

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik merupakan bagian dari perencanaan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan pelayanan yang optimum pada arus lalu lintas dan sebagai akses ke rumah-rumah. (Sukirman Silvia, 1994)

Sistem jaringan jalan adalah satu kesatuan jaringan jalan yang terdiri dari sistem jaringan jalan primer dan sistem jaringan jalan sekunder yang terjalin dalam hubungan hierarki. Adanya sistem jaringan jalan yang tersusun secara teratur dapat meningkatkan arus transportasi barang dan jasa. Sistem jaringan jalan disusun dengan mengacu pada rencana tata ruang wilayah dengan memperhatikan keterkaitan antar kawasan dan/atau dalam kawasan perkotaan, dan kawasan pedesaan.

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

Kondisi jalan yang bagus adalah jalan yang mampu melayani arus barang dan jasa dengan baik, dalam segi kapasitas maupun kualitas jalan tersebut. Secara umum, perencanaan jalan meliputi perencanaan geometrik jalan dan perencanaan struktur jalan. Perencanaan struktur jalan, dibagi menjadi 2 macam (*Departemen Pekerjaan Umum, 1987a*), yaitu :

1. Perencanaan perkerasan jalan baru (*New Construction*);
2. Perkuatan perkerasan jalan lama (*Overlay*).

Ada beberapa aspek yang perlu ditinjau dalam rangka perencanaan jalan, diantaranya:

1. Aspek Jaringan dan Klasifikasi Fungsi Jalan;
2. Aspek Geometri;
3. Aspek Perkerasan;

### 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. Analisis data lalu lintas pada intinya dilakukan untuk menentukan kapasitas jalan, akan tetapi harus dilakukan bersamaan dengan perencanaan geometrik lainnya, karena 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) yang didapat dengan mengalikan atau mengkonversikan angka faktor ekuivalensi (FE) setiap kendaraan yang melintasi jalan tersebut dengan jumlah kendaraan yang kita peroleh dari hasil pendataan (kend/jam). Volume lalu lintas dalam smp ini menunjukkan besarnya jumlah lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari lalu lintas harian rata-rata yang didapatkan kita dapat merencanakan tebal perkerasan.

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 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 dan 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

Pengukuran peta topografi digunakan untuk mengumpulkan data potografi yang cukup guna menentukan kecepatan sesuai dengan daerahnya. Pengukuran peta topografi dilakukan pada sepanjang trase jalan rencana dengan mengadakan tambahan dan pengukuran detail pada tempat yang memerlukan realinyemen dan tempat-tempat persilangan dengan sungai atau jalan lain, sehingga memungkinkan didapatkannya trase jalan yang sesuai dengan standar.

Pekerjaan pengukuran ini terdiri dari beberapa kegiatan berikut:

- a. Pekerjaan perintisan untuk pengukuran, dimana secara garis besar ditentukan kemungkinan rute alternative dan trase jalan.
- b. Kegiatan pengukuran :
  1. Penentuan titik kontrol *vertical* 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 control diatas.

### 2.1.3 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah dilapangan, meliputi pekerjaan:

1. Penelitian

Penelitian data tanah yang terdiri dari sifat-sifat indeks, klasifikasi USCS (*Unified soil classification system*) dan AASHTO (*The American Assosialiton of State Highway and Transportation Officials*), pemadatan dan nilai CBR (*California Bearing Ratio*). Pengambilan data CBR dilapangan dilakukan disepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan menggunakan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes *Dynamic Cone Penetrometer* ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga

menampilkan hasil nilai CBR disetiap titik lokasi. Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan cara analitis dan cara grafis.

2. Analisa

Membakukan analisa pada contoh tanah yang terganggu dan tidak terganggu, juga terhadap bahan konstruksi, dengan menggunakan ketentuan ASTM (*American Standard Testing and Material*) dan AASHTO (*The American Association of State Highway and Transportation Officials*) maupun standar yang berlaku di Indonesia.

3. Pengujian Laboratorium

Uji bahan konstruksi untuk mendapatkan :

- a. Sifat-sifat indeks (*Indeks Properties*) yaitu meliputi  $G_s$  (*Specific Gravity*),  $W_n$  (*Natural Water Content*),  $\gamma$  (Berat Isi),  $e$  (*Voidratio/angka pori*),  $n$  (Porositas),  $S_r$  (Derajat Kejenuhan).
- b. Klasifikasi USCS dan AASHTO
  1. Analisa Ukuran Butir (*Grain Size Analysis*)
    - Analisa saringan (*Sieve Analysis*)
    - Hidrometer (*Hydrometer Analysis*)
  2. Batas-batas Atteberg (*Atteberg Limits*)
    - *Liquid Limit* (LL) = batas cair
    - *Plastic Limit* (PL) = batas plastis
    - $IP = LL - PL$
  3. Pemadatan :  $\gamma_d$  maks dan  $w$  opt
    - Pemadatan standar/proctor
    - pemadatan modifikasi
    - Dilapangan dicek dengan *sandcone*  $\pm 100\%$   $\gamma_d$  maks
  4. CBR laboratorium (CBR rencana), berdasarkan pemadatan  $\gamma_d$  maks dan  $w$  optimum
    - CBR lapangan : DCP  $\rightarrow$  CBR lapangan

#### **2.1.4 Data penyelidikan material**

Data penyelidikan material dilakukan dengan melakukan penyelidikan material meliputi pekerjaan sebagai berikut :

1. Mengadakan penelitian terhadap semua data material yang ada selanjutnya melakukan penyelidikan sepanjang proyek tersebut yang akan dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
2. Penyelidikan lokasi sumber daya 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 dilapangan hanya berdasarkan gradasi butiran dan karakteristik keplastisannya saja yaitu :

1. Tanah berbutir kasar  
Tanah yang termasuk dalam kelompok ini adalah kerikil, pasir, dan dominan kerikil.
2. Tanah berbutir halus  
Dilapangan tanah kelompok ini untuk dibedakan secara visual antara lempung dan lanau, kecuali dengan cara perkiraan karakteristik plastisnya. (L.Hendarsin Shirley, 2000).

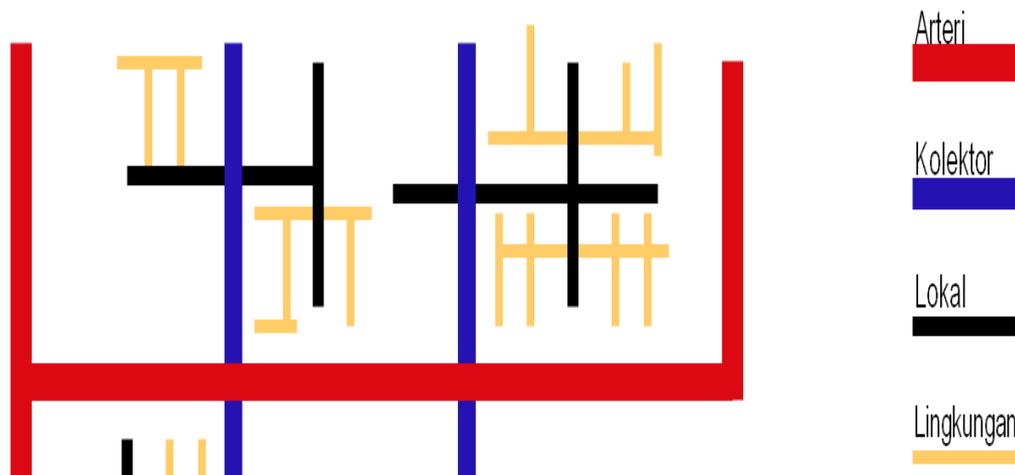
#### **2.2 Klasifikasi Jalan**

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus diidentifikasi sebelum melakukan perancangan jalan. Karena kriteria desain suatu rencana jalan 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.

## 1. Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas :

- a. Jalan arteri adalah jalan yang melayani angkutan umum dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang, dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal 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 adalah jalan angkutan lingkungan (jarak pendek, kecepatan rendah).



Gambar 2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

## 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 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	IIIA	8
Kolektor	IIIA	8
	IIIB	8

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

3. Klasifikasi jalan di Indonesia menurut Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR, 1970)

Dikelompokkan berdasarkan kapasitas lalu lintas harian rata-rata (LHR) yang dilayani dalam satuan smp. Klasifikasi jalan berdasarkan lalu lintas harian rata-rata dapat dilihat pada tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut LHR

Klasifikasi Fungsi	Kelas	Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) dalam Satuan SMP
Utama	I	>20.000
Sekunder	IIA	6000 s/d 20.000
	IIB	1500 s/d 8000
	IIC	< 2.000
Penghubung	III	< 2.000

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970

4. Klasifikasi menurut medan jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.

Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.3

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1.	Datar	D	0 – 3
2.	Perbukitan	B	3 – 25
3.	Pegunungan	G	> 25

Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970

5. Klasifikasi jalan berdasarkan wewenang dan pembinaan jalan.

Pada klasifikasi jenis ini, suatu ruas jalan dapat dibedakan menjadi beberapa golongan, yaitu :

- a. Jalan negara, yaitu jalan yang menghubungkan ibu kota – ibu kota provinsi.
- b. Jalan provinsi, yaitu jalan yang menghubungkan antar tempat/kota didalam suatu provinsi.
- c. Jalan kabupaten/kotamadya, yaitu jalan yang meliputi lingkungan kabupaten maupun kotamadya.
- d. Jalan desa, yaitu yang ada pada lingkungan suatu desa.

Selain jalan negara, yang pendanaannya dibiayai oleh pemerintah pusat, jalan-jalan tersebut juga dibiayai oleh pemerintah daerah setempat, baik Pemerintah Daerah Tingkat I maupun Pemerintah Daerah Tingkat II.

## **2.3 Kriteria Perencanaan Geometrik**

### **2.3.1 Trase Jalan**

Dalam perencanaan maupun pelaksanaan pembangunan jaringan jalan baik jalan lama ataupun jalan baru, maka trase jalan merupakan hal pokok terutama dalam meningkatkan kinerja jalan. Kriteria pemilihan trase jalan dipengaruhi oleh antara lain panjang jalan, klasifikasi medan, besarnya volume galian dan timbunan, banyaknya bangunan pelengkap, alinyemen vertikal maupun horizontal, kondisi tata guna lahan faktor geologi, topografi, dan lingkungan.

### **2.3.2 Penetapan Stasiun (*Stationing*)**

Tujuan dari penetapan stationing, adalah untuk menetapkan titik-titik lintasan suatu trase jalan, sekaligus untuk menentukan panjang suatu trase jalan, atau jarak dari suatu tempat ke tempat yang lainnya pada suatu lokasi jalan. Titik-titik penting atau titik-titik sepanjang jalan tertentu dinamakan dengan titik stasiun. Jadi stasiun atau STA adalah jarak langsung yang diukur dari mulai titik awal, berupa STA 0+000 sampai dengan titik yang akan dicari stasiunnya. Dalam hal menghitung stasiun di dua titik penting, dilakukan dengan cara-cara berdasarkan kriteria sebagai berikut :

1. Untuk daerah datar dibuat jarak patok dibuat  $\pm 100$  m
2. Untuk daerah perbukitan jarak patok dibuat  $\pm 50$  m
3. Untuk daerah pegunungan jarak patok dibuat  $\pm 25$  m
4. Daerah lengkung, jarak patoknya dibuat lebih pendek menurut keperluan yang berkaitan dengan faktor ketelitian.

### **2.3.3 Penampang Memanjang Jalan**

Pembuatan penampang memanjang jalan dibuat dengan skala horizontal 1 : 1000 atau 1 : 2000 dan skala vertikalnya adalah 1 : 100. Penampang memanjang jalan digambarkan secara langsung dari pengukuran lapangan untuk mengetahui dan bagian yang harus ditimbun dalam arah memanjang

trase jalan. Gambar perencanaan penampang memanjang jalan didasarkan pada hasil perhitungan alinyemen vertikal serta standar-standar yang digunakan.

### **2.3.4 Penampang Melintang Jalan**

#### **a. Bagian-Bagian Jalan**

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

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

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

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

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

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

#### **b. Jalur Lalu Lintas**

##### **1. Kemiringan Melintang Jalan**

Untuk daerah normal/ lurus kemiringan melintang jalan 2-3%

untuk jalan aspal/ beton dan 3-5% untuk jalan kerikil. Sedangkan untuk daerah tikungan kemiringan melintang jalan 6-10% sesuai superelevasinya.

## 2. Lebar Lajur

Lajur memiliki lebar berbeda-beda berdasarkan kelas perencanaan.

Tabel 2.4 Lebar Lajur Lalu Lintas

Kelas Perencanaan	Lebar Lajur Lalu Lintas
Tipe I kelas 1	3,5
Tipe I kelas 2	3,5
Tipe II kelas 1	3,5
Tipe II kelas 2	3,25
Tipe II kelas 3	3,00 : 3,25

Sumber : Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota, 1992

## 3. Jumlah Lajur

Untuk volume lalu lintas lebih kecil dari tabel 2.5 digunakan lalu lintas 2 lajur, sedangkan untuk volume lalu lintas yang lebih besar digunakan 4 lajur.

Tabel 2.5 Penentuan Jumlah Lajur Lalu Lintas

Kelas Perencanaan	Standar Perencanaan Lalu Lintas Harian dalam SMP
Tipe I kelas 1	20.000
Tipe I kelas 2	20.000
Tipe II kelas 1	18.000
Tipe II kelas 2	17.000
Tipe II kelas 3	15.000

Sumber : Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota 1992

## c. Bahu Jalan

### 1. Struktur Perkerasan Bahu Jalan

Struktur perkerasan untuk bahu jalan yang tidak diperkeras,

struktur hanya dibuat dari material batu pecah/ kerikil tanpa bahan pengikat/aspal. Sedangkan untuk bahu yang diperkeras digunakan bahan pengikat/aspal.

## 2. Kemiringan Bahu Jalan

Kemiringan bahu jalan diperuntukan sebagai kelancaran drainase. Untuk bahu yang diperkeras kemiringan melintang jalan 2-3%, dan 3-5% untuk bahu yang tidak diperkeras.

## 3. Lebar Bahu

Tabel 2.6 Lebar Bahu Kiri/luar

Klasifikasi Perencanaan		Lebar bahu kiri/luar (m)			
		Tidak ada trotoar			Ada Trotoar
		Standar Minimum	Pengecualian Minimum	Lebar yang diinginkan	
Tipe 1	Kelas 1	2,0	1,75	3,25	
	Kelas 2	2,0	1,75	2,5	
Tipe II	Kelas 1	2,0	1,50	2,5	0,5
	Kelas 2	2,0	1,50	2,5	0,5
	Kelas 3	2,0	1,50	2,5	0,5
	Kelas 4	0,5	0,50	0,5	0,5

Sumber :Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota 1992

Tabel 2.7 Lebar Bahu Kanan/Dalam

Klasifikasi Perencanaan		Lebar bahu kiri/kanan (m)
Tipe I	Kelas 1	1,0
	Kelas 2	0,75
Kelas II	Kelas 1	0,5
	Kelas 2	0,5
	Kelas 3	0,5
	Kelas 4	0,5

Sumber : Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota, 1992

d. Median

Median merupakan ruang pada bagian tengah jalan yang membagi jalan dalam masing-masing arah. Untuk jalan 2 arah 4 lajur atau lebih perlu dilengkapi median. Lebar median merupakan lebar jalur tepian ditambah bangunan pemisah jalur.

Tabel 2.8 Lebar Minimum Median

Kelas perencanaan		Lebar Minimum Standar (m)	Lebar gars Tepi Median (m)
Tipe I	Kelas 1	2,50	0,75
	Kelas 2	2,0	0,5
Tipe II	Kelas 1	2,0	0,25
	Kelas 2	2,0	0,25
	Kelas 3	1,5	0,25

Sumber : Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota, 1992

## e. Trotoar

Tabel 2.9 Lebar Minimum Trotoar

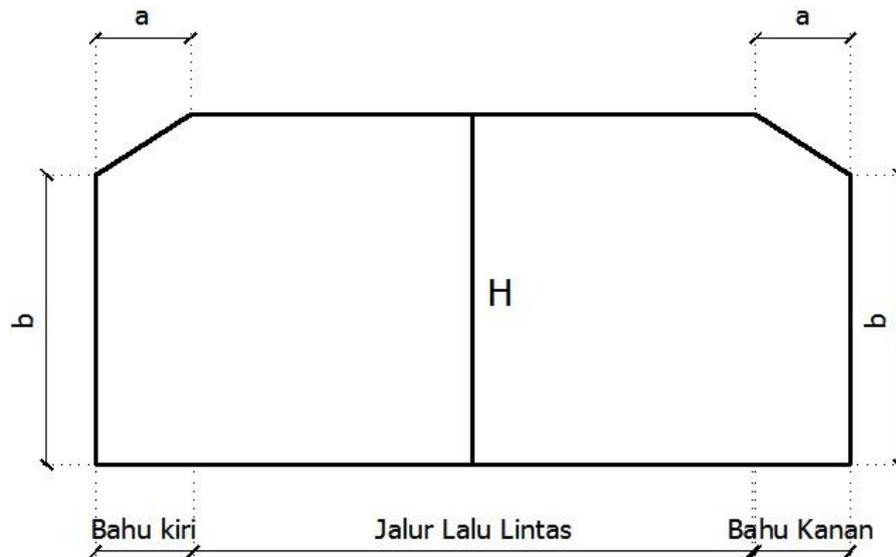
Kelas perencanaan		Standar Minimum (m)
Tipe II	Kelas 1	3,0
	Kelas 2	3,0
	Kelas 3	1,5

Sumber : Standar Perencanaan Geometri Untuk Jalan Luar Kota, 1992

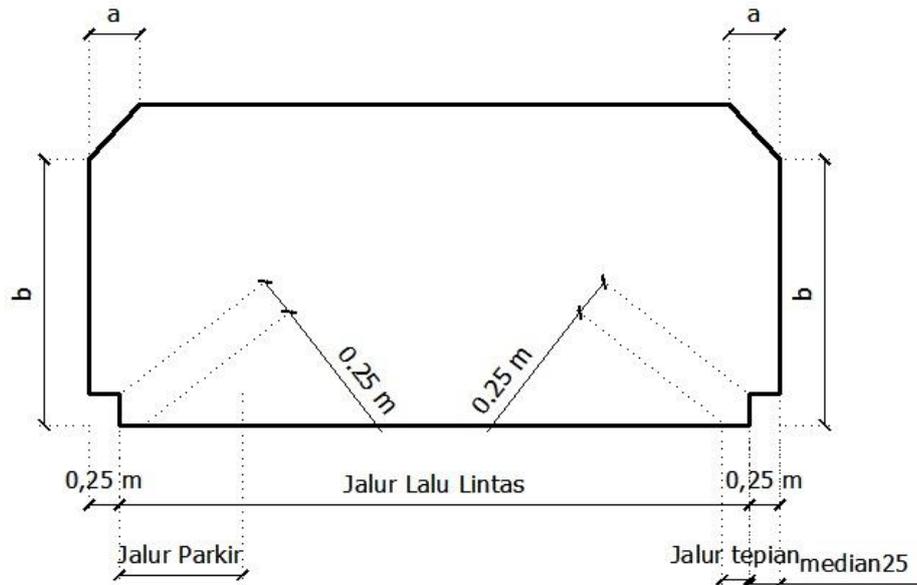
## f. Selokan Samping

Dibuat disisi kiri dan kanan badan jalan dengan fungsi untuk menampung dan membuang air dari permukaan jalan, dan menampung serta membuang air dari daerah pengaliran di sekitar jalan.

## g. Ruang Bebas Kendaraan



Gambar 2.2 Ruang Bebas Untuk Jalur Lalu Lintas Dengan Bahu Jalan



Gambar 2.3 Ruang Bebas Untuk Jalur Lalu Lintas Tanpa Bahu Jalan

$H = 5,10$  m untuk jalan tipe I, kelas 1,2 dan 3

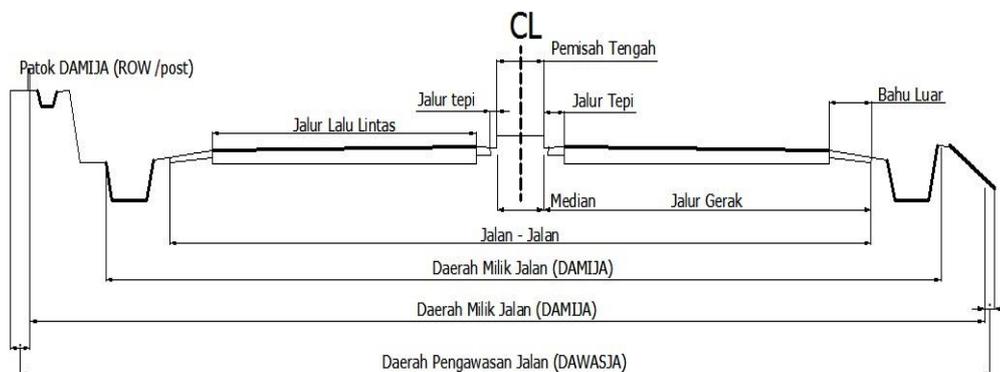
$H = 4,60$  m untuk jalan tipe II kelas 4

$a = 1,0$  m

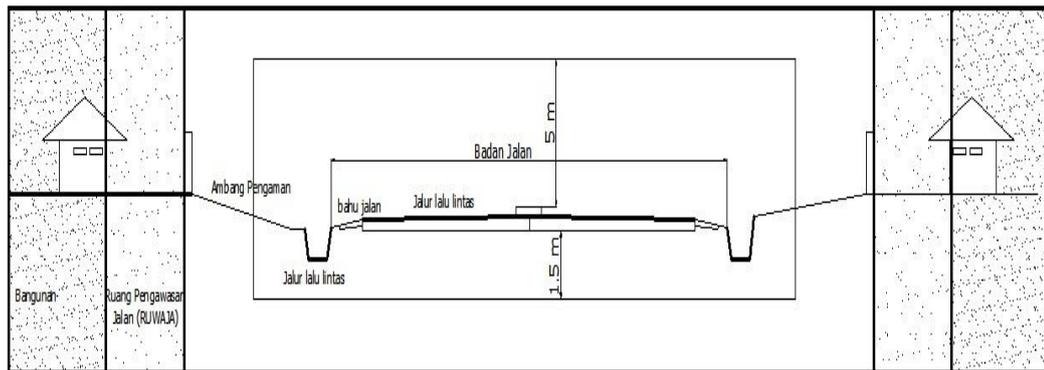
$b = 4,6$  m

$d = 0,75$  untuk jalan tipe I

0,50 untuk jalan tipe II



Gambar 2.4 Bagian Penampang Melintang Jalan



Gambar 2.5 Ruang Lalu Lintas

### 2.3.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas, diukur dari mata pengemudi sampai benda di depan kendaraan tersebut, sedemikian sehingga pengemudi dapat menentukan tindakan menghentikan kendaraan atau menyalip kendaraan lain.

#### a. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti ( $S_s$ ) terdiri dari dua elemen jarak, yaitu:

1. Jarak awal reaksi ( $S_r$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak awal pengereman ( $S_b$ ) adalah jarak pergerakan kendaraan dari menginjak pedal rem sampai kendaraan itu berhenti.

$$S_s = 0,278 \times V_r \times T + 0,039 \frac{V_{R2}}{a}$$

Dimana:

$V_R$  = Kecepatan rencana (km/jam)

$T$  = Waktu reaksi, ditetapkan 2,5 detik

$a$  = Tingkat perlambatan ( $m/dtk^2$ ), ditetapkan  $3,4m/dtk^2$

Jarak pandang henti minimum yang dihitung berdasarkan rumus di atas dengan pembulatan-pembulatannya untuk berbagai  $V_R$  dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

$V_R$ (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
Ss minimum (m)	185	160	130	105	85	65	50	35

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

b. Jarak Pandang Menyiap/ Mendahului

Jarak pandang menyiap harus ditentukan pada bagian jalan yang dipilih, pada jalan dua jalur dua arah jarak pandang menyiap standar dan minimum dinyatakan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Jarak Pandang Menyiap Standar dan Jarak Pandang Menyiap Minimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	JPM standar (m)	JPM minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	75

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik JalanLuar Kota, 1992

### 2.3.6 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal merupakan bidang datar yang melalui sumbu jalan yang merupakan lengkungan/tikungan. Pada tiap tikungan diperlukan adanya lengkung peralihan, karena memang lengkung peralihan bertujuan mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur, dari mulai nol sampai mencapai maximum yang kemudian secara berangsur menjadi nol kembali.

1. Superelevasi (e)

Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan akan memberikan komponen berat kendaraan yang berfungsi untuk mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat

berjalan melalui tikungan pada kecepatan rencana ( $V_r$ ). Besarnya nilai superelevasi maximum ditetapkan sebesar 10% untuk jalan luar kota dan 8% untuk jalan dalam kota.

## 2. Jari-Jari Tikungan

Besarnya jari-jari minimum ( $R_{min}$ ) lengkung pada alinyemen horizontal dapat dicari dengan rumus:

$$R_{min} = \frac{(V_r)^2}{127 (e_{max} + f_{max})}$$

Keterangan :

$R_{min}$  : jari-jari tikungan minimum (m)

$V_r$  : kecepatan rencana (km/jam)

$e_{max}$  : superelevasi maksimum (%)

$f_{max}$  : koefisien gesek maksimum untuk perkerasan aspal  
( $f+0,14 - 0,24$ )

untuk  $V_r < 80$  km/jam  $f_m = - 0,00065 * V_r + 0,192$

untuk  $V_r > 80$  km/jam  $f_m = - 0,00125 * V_r + 0,24$

Panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada Tabel 2.12 berikut ini :

Tabel 2.12 Jari-Jari Minimum

Kecepatan Rencana	Jari-jari minimum (m)	
	Jalan Tipe I	Jalan Tipe II
100	380	460
80	230	280
60	120	150
50	80	100
30	-	30
20	-	15

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

## 3. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan adalah lengkung yang disisipkan di antara bagian lurus jalan dan bagian lengkung jalan berjari-jari tetap  $R$ ; berfungsi mengantisipasi perubahan alinyemen jalan dari bentuk lurus ( $R$  tak

terhingga) sampai bagian lengkung jalan berjari-jari tetap R sehingga gaya sentrifugal yang bekerja pada kendaraan saat berjalan ditikungan berubah secara berangsur-angsur, baik ketika kendaraan mendekati tikungan maupun meninggalkan tikungan. Fungsi lengkung peralihan:

- Sebagai pengantar dari kondisi lurus ke lengkung penuh secara berangsur-angsur.
- Bagian transisi dari gaya sentrifugal yang bertambah dan berkurang (dari nol sampai dengan maksimal) sewaktu kendaraan memasuki dan meninggalkan lengkung.
- Perubahan percepatan dapat terjadi secara berangsur.
- Mengakomodasi kecenderungan lintasan kendaraan yang sesuai tanpa perlu lepas lajur (memperkecil kemungkinan pengambilan lajur yang ada disebelahnya).
- Memberikan kemungkinan untuk mengatur pencapaian kemiringan (perubahan kemiringan melintang secara berangsur-angsur).
- Memungkinkan memberikan pelebaran perkerasan di tikungan secara berangsur-angsur.
- Aspek estetika

Berdasarkan Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan, perhitungan panjang lengkung peralihan adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintasi lengkung peralihan, maka panjang lengkung ( $L_s$ ):

$$L_s = \frac{V_r}{3,6} T$$

Dimana :

T = waktu kecepatan penuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3

$V_R$  = kecepatan rencana (km/jam)

Atau digunakan tabel 2.13 berikut:

Tabel 2.13 Panjang Minimum Lengkung Peralihan

VR (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
Ls min	56	50	44	39	33	28	22	17

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

2. Berdasarkan tingkat perubahan kelandaian melintang jalan ( $\Delta$ ) dari bentuk kelandaian normal ke kelandaian superelevasi penuh tidak boleh melampaui  $\Delta$  maksimum yang ditetapkan pada tabel 2.14

Tabel 2.14 Tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum

VR (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
$\Delta$ (m/m)	1/227	1/213	1/200	1/182	1/167	1/150	1/143	1/133

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

Panjang pencapaian perubahan kelandaian dari kelandaian normal sampai ke kelandaian penuh superelevasi/ lengkung peralihan ( $L_s$ ) dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$L_s = W \cdot \Delta^{-1} \cdot (e_d + e_{nc})$$

Dimana:

$\Delta$  = tingkat perubahan kelandaian melintang maksimum (%)

W = lebar satu lajur lalu lintas (m) tipikal 3,6 m

$e_{NC}$  = kemiringan melintang normal (%)

$e_d$  = tingkat superelevasi rencana (%)

$L_s$  = panjang lengkung peralihan (m)

3.  $L_s$  ditentukan yang memenuhi kedua kriteria tersebut diatas, sehingga dipilih nilai  $L_s$  yang terpanjang.

4. Tingkungan yang memiliki R lebih besar atau sama dengan yang ditunjukkan pada tabel 2.15, tidak memerlukan lengkung peralihan.

Tabel 2.15 Jari-jari Tingkungan Yang Tidak memerlukan Lengkung Peralihan

VR (km/jam)	100	90	80	70	60	50	40	30
Rmin (m) tanpa lengkung peralihan	5000	3000	2500	2000	1500	1200	800	500

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

Terdapat 3 macam aplikasi lengkung pada perencanaan alinyemen horizontal yaitu:

a. Full circle

Tipe lengkung ini tidak memerlukan lengkung peralihan dan pada umumnya dipakai pada daerah dataran dan mempunyai jari-jari yang besar.

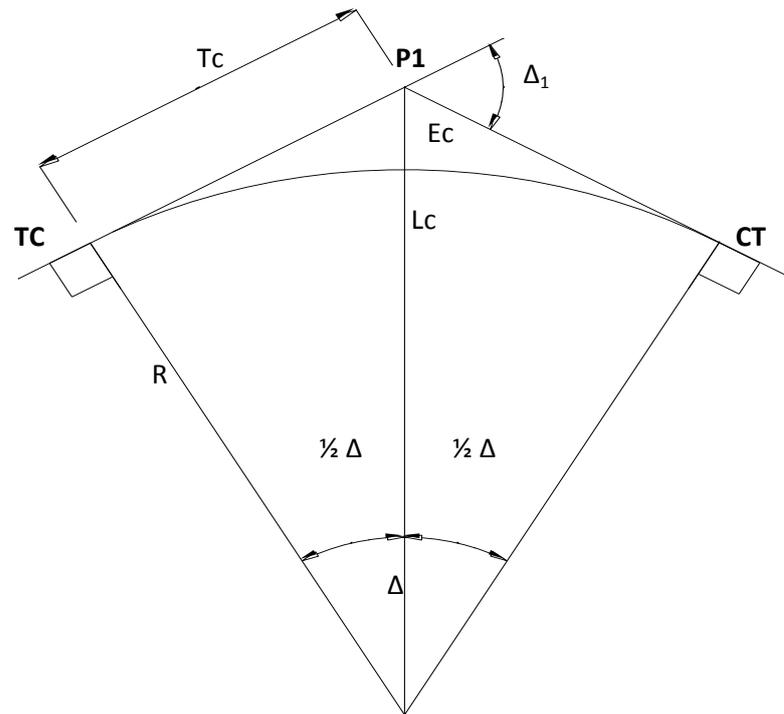
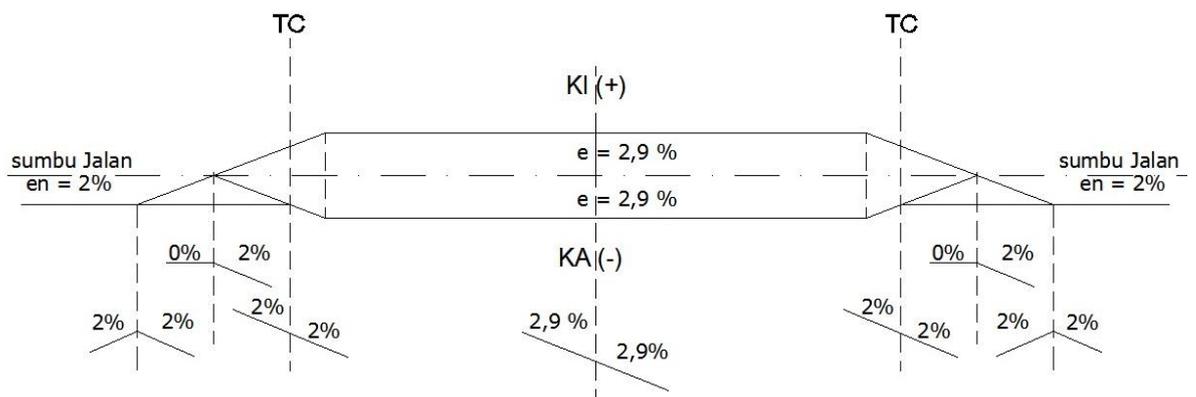
Rumus-rumus yang digunakan:

$$T = Rc \cdot \tan (\Delta/2)$$

$$E = T \cdot \tan (\Delta/2) = \sqrt{Rc^2 \tan^2 (\Delta/2)} - Rc = Rc \cdot (\sec \frac{\Delta}{2} - 1)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi Rc = 0,01745 \cdot \Delta \cdot Rc$$

$$Lt = Lc$$

Gambar 2.6 Lengkung Tikungan *Full Circle*Gambar 2.7 Diagram superelevasi tikungan *Full Circle*

Keterangan:

PI = Point of intersection

Rc = Jari-jari circle (m)

$\Delta$  = Sudut tangen

TC = Tangent circle, titik perubahan dari Tangent ke Circle

CT = Circle tangent, titik perubahan dari Circle ke Tangent

T = Jarak antara TC dan PI atau sebaliknya PI dan CT (m)

Lc = Panjang bagian lengkung circle (m)

E = Jarak PI ke lengkung circle (m)

b. Spiral Circle Spiral (S-C-S)

Merupakan tingkungan yang terdiri atas 1 lengkung circle dan 2 lengkung spiral. Berikut adalah rumus-rumus yang digunakan:

$$Ls = 0,0022 * \frac{Vr^3}{R * C} 2,727 * \frac{Vr * e}{C}$$

$$\theta_s = 28,648 * \frac{Ls}{Rc} \text{ (derajat)}$$

$$Xc = Ls * \left[ 1 - \frac{Ls^2}{40 * Rc^2} + \frac{Ls^4}{3456 * Rc^4} - \frac{Ls^6}{599040 * Rc^6} + \dots \right]$$

$$Yc = \frac{Ls^2}{6 * Rc} \left[ 1 - \frac{Ls^2}{56 * Rc^2} + \frac{Ls^4}{7040 * Rc^4} - \frac{Ls^6}{1612800 * Rc^6} + \dots \right]$$

$$S = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$a = \Delta - 2 * \theta_s$$

$$Lc = Rc * \pi * a / 180$$

$$\Delta Rc = Yc + Rc (\cos \theta_s - 1)$$

$$E = \left[ \frac{Rc + \Delta Rc}{\cos \Delta / 2} \right] - Rc$$

$$Xm = X - Rc * \sin \theta_s$$

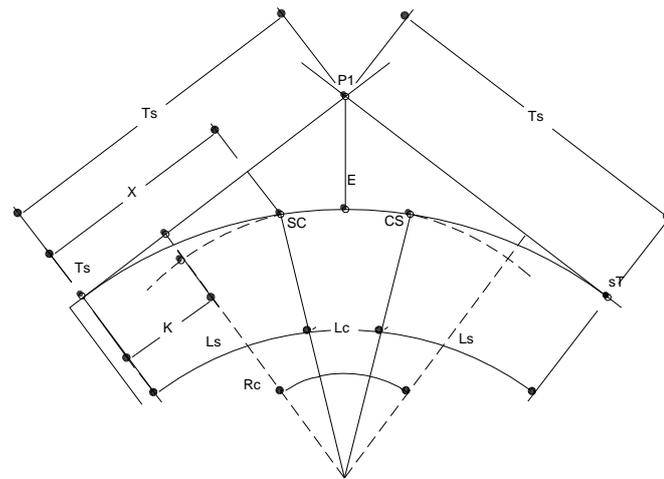
$$W = (Rc + \Delta Rc) * \text{tg} (\frac{1}{2} \Delta)$$

$$T = Xm + W$$

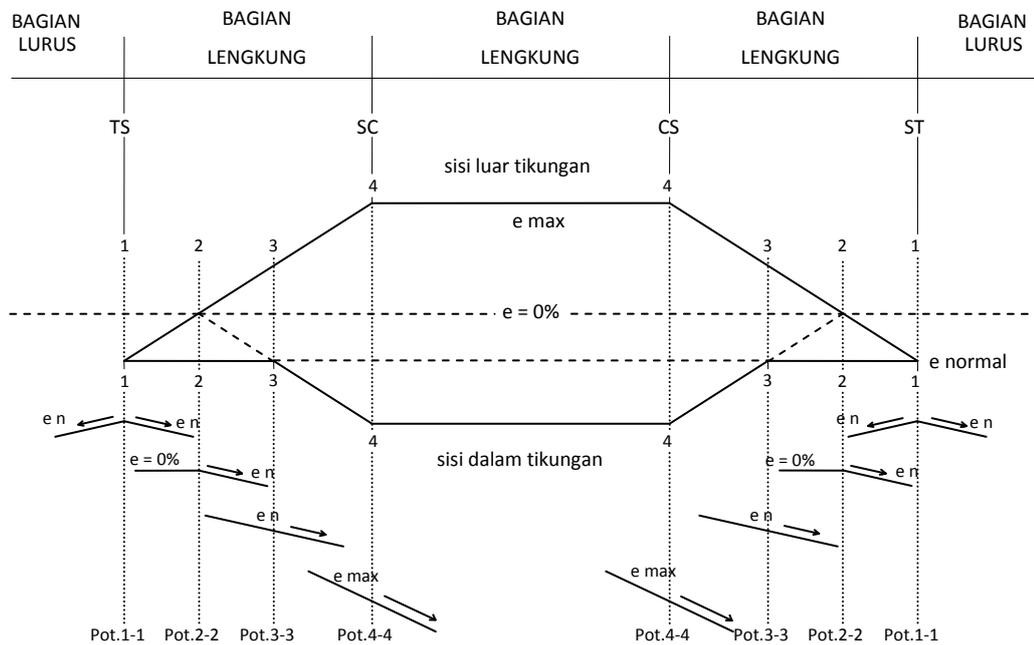
$$TL = x - y \text{ ctg} \theta_s$$

$$Tk = \frac{T}{\sin \theta_s}$$

$$Lt = 2 * Ls + Lc$$



Gambar 2.8 Lengkung Spiral Circle Spiral



Gambar 2.9 diagram superelevasi Spiral-Circle-Spiral

Keterangan:

PI = *Point of Intersection*, titik perpotongan garis tangen utama

TS = Tangent Spiral, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)

SC = Spiral Circle, titik perubahan dari Spiral ke Circle

ST = Spiral Tangent, titik perubahan dari Spiral ke Tangent

- $R_c$  = Jari-jari circle (m)  
 $L_c$  = Panjang lengkung lingkaran  
 $L_s$  = Panjang tangent utama  
 $E$  = Panjang eksternal total dari PI ke tengah lengkung lingkaran  
 $TI$  = Panjang ‘tangent panjang’ dari spiral  
 $Tk$  = Panjang ‘tangent pendek’ dari spiral  
 $S$  = Panjang tali busur spiral  
 $X_m$  = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangent  
 $\Delta$  = Sudut pertemuan antara tangent utama  
 $\alpha$  = Sudut pertemuan antara lingkaran dan sudut pusat lingkaran  
 $\theta_s$  = Sudut spiral  
 $X_c, Y_c$  = Koordinat SC atau CS terhadap TS-PI atau PI-TS.

c. Spiral-Spiral (S-S)

Lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran  $L_c = 0$ , dan  $\theta_s = \frac{1}{2}\beta$ .  $R_c$  yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga  $L_s$  yang dibutuhkan lebih besar dari  $L_s$  yang menghasilkan landai relatif minimum yang disyaratkan. Rumus-rumus yang digunakan :

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta$$

$$L_s = \frac{2\pi}{360} \cdot 2\theta$$

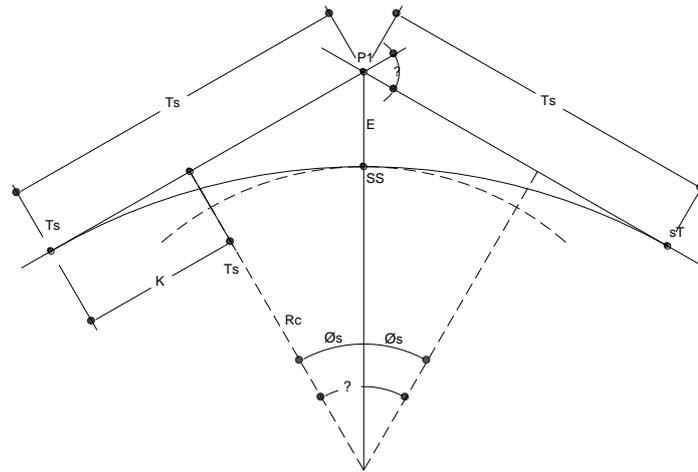
$$L_c = 0$$

$$X_m = X - R_c \cdot \sin \theta_s$$

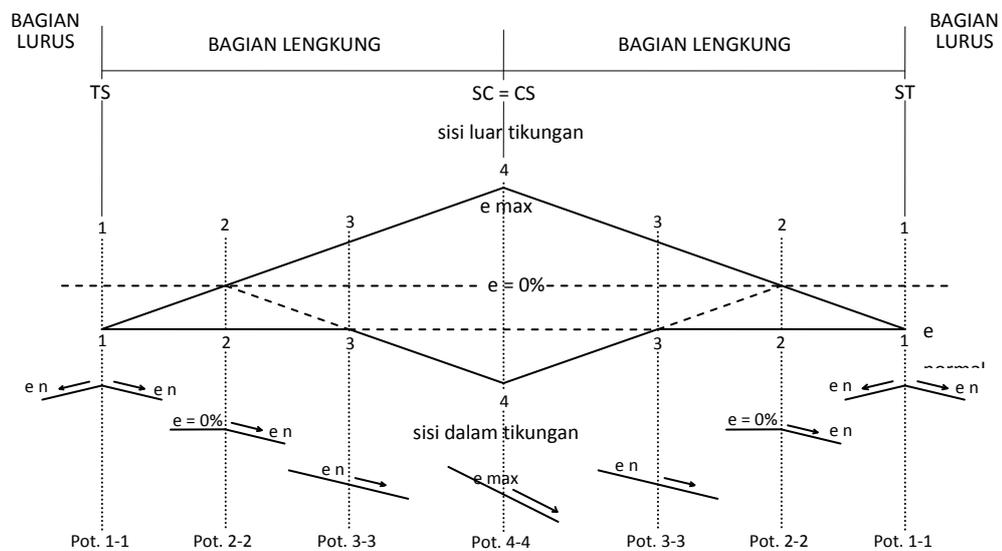
$$W = (R_c + \Delta R_c) \times \text{tg} (\frac{1}{2}\Delta)$$

$$T_s = X_m + W$$

$$E_s = \left[ \frac{R_c + \Delta R_c}{\cos \Delta \theta_s} \right]$$



Gambar 2.10 Lengkung Spiral - Spiral



Gambar 2.11 Lengkung Spiral – Spiral

Keterangan:

PI = Point of Intersection, titik perpotongan garis tangen utama

$T_s$  = Jarak antara PI dan TS

$L_s$  = Panjang bagian lengkung spiral

$E$  = Jarak PI ke lengkung spiral

$\Delta$  = Sudut pertemuan antara tangen utama

$\theta_s$  = Sudut spiral

- TS = Tangent Spiral, titik awal spiral (dari Tangent ke Spiral)  
 ST = Spiral tangent, titik perubahan dari spiral ke tangent  
 Rc = Jari-jari circle (m)  
 Xm = Jarak dari TS ke titik proyeksi pusat lingkaran pada tangent.

### 2.3.7 Pelebaran Perkerasan Pada Tikungan

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

1. Pada waktu membelok yang memberi tanda belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
2. Jejak lintasan kendaraan tidak lagi berhimpit, karena bumper depan dan belakang kendaraan akan mempunyai lintasan yang berbeda dengan lintasan roda depan dan roda belakang kendaraan.
3. Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari itu maka pada tikungan-tikungan yang tajam perlu perkerasan jalan diperlebar. Pelebaran perkerasan ini merupakan faktor dari jari-jari lengkung, kecepatan kendaraan, jenis dan ukuran kendaraan rencana yang dipergunakan sebagai dasar perencanaan.

Pada umumnya truk tunggal digunakan sebagai jenis kendaraan 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.

Elemen-elemen dari pelebaran perkerasan tikungan terdiri dari:

1. *Off Tracking*

Untuk perencanaan geometrik jalan antar kota, Bina Marga memperhitungkan lebar B dengan mengambil posisi kritis kendaraan

yaitu pada saat roda depan kendaraan pertama kali dibelokkan dan tinjauan dilakukan pada lajur sebelah dalam.

Rumus:

$$B = R_w - R_i$$

$$R_i + b = \sqrt{(R_w)^2 - (p + A)^2}$$

$$R_w = \sqrt{(R_i + b)^2 + (p + A)^2}$$

$$R_i = R_w - B$$

$$R_w - B + b = \sqrt{(R_w)^2 - (p + A)^2}$$

$$B = R_w + b - \sqrt{(R_w)^2 - (p + A)^2}$$

Keterangan:

$b$  = lebar kendaraan rencana

$B$  = lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditingkungan pada lajur sebelah dalam

$R_w$  = radius lengkung terluar dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam. Besarnya  $R_w$  dipengaruhi oleh tonjolan depan ( $A$ ) kendaraan dan sudut belokan roda depan ( $\alpha$ )

$R_i$  = radius lengkung terdalam dari lintasan kendaraan pada lengkung horizontal untuk lajur sebelah dalam. Besarnya  $R_i$  dipengaruhi oleh jarak gandar kendaraan ( $p$ ).

$R_c$  = Radius lajur sebelah dalam – 0,5 lebar perkerasan + 0,5b

$$R_c^2 = (R_i + 0,5b)^2 + (p + A)^2$$

$$(R_i + 0,5b)^2 = R_c^2 - (p + A)^2$$

$$(R_i + 0,5b)^2 = \sqrt{(R_w)^2 - (p + A)^2}$$

$$R_i = \sqrt{(R_w)^2 - (p + A)^2} - 0,5b$$

## 2. Kesukaran Dalam Mengemudi di Tinkungan

Semakin tinggi kecepatan kendaraan dan semakin tajam tikungan tersebut, semakin besar tambahan pelebaran akibat kesukaran dalam mengemudi. Hal ini disebabkan oleh karena kecenderungan

terlemparnya kendaraan ke arah luar dalam gerakan menikung tersebut.

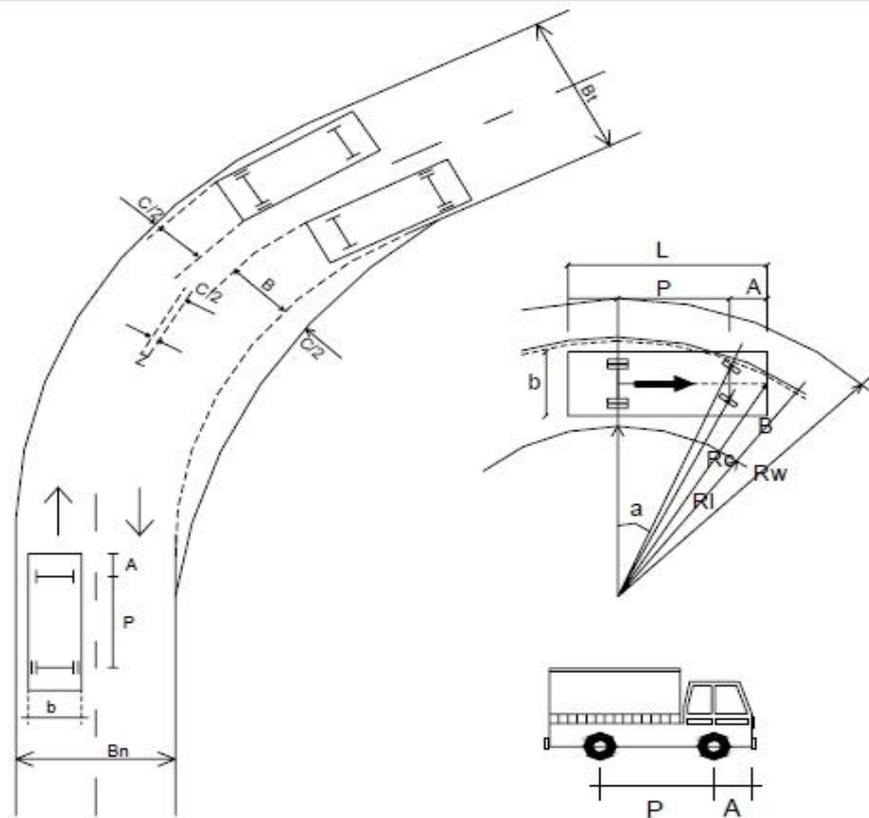
$$Z = 0,105 V/R$$

Keterangan:

V = Kecepatan, km/jam

R = Radius lengkung, m

Kebebasan samping di kiri dan kanan jalan tetap harus dipertahankan demi keamanan dan tingkat pelayanan jalan. Kebebasan samping (C) sebesar 0,5 m, 1 m, dan 1,25 m cukup memadai untuk jalan dengan lebar lajur 6 m, 7 m, dan 7,50 m.



Gambar 2.12 Pelebaran Perkerasan Pada Tingkungan

Keterangan:

b = lebar kendaraan rencana

B = lebar perkerasan yang ditempati suatu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam

U = B - b

- $C$  = lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan  
 $Z$  = lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan  
 $B_n$  = lebar total perkerasan pada bagian lurus  
 $B_t$  = lebar total perkerasan di tikungan =  $n(B+C) + Z$   
 $n$  = jumlah lajur  
 $\Delta b$  = tambahan lebar perkerasan di tikungan =  $B_t - B_n$

### 2.3.8 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan, yang umumnya biasa disebut dengan profil/ penampang memanjang jalan.

#### a. Landai Minimum

Untuk jalan-jalan di atas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15 % yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan. Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 - 0,50 %.

#### b. Landai Maksimum

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

Tabel 2.16 Kelandaian Maksimum Yang Diijinkan

Kecepatan Rencana	100	80	60	50	40	30	20
Landai Maksimum (%)	3	4	5	6	7	8	9

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

Panjang kritis yaitu panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian

sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari separuh VR. Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit.

Tabel 2.17 Panjang Kritis (m)

Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian (%)	Panjang kritis dari kelandaian (m)
100	4	700
	5	500
80	5	600
	6	500
60	6	500
	7	400
50	7	500
	8	400
40	8	400
	9	300

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota 1992

c. Lajur Pendakian

Pada jalur jalan dengan rencana volume lalu lintas yang tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan di bawah kecepatan rencana (VR), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaiknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan. Pada bagian tanjakan dengan landai 5 % atau lebih (3% atau lebih untuk jalan dengan kecepatan rencana 100 km/jam atau lebih), jalur pendakian untuk kendaraan berat hendaknya disediakan, tergantung pada panjang landai dan karakteristik lalu lintas. Dan untuk lebar lajur pendakian pada umumnya 3,0 meter.

d. Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal dalam standar ini ditetapkan berbentuk parabola

sederhana. Panjang lengkung vertikal cembung, berdasarkan jarak pandang henti dapat ditentukan dengan rumus berikut (AASHTO 2001):

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ( $S < L$ )

$$L = \frac{AS^2}{658}$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal ( $S > L$ )

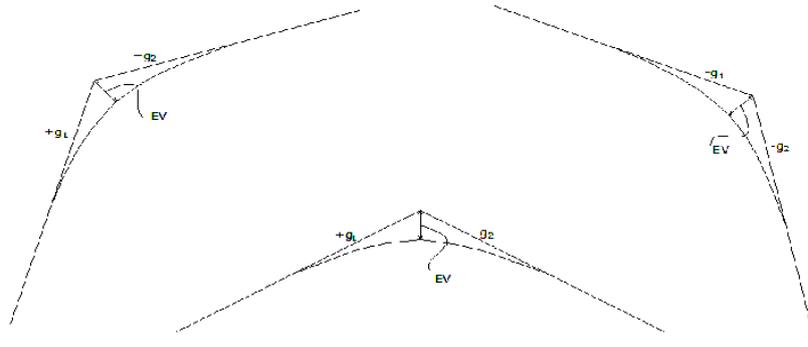
$$L = 2S - \frac{658}{A}$$

Panjang minimum lengkung vertikal cembung berdasarkan jarak pandangan henti, untuk setiap kecepatan rencana (VR) dapat menggunakan Tabel 2.18

Tabel 2.18 Kontrol Perencanaan Untuk Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

Kecepatan Rencana (Km/h)	Jarak Pandang Henti (m)	Nilai Lengkung Vertikal (K)
20	25	1
30	35	2
40	50	4
50	65	7
60	85	11
70	105	17
80	130	26
90	160	39
100	185	52
Keterangan : Nilai K adalah perbandingan antara panjang lengkung vertikal cembung (L) dan perbedaan aljabar kelandaian (A), $K=L/A$		

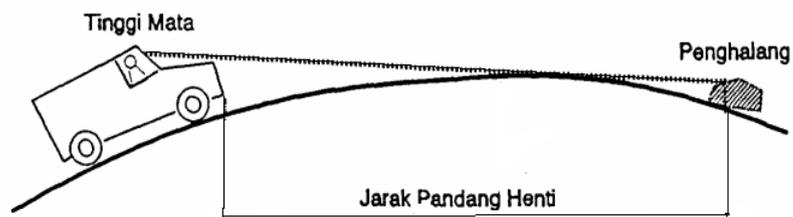
Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992



Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cembung

Keterangan:

- G1 dan G2 = besarnya kelandaian (%)  
 Tanda (+) = pendakian  
 Tanda (-) = penurunan  
 Ev = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung  
 PPV = titik perpotongan vertikal



Gambar 2.14 Lengkung Vertikal Cembung

Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandangan henti dapat ditentukan dengan rumus berikut(AASHTO 2001):

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ( $S < L$ )

$$L = \frac{AS^2}{120 + 3,55}$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal ( $S > L$ )

$$L = 2S - \left( \frac{120 + 3,55}{A} \right)$$

Dimana:

L = panjang lengkung cekung (m)

A = perbedaan aljabar landai (%)

S = jarak pandang henti (m)

Tabel 2.19 Kontrol Perencanaan Untuk Lengkung Vertikal Cekung Berdasarkan Jarak Pandang Henti

Kecepatan Rencana (Km/h)	Jarak Pandang Henti (m)	Nilai Lengkung Vertikal (K)
20	25	3
30	35	6
40	50	9
50	65	13
60	85	18
70	105	23
80	130	30
Keterangan : Nilai K adalah perbandingan antara panjang lengkung vertikal cekung(L)		

Sumber : Standar Perencanaan Geometrik Jalan Luar Kota, 1992

Panjang lengkung vertikal cekung berdasarkan jarak pandangan lintasan di bawah dapat ditentukan dengan rumus berikut (AASHTO 2001):

1. Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ( $S < L$ )

$$L = \frac{AS^2}{800 (C - 1,5)}$$

2. Jika jarak pandang lebih besar dari panjang lengkung vertikal ( $S > L$ )

$$L = 2S - \left( \frac{800 (C - 1,5)}{A} \right)$$

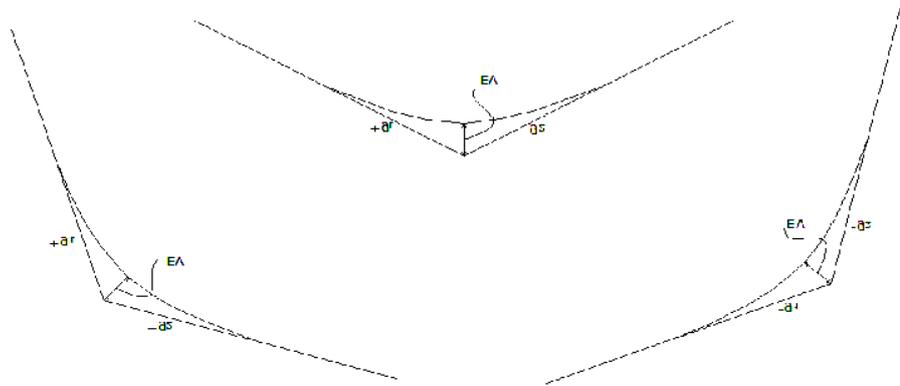
Dimana:

$L$  = panjang lengkung vertikal cekung (m)

$A$  = perbedaan aljabar landai (%)

$S$  = jarak pandang (m)

$C$  = kebebasan vertikal (m)



Gambar 2.15 Lengkung Vertikal Cekung dengan  $S < L$

Keterangan:

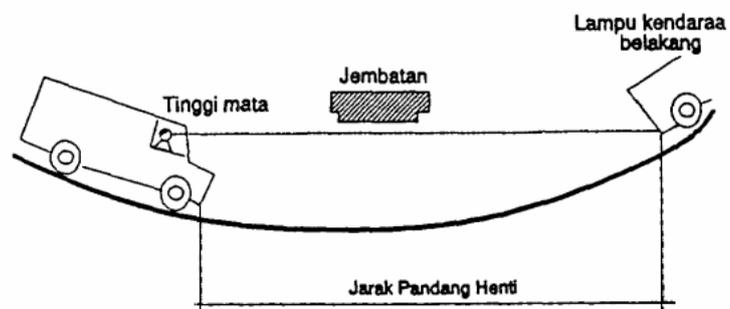
$G_1$  dan  $G_2$  = besarnya kelandaian (%)

Tanda (+) = pendakian

Tanda (-) = penurunan

$E_v$  = pergeseran vertikal dari titik PPV ke bagian lengkung

PPV = titik perpotongan vertikal



Gambar 2.16 Lengkung Vertikal Cekung

## 2.4 Aspek Perkerasan Jalan

Struktur perkerasan jalan adalah bagian konstruksi jalan yang diperkeras dengan lapisan konstruksi tertentu yang memiliki ketebalan, kekuatan dan kekakuan serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas di atasnya ke seluruh tanah dasar.

### 2.4.1 Jenis Struktur Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan dibedakan menjadi tiga yaitu:

a. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*) yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai pengikatnya. Konstruksi perkerasan terdiri dari:

1. Lapis permukaan (*surface course*), berfungsi sebagai:
  - Lapis perkerasan penahan beban roda. Lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
  - Lapis aus, sebagai lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
  - Lapis kedap air, sebagai lapisan yang tidak tembus oleh air hujan yang jatuh di atasnya sehingga dapat melemahkan lapisan tersebut.
  - Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.
2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), berfungsi untuk:
  - Menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis dibawahnya.
  - Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
  - Lantai kerja bagi lapisan permukaan.
  - Mengurangi *compressive stress* pada *sub-base* sampai tingkat yang dapat diterima.

- Menjaga bahwa besarnya regangan pada lapis bawah bitumen (material surface) tidak akan menyebabkan cracking.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*), berfungsi untuk:

- Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
- Efisiensi penggunaan material.
- Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lantai kerja bagi lapis pondasi atas.

4. Lapisan Tanah Dasar (*sub-grade*)

Tanah dasar adalah tanah setebal 50-100 cm dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik, cukup hanya dipadatkan saja, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi baik dengan kapur, semen atau bahan lainnya. Pematatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar optimum diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapis tanah dasar dapat dibedakan atas lapisan tanah dasar galian, lapisan tanah dasar timbunan, dan lapisan tanah dasar asli.

b. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku merupakan pelat beton tipis yang dicor diatas suatu lapisan pondasi (*base-course*) atau langsung di atas tanah dasar. Sebagai bahan pengikat dipakai Portland *cement*. Jenis-jenis perkerasan kaku :

1. Tanpa tulangan dengan sambungan
  2. Dengan tulangan dengan sambungan
  3. Dengan tulangan tanpa sambungan (menerus)
  4. *Fibre reinforced concrete*
  5. Dengan blok-blok beton
- c. Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)  
Merupakan struktur perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan kaku diatas perkerasan lentur atau sebaliknya.

#### 2.4.2 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.

Jenis-jenis konstruksi perkerasan, yaitu :

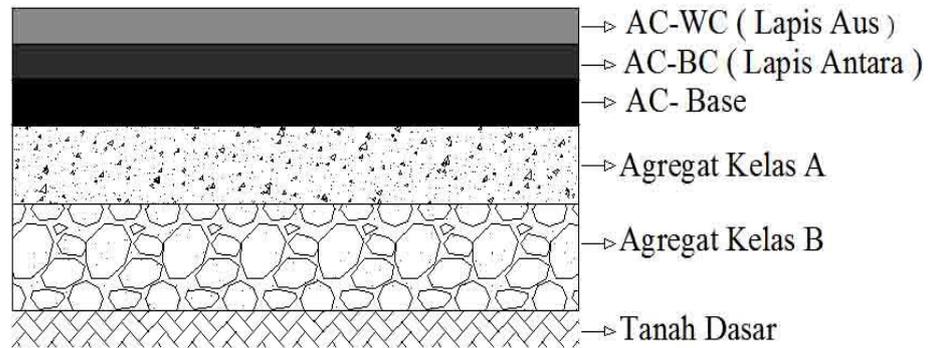
##### 1. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Konstruksi perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat 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. Konstruksi perkerasan terdiri dari:

- a. Lapis permukaan (*surface course*), berfungsi sebagai:
  - Lapis perkerasan penahan beban roda. Lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama masa pelayanan.
  - Lapis aus, sebagai lapisan yang langsung menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.

- Lapis kedap air, sebagai lapisan yang tidak tembus oleh air hujan yang jatuh di atasnya sehingga dapat melemahkan lapisan tersebut.
  - Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.
5. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*), berfungsi untuk:
- Menahan gaya lintang dan menyebarkan ke lapis dibawahnya.
  - Lapisan peresapan untuk lapis pondasi bawah.
  - Lantai kerja bagi lapisan permukaan.
  - Mengurangi *compressive stress* pada *sub-base* sampai tingkat yang dapat diterima.
  - Menjaga bahwa besarnya regangan pada lapis bawah bitumen (material surface) tidak akan menyebabkan cracking.
6. Lapis Pondasi Bawah (*Sub Base Course*), berfungsi untuk:
- Menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
  - Mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
  - Efisiensi penggunaan material.
  - Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
  - Lantai kerja bagi lapis pondasi atas.
7. Lapisan Tanah Dasar (*sub-grade*)
- Tanah dasar adalah tanah setebal 50-100 cm dimana akan diletakkan lapisan pondasi bawah. Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan. Jika tanah aslinya baik, cukup hanya dipadatkan saja, tanah yang didatangkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabilisasi baik dengan kapur, semen atau bahan lainnya. Pemadatan yang baik diperoleh jika dilakukan pada kadar optimum diusahakan kadar air tersebut konstan selama umur rencana, hal ini dapat dicapai dengan perlengkapan drainase yang memenuhi syarat. Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapis tanah dasar dapat dibedakan atas lapisan tanah dasar galian, lapisan tanah dasar timbunan, dan lapisan tanah dasar asli

Adapun struktur lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.17



Gambar 2.17 Struktur Lapisan Perkerasan Lentur

## 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.

### 2.4.3 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.

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

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - ( CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}} ) / R$$

Dimana nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat didalam satu segmen. Nilai R dapat dilihat pada tabel 2.17

Tabel 2.20 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 : Perkerasan Lentur Jalan Raya, 1993)

## 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
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 ekuivalen yang merupakan hasil penjumlahan dari angka ekuivalen sumbu depan dan sumbu belakang.

Beban masing-masing sumbu dipengaruhi oleh titik berat dari kendaraan tersebut.

$$E = E_{\text{sumbu depan}} + E_{\text{sumbu belakang}}$$

$$E_{\text{sumbu depan}} = \text{Distribusi Beban}_{\text{sumbu depan}} \\ (\text{Beban}_{\text{sumbu tunggal}}, \text{kg}/8160)^4$$

$$E_{\text{sumbu belakang}} = \text{Distribusi Beban}_{\text{sumbu belakang}} \\ (\text{Beban}_{\text{sumbu tunggal}}, \text{kg}/8140)^4$$

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 kendaran 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 didaerah bersangkutan, jenis dan berat beban yang diangkut oleh kendaraan berat tergantung dari jenis kegiatan yang ada didaerah 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 lalulintas 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 2.18

Tabel 2.21 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 : *Perencanaan Teknik Jalan Raya Politeknik Negeri Bandung*)

Persentase kendaraan pada lajur rencana dapat ditentukan dengan menggunakan koefisien distribusi kendaraan, untuk jenis kendaraan ringan dan berat. Koefisien distribusi kendaraan  $D_L$  dapat dilihat pada tabel 2.19

Tabel 2.22 Koefisien Distribusi Perlajur Rencana ( $D_L$ )

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	0,300	0,400	0,450
5 lajur	-	0,250	-	0,425
6 lajur	-	0,200	-	0,400

(Sumber : Perencanaan Teknik Jalan Raya Politeknik Negeri Bandung)

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. Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan ( LEF )

*Load equivalency factor* (LEF), setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (*tandem*) dan tiga sumbu (*triple*). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat di hitung dengan persamaan :

$$LEF = \frac{W_t 18}{W_t x}$$

$$\begin{aligned} \text{Log} \left( \frac{W_t x}{W_t 18} \right) &= 4,79 \log (18 + 1) - 4,79 \log (l_x + l_2) + 4,33 \log l_2 + \\ &\frac{\log \left( \frac{\Delta IP}{IP_o - IP_t} \right)}{0,40 + \frac{0,081(l_x + l_2)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19} l_2^{3,23}}} - \frac{\log \left( \frac{\Delta IP}{IP_o - IP_t} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18 + 1)^{3,23}}{(SN + 1)^{5,19}}} \end{aligned}$$

Keterangan:

*LEF* = Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang di timbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu standar

*W<sub>t</sub>x* = Angka beban sumbu x pada akhir waktu t

$W_{18}$  = Angka 18 –kip (80 KN ) beban sumbu tunggal

$l_x$  = Beban dalam kip pada suatu sumbu tunggal /sumbu ganda/sumbu triple

$l_2$  = Kode beban ( 1 poros tunggal, 2 tandem, 3 triple )

$SN$  = Nilai struktural, fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari pondasi dan pondasi bawah

$\Delta IP$  = Perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ )

$IP_t$  = Indeks pelayanan jalan hancur (min 1,5)

d. Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (  $W_{18}$  )

$W_{18}$  di berikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana lalu lintas pada lajur rencana ini di berikan persamaan berikut pada lajur rencana lain:

$$W_{18} = 365 \times D_L \times W_{18}$$

Keterangan :

$W_{18}$  = Akumulasi lalin pada lajur rencana pertahun

$D_L$  = faktor distribusi lajur pada lajur rencana

$W_{18}$  = Akumulasi beban sumbu standar komulatif perhari, sesuai dengan

$$W_{18} = \sum_i^n Bsi \cdot LEFi$$

$Bsi$  = Beban setiap sumbu

$LEFi$  = Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan

e. Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana ( $W_t / W_{18}$  )

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana.

Rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} = W_{18} \times \left[ \frac{(i + g)^{n-1}}{g} \right]$$

Keterangan :

$W_t = W_{18} =$  Jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana

$n =$  Umur pelayanan ( tahun )

$W_{18} =$  Beban sumbu standar kumulatif 1 tahun , pada lajur rencana

$g =$  Perkembangan lalulintas

#### 5. Tingkat kepercayaan ( *reabilitas* ) R

Pengertian tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidak pastian kedalam proses perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana.

Tabel. 2.23 Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai-macam Klasifikasi Jalan

Klasifikasi jalan	Rekomendasi	
	Perkotaan	Antar kota
Bebas hambatan	85,0 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

penerapan konsep reabilitas harus memperhatikan langkah berikut :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau antar kota.
- Pilih tingkat realibilitas dari rentang yang diberikan pada tabel
- Pilih deviasi standar (  $S_0$  ) yang harus mewakili kondisi setempat rentang nilai  $S_0$  adalah 0,35 – 0,45.

Tabel.2.24 Deviasi Normal Standar ( $Z_R$ ) untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan

Tingkat Kepercayaan R ( % )	Deviasi Normal standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R ( % )	Deviasi Normal standar $Z_R$	Tingkat Kepercayaan R ( % )	Deviasi Normal standar $Z_R$
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,475	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

#### 6. Kinerja perkerasan

Pada metoda ini tingkat pelayanan perkerasa dinyatakan dengan indeks pelayanan "IP saat ini (*present serviceability indeks*, PSi ) yang di peroleh berdasarkan hasil pengukuran ketidak rataan (*roughness*) dan kausar, (alur retak dan tambahan). Nilai PSi berkisar antara 0-5, nilai 5 menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik). Untuk keperluan perancangan, di perlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir.

Tabel 2.25 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi jalan	Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

Indeks pelayanan awal (  $IP_0$  ) di peroleh berdasarkan perkiraan penggunaan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Indeks pelayanan awal (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat di terima sebelum perkerasan perlu di perkuat. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir digunakan, min 2,5 sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya rendah 2,0.

Tabel 2.26 Indeks Pelayanan Pada Awal  $IP_0$

Klasifikasi jalan	Indeks pelayanan perkerasan lentur Pada awal umur rencana ( $IP_0$ )
Lapis beton aspal ( Laston /AC) dan lapis beton aspal modifikasi ( laston modifikasi / AC – Mod )	$\geq 4,0$
Lapis tipis beton aspal ( Lataston / HRS )	$\geq 4,0$

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

#### 7. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, maupun lapis podasi bawah

Tabel 2.27 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan ( a )

Jenis Bahan	Kekuatan bahan						Koef.kekutan		
	Modulus elastis		Stbilitas Marshall(k g)	Kuat tekan Bebas ( kg/cm <sup>2</sup> )	ITS Kpa	CBR %	a1	a2	a3
	(mpa)	(x1000Ps i)							
1. LAPIS PERMUKAAN									
Laston modifikasi									
- lapis aus modifikasi	3200 <sup>5</sup>	460	1000			0,414			
- lapis antara modifikasi laston	3500 <sup>5</sup>	508	1000			0,360			
- lapis aus	3000 <sup>5</sup>	435	800			0,400			
- lapis antara laston	3200 <sup>5</sup>	464	800			0,344			
- lapis aus	2300 <sup>5</sup>	340	800			0,350			
2. LAPIS PONDASI									
- lapis pondasi laston modifikasi 1	3700 <sup>5</sup>	536	2250 <sup>2</sup>				0,305		



3. LAPISAN PONDASI BAWAH									
- Ag. Kelas B	125	18			60				0,125
- Ag. Kelas C	103	15			35				0,112
- Konst.Talford									
- Pemadatan mekanis					52				0,104
- Pemadatan manual					32				0,674
- Material pilihan	84	12			10				0,080

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

Pemilihan tipe lapisan beraspal dan tingkatan yaitu dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan

Tabel 2.28 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu lintas rencana ( juta )	Tipe lapisan beraspal	
	Kec. Kendaraan 20-70 km/jam	Kec. Kendaraan $\geq 70$ km/jam
< 0,30	Perancangan perkerasan lentur untuk LL rendah	
0,3 - 10	Lapis tipis beton aspal	Lapis tipis beton aspal (laston – HRS )
10 - 30	Lapis beton aspal (Laston – AC)	Lapis beton aspal (Laston – AC)
$\geq 30$	Lapis beton aspal Modifikasi ( laston mod /AC – mod )	Lapis beton aspal Modifikasi ( laston mod / AC – mod )

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

Prosedur dalam perencanaan perkerasan lentur

a. Umum

Metode yang ditunjukkan untuk perancangan perkerasan lentur yang baru atau rekonstruksi perkerasan lama serta memberikan kesempatan kepada perancang dalam memilih alternatif perancangan yang paling optimum. Konsep kinerja perkerasan yang berlaku saat ini mencakup peninjauan terhadap kinerja fungsional, kinerja struktural dan keselamatan.

b. Penentuan nilai struktural yang diperlukan

1) Persamaan dasar

$$\log(W_{18}) = Z_R + S_0 + 9,36x \log(SN-1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \log_{10}(MR) - 8,07$$

Keterangan :

$W_{18} = W_t =$  Volume LL selama umur rencana

$Z_R =$  Deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan

$S_0 =$  Gabungan standar error untuk perkiraan LL rencana dan kerja

$\Delta IP =$  Perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana ( $IP_0$ ) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana ( $IP_t$ )

$MR =$  Modulus reseilen tanah dasar efektif (PSi)

$IP_t =$  Indeks pelayanan jalan hancur (minimum = 1,50)

2) Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume komulatif lalu lintas selama umur rencana ( $W_{18}$ ) adalah sesuai dengan prosedur diatas

3) Tingkat pelayanan dan pengaruh drainase adalah sesuai dengan prosedur

4) Modulus resilien tanah dasar efektif

Menentukan resilien akibat pengaruh musim, dapat di lakukan dengan pengujia CBR, kemudian dikorelasikan dengan modulus resilien

5) Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan dengan persamaan

$$SN = a_{1-1} x D_{1-1} + a_{1-2} x D_{1-2} + a_2 x D_2 x M_2 + a_3 x D_3 x M_3$$

Dimana :

$a_1, a_2, a_3$  = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

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

$M_2, M_3$  = koefisien kekuatan relatif lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

Angka  $1-1, 1-2, 1-3$  = masing-masing untuk lapis permukaan lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

6) Analisa perancangan tebal lapisan

Struktur perkerasan hendaknya di rancang dengan tahapan perhitungan sebagai berikut.

1. Tetapkan umur rancana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan di bangun.
2. Tetapkan indek pelayanan akhir (IPt) dan susunan struktur perkerasa rancangan yang diinginkan.
3. Hitung CRB tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian dihitung modulus reaksi tanah dasar (MR)
4. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah di tetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisa lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir yang telah di pilih.
5. Menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas.

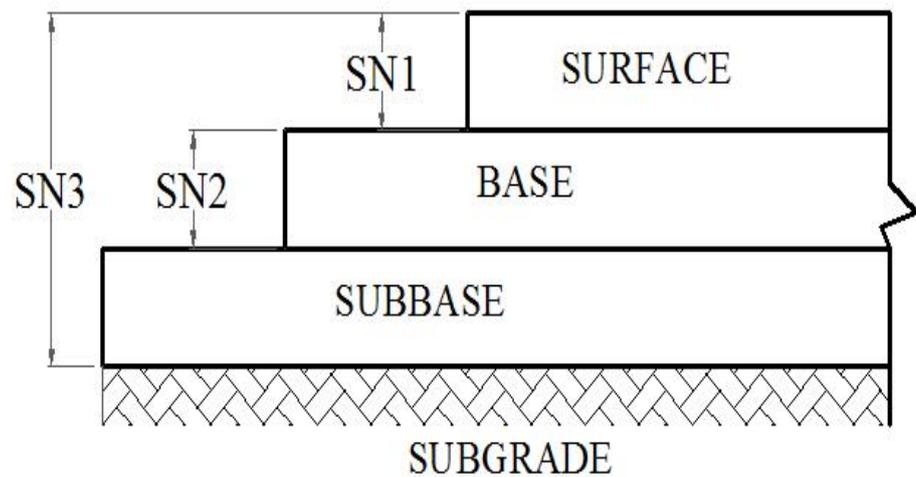
$$\overline{DI}^* \geq \frac{\overline{SN1}}{a_1}$$

$$\overline{SN1}^* \geq a_1 \cdot D_1 \overline{SN1}$$

$$D_2^* \geq \frac{\overline{SN1} - \overline{SN2}^*}{a_1 \cdot M_2}$$

$$\overline{SN1}^* + \overline{SN2} \geq \overline{SN2}$$

$$D_3 \geq \frac{\overline{SN3} - \{\overline{SN1}^* + \overline{SN2}\}}{a_3 M_3}$$



Gambar 2.18 Prosedur Menentukan Tebal Lapisan Melalui Analisis lapisan

Ketebalan minimum lapisan perkerasan, pada saat menentukan tebal lapisan perkerasan perlu di pertimbangkan keefektifannya dari segi biaya pelaksanaan konstruksi dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis.

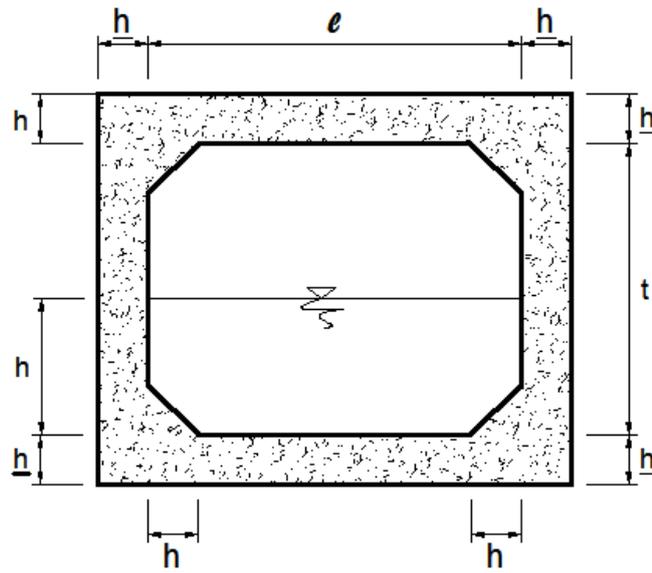
Tabel 2. 29 Tebal Minimum Lapis Perkerasan

Jenis bahan	Tebal minimum	
	Inch	Cm
<b>1. LAPIS PERMUKAAN</b>		
Laston modifikasi		
- lapis aus modifikasi	1,60	4,0
- lapis antara modifikasi	2,40	6,0
Laston		
- lapis aus	1,60	4,0
- lapis antara	2,40	6,0
Lasta ston		
- lapis aus	1,20	3,0
<b>2. LAPIS PONDASI</b>		
- lapis pondasi laston mdifikasi	2,9	7,5
- lapis pondasi laston	2,9	7,5
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi LAPEN	2,5	6,5
- CMRFB ( <i>cold mix recycling foam bitumen</i> )	6,0	15,0
- beton padat giling ( BPG / RCC )	6,0	15,0
- CTB ( <i>cement treated base</i> )	6,0	15,0
- CTRB ( <i>cement treated recycling base</i> )	6,0	15,0
- CTSB ( <i>cement treated subbase</i> )	6,0	15,0
- CTRSB ( <i>cement treated recycling subbase</i> )	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
- Agregat kelas A	4,0	10
<b>3. LAPIS PONDASI BAWAH</b>		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- konstruksi telford	6,0	15,0
- material pilihan ( <i>selected material</i> )	6,0	15,0

(Sumber : Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur Kementerian Pekerjaan Umum)

## 2.5 Desain Gorong-gorong

1) Gorong-gorong bentuk Persegi (*box culvert*) :



Gambar 2.19 Sketsa dengan Bentuk persegi

$$A = Q/V$$

$$b = 2h$$

$$A = l \times h$$

$$I = \frac{R_t}{24} \times \left[ \frac{24}{tc} \right]^{2/3}$$

Tinggi Jagaan :

$$W = \sqrt{0.5 \times h}$$

Dimana :

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

l = lebar saluran (m)

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

W = tinggi jagaan

h = tinggi muka air (m)

$\bar{h}$  = tebal penampang saluran (cm)

I = Intensitas curah hujan

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

### **2.6.1 Daftar harga satuan bahan dan upah**

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

### **2.6.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

Yang dimaksud dengan analisa satuan harga adalah perhitungan – perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam satu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga-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. Adapun yang termasuk didalam analisa satuan harga ini adalah :

#### **a. Analisa Harga Satuan Pekerjaan**

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

#### b. Analisa Satuan Alat Berat

Perhitungan analisa satuan alat berat dilakukan dengan dua pendekatan yaitu :

1. Pendekatan *on the job*, yaitu pendekatan yang dimaksudkan untuk mendapatkan hasil perhitungan produksi berdasarkan data yang diperoleh dari data hasil lapangan dan data ini biasanya didapat dari pengamatan observasi lapangan.
2. Pendekatan *off the job*, yaitu pendekatan yang dipakai untuk memperoleh hasil perhitungan berdasarkan standar yang biasanya ditetapkan oleh pabrik pembuat.

#### 2.6.3 Perhitungan 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.

#### 2.6.4 Perhitungan rencana anggaran biaya (RAB)

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

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

Dalam menyusun anggaran biaya dapat dilakukan dengan 2 cara sebagai berikut :

### 1. Anggaran Biaya Kasar ( Taksiran )

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

### 2. Anggaran Biaya Teliti

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

Sedangkan penyusunan anggaran biaya yang dihitung dengan teliti, didasarkan atau didukung oleh :

a) Bestek

Gunanya untuk menentukan spesifikasi bahan dan syarat-syarat

b) Gambar Bestek

Gunanya untuk menentukan/menghitung/besarnya masing – masing volume pekerjaan.

c) Harga Satuan Pekerjaan

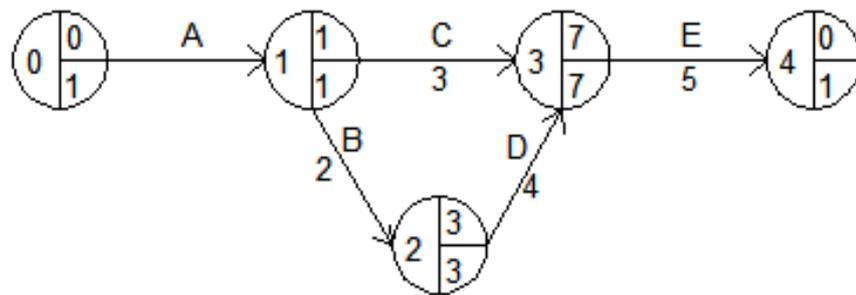
Didapat dari harga satuan bahan dan harga satuan upah berdasarkan perhitungan analisa BOW.

### 2.6.5 Rekapitulasi Biaya

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

### 2.6.6 Manajemen Proyek

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



Gambar 2.20 Sketsa *Network Planning*

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

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

Adapun data-data yang diperlukan dalam menyusun NWP adalah:

1. Urutan pekerjaan yang logis.

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

2. Biaya untuk mempercepat pekerjaan

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

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

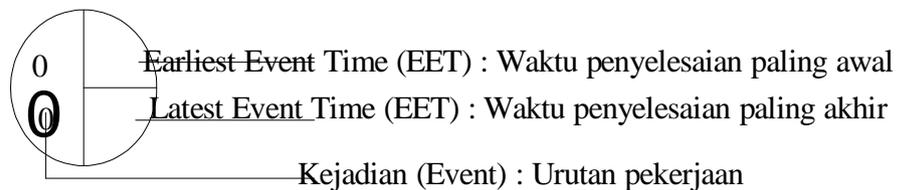
1. Panjang, pendek maupun kemiringan anak panah sama sekali tidak mempunyai arti, dalam pengertian letak pekerjaan, banyaknya duration maupun resources yang dibutuhkan.
2. Aktifitas-aktifitas apa yang mendahului dan aktifitas-aktifitas apa yang mengikuti.
3. Aktifitas-aktifitas apa yang dapat dilakukan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

Simbol-simbol yang digunakan dalam penggambaran NWP :

- □□□(Arrow) bentuk ini merupakan anak panah yang

artinya aktifitas atau kegiatan. Ini adalah suatu pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan

- $\Longrightarrow$  (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*). waktu.
- $\bigcirc$  (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat, peristiwa atau kejadian. Ini adalah permulaan atau akhir dari suatu atau lebih kegiatan-kegiatan
- $--\rightarrow$  (*Dummy*), bentuknya merupakan anak panah terputus- putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu. Aktifitas semu hanya boleh dipakai bila tidak ada cara lain untuk menggambarkan hubungan-hubungan aktifitas yang ada dalam suatu network.



Gambar 2.21 Simbol Kejadian

### 2.6.7 Barchart

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

### **2.6.8 Kurva S**

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