat dari kendaraan tersebut.

$$\begin{aligned}
 E &= E_{\text{sumbu depan}} + E_{\text{sumbu belakang}} \\
 E_{\text{sumbu depan}} &= \left( \frac{\text{Distribusi Beban sumbu depan (Beban sumbu tunggal)}}{8140} \right)^4 \\
 E_{\text{sumbu belakang}} &= \left( \frac{\text{Distribusi Beban sumbu belakang (Beban sumbu tunggal)}}{8140} \right)^4
 \end{aligned}$$

Pada perencanaan tebal perkerasan sebaiknya tidak selalu mempergunakan angka ekivalen berdasarkan berat maksimum dan tidak juga menggunakan angka ekivalen berdasarkan berat kosong. Angka ekivalen yang digunakan untuk perencanaan adalah angka ekivalen berdasarkan berat kendaraan yang diharapkan selama umur rencana. Berat kendaraan tersebut sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain :

- 1) Fungsi jalan, kendaraan berat yang memakai jalan arteri umumnya memuat muatan yang lebih berat daripada jalan lokal.
- 2) Keadaan medan, jalan yang mendaki mengakibatkan truk tidak mungkin memuat beban yang lebih berat dibandingkan dengan jalan pada medan datar.
- 3) Kondisi jembatan, jembatan-jembatan yang dibangun dengan kemampuan memikul beban yang terbatas jelas tidak mungkin untuk memikul beban truk yang melewati batas beban maksimum yang dapat dipikulnya.
- 4) Kegiatan ekonomi di daerah bersangkutan, jenis dan berat beban yang diangkut oleh kendaraan berat tergantung dari jenis kegiatan yang ada di daerah tersebut.

- 5) Perkembangan daerah, beban yang diangkut oleh kendaraan dapat berkembang sesuai dengan perkembangan daerah disekitar lokasi jalan.

Dengan demikian, maka sebaiknya angka ekivalen yang dipergunakan untuk perencanaan tebal perkerasan adalah angka ekivalen hasil survey timbang yang telah dilakukan pada daerah tersebut.

b. Jumlah lajur dan koefisien distribusi kendaraan

Jalur rencana merupakan salah satu jalur lalu lintas dari suatu ruas jalan raya yang terdiri dari satu lajur atau lebih. Jika jalan tidak mempunyai pembatas lajur, maka jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2.20

Tabel 2.20 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan ( L )	Jumlah Lajur ( n )
$L < 5,50 \text{ m}$	1 lajur
$5,50 \text{ m} \leq L < 8,25 \text{ m}$	2 lajur
$8,25 \text{ m} \leq L < 11,25 \text{ m}$	3 lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00 \text{ m}$	4 lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75 \text{ m}$	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,00 \text{ m}$	6 lajur

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1997)

Persentase kendaraan pada lajur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien distribusi kendaraan C, untuk jenis kendaraan ringan dan berat. Koefisien distribusi kendaraan C dapat dilihat pada tabel 2.21.

Tabel 2.21 Koefisien Distribusi Kendaraan C

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,000	1,000	1,000	1,000
2 lajur	0,600	0,500	0,700	0,500
3 lajur	0,400	0,400	0,500	0,475
4 lajur	-	0,300	-	0,450
5 lajur	-	0,250	-	0,425
6 lajur	-	0,200	-	0,400

(Sumber : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1997*)

Keterangan :

- ❖ Berat total kendaraan ringan < 5 ton, misalnya : mobil penumpang, pick up, mobil hantaran
- ❖ Berat total kendaraan berat  $\geq$  5 ton, misalnya : bus, truck, traktor, semi trailer, trailer

c. Lintas harian rata-rata dan rumus-rumus lintas ekuivalen

Lalulintas harian rata-rata (LHR) setiap jenis kendaraan ditentukan pada permulaan umur rencana, yang dihitung untuk dua arah pada jalan tanpa median atau masing-masing arah untuk jalan dengan median. LHR merupakan suatu unsur penting dalam menentukan besarnya lintas ekuivalen suatu ruas jalan.

Dengan memperhatikan besarnya LHR, koefisien distribusi kendaraan dan angka ekuivalen maka besarnya lintas ekuivalen kendaraan dapat ditentukan dengan rumus seperti dibawah ini:

1) Lintas ekuivalen permukaan (LEP)

Merupakan jumlah lintas ekuivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diduga terjadi pada awal umur rencana. LEP dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :



$$LEP = LHR_j \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana : j = Jenis kendaraan

2) Lintas ekivalen akhir (LEA)

Merupakan jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diharapkan terjadi pada akhir usia rencana. LEA dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LEA = LHR_j (1 + i)^{UR} \times C_j \times E_j \dots\dots\dots (2.30)$$

3) Lintas ekivalen tengah (LET)

Merupakan jumlah lintas ekivalen harian rata-rata dari sumbu tunggal seberat 8160 kg pada jalur rencana yang diharapkan terjadi pada pertengahan umur rencana. LET dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$LET = \frac{1}{2} (LEP + LEA) \dots\dots\dots (2.31)$$

4) Lintas ekivalen rencana (LER)

Merupakan suatu besaran yang digunakan dalam nomogram penetapan tebal perkerasan untuk menyatakan jumlah lintas ekivalen sumbu tunggal sebesar 8160 kg pada jalur rencana. LER dapat dihitung dengan rumus :

$$LER = LET \times UR/10 \dots\dots\dots (2.32)$$

5) Kondisi lingkungan

Kondisi lingkungan ini dalam perencanaan tebal perkerasan jalan disebut dengan faktor regional (FR). Faktor utama yang sangat berpengaruh terhadap konstruksi jalan adalah air, baik air yang berasal dari hujan ataupun air yang berasal dari dalam tanah. Disamping itu, kelandaian jalan dan jumlah kendaraan berat yang akan menggunakan jalan tersebut juga akan ikut berpengaruh didalam penentuan tebal perkerasan.

Didalam perencanaan pembangunan jalan, pengaruh keadaan lapangan yang menyangkut permeabilitas tanah dan perlengkapan drainase dapat dianggap sama. Dengan demikian didalam menentukan tebal lapis perkerasan, faktor regional hanya dipengaruhi oleh bentuk kelandaian dan tikungan, persentase kendaraan berat dan yang berhenti serta iklim setempat. Nilai faktor regional dapat dilihat pada tabel 2.22.

Tabel 2.22 Faktor Regional ( FR )

Curah Hujan	Kelandaian I < 6%		Kelandaian II 6 – 10%		Kelandaian III > 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 : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1997)

Catatan : Pada bagian jalan-jalan tertentu seperti persimpangan, pemberhentian atau tikungan tajam ( $R \leq 30$  m), FR ditambah dengan 0,5 pada daerah rawa-rawa atau FR ditambah dengan 1,0.

#### 6) Sifat material lapisan perkerasan

Perencanaan tebal perkerasan ditentukan juga dari jenis lapisan perkerasan. Hal ini ditentukan dari tersedianya material dilokasi dan mutu material tersebut. Ketersediaan material di lokasi akan berpengaruh terhadap biaya pembangunan secara langsung,

mengingat biaya transportasi yang harus dikeluarkan apabila material harus didatangkan dari luar daerah. Namun begitu, kualitas material harus dijaga agar mutu konstruksi jalan yang dibuat dapat dicapai. Dengan mempertimbangkan tersebut, banyak sekali alternatif dari material yang dapat dipilih, yang dipercaya sangat ekonomis dari segi pembiayaan juga cukup baik dalam hal kekuatannya.

7) Koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) masing-masing bahan dan kegunaannya sebagai lapisan permukaan, pondasi, pondasi bawah, ditetapkan secara korelasi sesuai nilai dari pengujian marshall ( $MS$ ), untuk beban dengan pengikatan aspal, kuat tekan ( $K_t$ ), untuk bahan hasil stabilisasi kapur dan semen atau CBR (untuk lapisan pondasi bawah). Koefisien kekuatan relatif dapat dilihat pada tabel 2.22.

8) Batas-batas minimum tebal perkerasan

Disamping memberikan nilai koefisien sebagaimana tersebut diatas, Bina Marga juga membatasi ketebalan dari masing-masing lapisan yang paling minimum sehubungan dengan beban lalu lintas yang akan diterimanya. Beban lalu lintas yang akan diterima oleh lapisan perkerasan merupakan suatu nilai yang diberi nama dengan Indeks Tebal Perkerasan ( $ITP$ ). Batas-batas minimum tebal perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.23 – tabel 2.26

9) Bentuk lapisan perkerasan

Lapisan perkerasan jalan harus dibentuk sedemikian rupa sehingga pengaruh air dapat dihindari sejauh mungkin. Bentuk geometrik lapisan perkerasan jalan mempengaruhi cepat atau lambatnya aliran air untuk meninggalkan lapisan perkerasan jalan.

Bentuk permukaan yang terlalu datar mengakibatkan aliran air yang jatuh pada permukaan jalan tersebut lambat. Lambatnya pengaliran air akan memberi kesempatan untuk meresap ke lapisan perkerasan. Sebaliknya bentuk terlalu curam kemiringannya, disamping akan mengakibatkan timbulnya erosi juga akan mengurangi kenyamanan dalam mengemudi.

Tabel 2.23 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IP)

LER = Lintas Ekivalen Rencana	Klasifikasi Jalan			
	Lokal	Kolektor	Arteri	Tol
< 10	1,0 – 1,5	1,5	1,50 – 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 : *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1970*)

Tabel 2.24 Indeks Permukaan Pada Akhir Umur Rencana (IPo)

Jenis Lapisan Perkerasan	IPo	Roughness (mm/km)
LASTON	$\geq 4$	
LASBUTAG	3,9 – 3,5	
HRA	3,4 – 3,0	$\leq 1000$
BURDA	3,9 – 3,5	$> 1000$
BURTU	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
LAPEN	3,9 – 3,5	$> 2000$
LATASBUM	3,4 – 3,0	$\leq 2000$
BURAS	2,9 – 2,5	$> 2000$
LATASIR	2,9 – 2,5	$> 2000$
JALAN TANAH	2,9 – 2,5	$> 3000$
JALAN KERIKIL	$\leq 2,4$	

Tabel 2.25 Koefisien Kekuatan Relatif

Koefisien Kekuatan Relatif			Kekuatan Bahan			Jenis Bahan
a1	a2	a3	MS (kg)	KT (kg/cm <sup>2</sup> )	CBR (%)	
0,40	-	-	744	-	-	Laston
0,35	-	-	590	-	-	
0,32	-	-	454	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	
0,35	-	-	744	-	-	Lasbutag
0,31	-	-	590	-	-	
0,28	-	-	454	-	-	
0,26	-	-	340	-	-	
0,30	-	-	340	-	-	HRA
0,26	-	-	340	-	-	Aspal
0,25	-	-	-	-	-	Macadam
0,20	-	-	-	-	-	Lapen
-	0,28	-	590	-	-	(mekanis)
-	0,26	-	454	-	-	Lapen
-	0,24	-	340	-	-	(manual)
-	0,23	-	-	-	-	Laston atas
-	0,19	-	-	-	-	
-	0,15	-	-	22	-	
-	0,13	-	-	18	-	Lapen (mekanis)
-	0,15	-	-	22	-	Lapen
-	0,13	-	-	18	-	(manual)
-	0,14	-	-	-	100	Soil cement
-	0,13	-	-	-	80	
-	0,11	-	-	-	60	
-	-	0,13	-	-	70	Stabilisasi tanah
-	-	0,12	-	-	50	Kapur

-	-	0,11	-	-	30	Batu pecah (kelas A)
-	-	0,10	-	-	20	Batu pecah (kelas B)
						Batu pecah (kelas C)
						Sirtu/ pitrum (kelas A)
						Sirtu/ pitrum (kelas B)
						Sirtu/ pitrum (kelas C)
						Tanah/ Lempung kepasiran

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1997)

Tabel 2.26 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Permukaan

ITP	Tebal Minimum (cm)	Beban
3,00	5,0	Lapis pelindung ( buras, burtu, burda)
3,00 – 6,7	5,0	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
6,71 – 7,49	7,5	Lapen, aspal macadam, HRA, lasbutag, laston
7,45 – 9,99	7,5	Lasbutag, laston
≥ 10,000	10	Laston

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur,1970)

Tabel 2.27 Batas-batas Minimum Tebal Lapis Pondasi

ITP	Tebal Minimum ( cm )	Bahan
$\leq 3,00$	15	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
3,00 – 7,49	20*	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur
7,50 – 9,99	10	Laston atas
	20	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, Pondasi macadam
10,00 – 12,14	15	Laston atas
	20	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, Pondasi macadam
$\geq 12,25$	25	Batu pecah, stab tanah/ semen, stab tanah/ kapur, pondasi macadam, lapen, laston atas

(Sumber : Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur, 1970

)

### 2.7.1 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Terdapat 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 dikenal adalah :

1. Metode AASHTO, Amerika Serikat

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

2. Metode NAASRA, Australia

Yang dapat dibaca " *Interin Guide to Pavement Thicknexx Design* "

3. Metode *Road Note 29* dan *Road Note 31*

*Road note 29* diperuntukkan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris itu sendiri, sedangkan *Road note 31* diperuntukkan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropics dan tropis.

4. Metode *Asphalt Institute*

Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavements for Highways 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).

### **2.7.2 Perencanaan Jalan Baru**

Metode perencanaan tebal perkerasan jalan dengan analisa komponen yang dikeluarkan oleh Departemen Pekerjaan Umum Bina Marga, yang judul aslinya “Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya” dengan metode yang bersumber dari AASHTO '72 hasil revisi 1981, yang dimodifikasi sesuai dengan jalan di Indonesia.

Adapun hal-hal yang telah dimodifikasi agar sesuai dengan kondisi jalan di Indonesia adalah sebagai berikut :

1. Indeks permukaan awal (IPo)

Lapis permukaan di Indonesia terdiri dari jenis yang berbeda mutunya satu sama lain. Oleh karena itu IPo tidak dapat diberlakukan hanya satu nilai saja seperti pada AASHTO.

2. Indeks permukaan akhir (IP)

AASHTO mempergunakan 2 harga untuk IP, yaitu  $IP = 2,0$  dan  $IP = 2,5$  sedangkan Indonesia menggunakan 4 harga IP, yaitu  $IP = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5$  sesuai dengan fungsi jalan dan besarnya lintas ekivalen rencana (LER).



### 3. Faktor regional (FR)

Faktor regional (FR) digunakan oleh AASHTO dikembangkan berdasarkan 4 musim yang dimiliki Amerika Serikat, yaitu musim panas, musim gugur, musim semi, dan musim dingin, disamping pengaruh lainnya seperti drainase, muka air tanah dan kelandaian jalan dan sebagainya. Di Indonesia faktor regional (FR) dikembangkan berdasarkan curah hujan pada iklim tropis, faktor drainase, muka air tanah dan kelandaian jalan dan sebagainya. Nilai FR yang dipergunakan di Indonesia bervariasi antara 0,5 – 4,0.

### 4. Nomogram untuk menentukan ITP

Nomogram-nomogram yang digunakan oleh AASHTO dibuat berdasarkan umur rencana 20 tahun, sedangkan oleh Bina Marga nomogram-nomogram tersebut dibuat berdasarkan umur rencana 10 tahun. Untuk umur rencana selain 10 tahun maka penyesuaian dilakukan dengan menggunakan faktor penyesuaian (FP), yaitu  $FP = \text{umur rencana}/10$ .

Perencanaan tebal perkerasan untuk jalan baru sesuai tercantum dalam buku perencanaan tebal perkerasan lentur jalan raya dengan analisa komponen – SKBI 2. 3.26. 1987 UDC 625.73 (02) dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- Tentukan nilai daya dukung tanah dasar dengan cara pemeriksaan CBR segmen
- Tentukan nilai daya dukung tanah dasar dari setiap CBR segmen yang diperoleh dengan menggunakan grafik korelasi DDT dan CBR
- Tentukan umur rencana (UR) dari jalan yang direncanakan
- Tentukan faktor pertumbuhan lalu lintas yang terjadi selama masa pelaksanaan dan selama umur rencana.  $i$  %
- Tentukan faktor regional (FR) dari jalan yang direncanakan (tabel 2.18)
- Tentukan lintas ekuivalen rencana (LER)

- Tentukan indeks permukaan awal umur rencana (IPo) sesuai dengan jenis lapis permukaan yang digunakan (tabel 2.15)
- Tentukan indeks permukaan akhir umur rencana (IP) sesuai dengan jenis lapis permukaan yang digunakan
- Tentukan indeks tebal perkerasan (ITP) dengan menggunakan nomogram-nomogram yang disesuaikan berdasarkan nilai IP dan IPo yang dipilih
- Tentukan jenis lapis perkerasan yang akan dipergunakan, pemilihan lapis perkerasan ditentukan berdasarkan : material yang tersedia, biaya, tenaga dan peralatan, serta fungsi dari jalan yang direncanakan.
- Tentukan koefisien relative (a) dari setiap lapisan, yaitu lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (Tabel 2.19)
- Untuk menentukan ketebalan dari masing-masing lapisan ditentukan dengan rumus :

$$ITP = a_1 \cdot D_1 + a_2 \cdot D_2 + a_3 \cdot D_3 \dots\dots\dots (2.33)$$

Keterangan :

ITP = Indeks tebal perkerasan, sesuai dengan nilai yang diperoleh pada langkah no.9 diatas

$a_1, a_2, a_3$  = Koefisien kekuatan relatif untuk lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

$D_1, D_2, D_3$  = Tebal dari lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah

## **2.8 Manajemen Proyek**

Manajemen proyek adalah suatu 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.

## 1. Produksi kerja alat

Secara umum produksi kerja alat berat apapun jenisnya memiliki pola dan prinsip perhitungan yang sama. Langkah-langkah perhitungan yang harus dilakukan tidak jauh berbeda, hanya saja perhitungan produksi kerja untuk jenis alat tertentu memang memerlukan perhatian khusus karena relatif lebih kompleks.

Adapun langkah dasar perhitungan produksi kerja yaitu :

### a. Menghitung kapasitas aktual

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung material yang terbawa dalam satu siklus kerja. Kapasitas aktual tergantung pada ukuran pembawa material yang ada pada setiap alat dan jenis material yang diolah.

### b. Menghitung waktu siklus

Waktu siklus dihitung untuk mendapatkan jumlah siklus perjam. Waktu siklus tersebut terdiri dari waktu tetap dan waktu variabel. Waktu siklus sering ditetapkan sebagai waktu konstan untuk semua jenis material dan kondisi.

### c. Menghitung produksi kerja kasar (PKK)

Menghitung produksi kerja kasar (PKK) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja tanpa mempertimbangkan faktor-faktor efisiensi dan faktor koreksi.

### d. Menghitung produksi kerja aktual (PKA)

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan memperhitungkan semua faktor yang mempengaruhinya.

## 2. Biaya kepemilikan dan pengoperasian alat berat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan konstruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan

biaya-biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

a. Biaya kepemilikan

Adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri.

b. Biaya operasi

Adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

3. Analisa satuan harga pekerjaan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

4. Volume pekerjaan

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

5. Rencana anggaran biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya. Dalam perencanaan anggaran biaya

perlu dilampirkan analisa harga satuan bahan dari tiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

#### 6. Rekapitulasi biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

#### 7. Rencana kerja

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu yang terperinci untuk setiap jenis pekerjaan mulai dari awal sampai akhir pekerjaan.

##### a. Kurva S

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

##### b. Barchart

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

##### c. *Network planning*

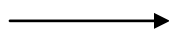
Dalam *network planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*, sehingga kita

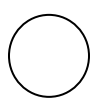
akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya, pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

Adapun simbol yang sering digunakan dalam *Network Planning* adalah :

 *Arrow* Bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas/kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan/tugas yang penyelesaiannya membutuhkan waktu tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua nodes, arah dari anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

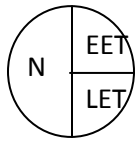
 *Node/event* Bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan.

-----> *Dummy*

Bentuk ini merupakan anak panah putus-putus yang artinya semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam satu *network*.

====> *Double  
arrow*

Anak panah sejajar yang merupakan kegiatan lintasan kritis (*critical path*).



N = Nomor kejadian

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

LET = LET (*Latest Event Time*), waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.