

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 UMUM**

Jalan raya merupakan suatu lintasan yang bertujuan melewati lalu lintas dari satu tempat ke tempat lain. Arti lalu lintas disini dapat diartikan sebagai tanah yang dipekeras atau tjalan tanah tanpa perkerasan, sedangkan lalu lintas adalah semua benda dan makhluk hidup yang melewati jalan tersebut baik kendaraan bermotor, tidak bermotor, manusia ataupun hewan.

Pengertian jalan menurut unfang-undang No. 13 tahun 1980 adalah suatu prasarana perhubungan darat dalam bentuk apapun, meliputi segala bagian jalan termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang dipergunakan bagi lalu lintas. Secara umum jalan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

1. Jalan umum adalah jalan yang dipergunakan untuk umum
2. Jalan khusus adalah jalan yang tidak dipergunakan bagi lalu lintas umum seperti jalan pertambangan, jalan perkebunan dan jalan inspeksi perairan.

#### **2.2 KLASIFIKASI JALAN**

Klasifikasi jalan merupakan aspek penting yang pertama kali harus didefenisikan sebelum melakukan perencanaan jalan, karena kriteria desain suatu rencana jalan yang ditentukan dari standara desain yang ditentukan oleh klasifikasi jalan rencana. Berdasarkan tata cara perencanaan geometrik jalan antar kota, suatu ruas jalan dapat diklasifikasikan berdasarkan segi peninjauannya, yaitu berdasarkan segi pelayanan, segi pengawasan dan pendanaan serta berdasarkan fungsinya. Namun perlu diingat bahwa pada keadaan sehari-hari pembagian kelas jalan ini tidaklah senyata seperti dalam konsep tersebut.

##### **2.2.1 Klasifikasi Jalan Berdasarkan Fungsi**

Menurut fungsi jalan terbagi atas :

1. Jalan kolektor yaitu jalan yang melayani angkutan pengumpulan dan pembagian dengan cirri-ciri, merupakan perjalanan jarak dekat / sedang dengan kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk dibatasi.
2. Jalan lokal yaitu jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan dekat, kecepatan rata-rata rendah dengan jumlah jalan masuk dibatasi.

3. Jalan lingkungan yaitu jalan umum yang berfungsi melayani angkutan lingkungan dengan ciri perjalanan jarak dekat, dan kecepatan rata-rata rendah.

### 2.2.2 Klasifikasi jalan menurut fungsi

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 berikut ini (Pasal 11, PP. No.43/1993).

**Tabel 2.1** klasifikasi menurut kelas jalan

kelas jalan	fungsi jalan	dimensi kendaraan maksimum		muatan sumbu terberat (ton)
		panjang (m)	lebar (m)	> 10
I	arteri	18	2,5	10
II		18	2,5	8
IIIA		18	2,5	8
IIIA	kolektor	18	2,5	8
IIIB		12	2,5	8
IIIC	lokal	9	2,1	8

*Sumber : Geometrik Jalan Perkotaan, Badan Standarisasi Nasional, Tahun 2004*

### 2.2.3 Klasifikasi Jalan Berdasarkan 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 di lihat dari tabel berikut ini

**Tabel 2.2** klasifikasi menurut medan jalan

Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
datar	D	<3
perbukitan	B	25-Mar
pegunungan	G	> 25

*Sumber : standar perencanaan geometrik untuk jalan perkotaan Bina Marga, tahun 1992*

### 2.3 KECEPATAN RENCANA

Kecepatan rencana ( $V_R$ ) pada ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometric jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalulintas yang lenggang, dan tanpa pengaruh samping jalan yang berarti

**Tabel 2.3** kecepatan rencana ( $V_r$ ) sesuai klasifikasi fungsi jalan

Fungsi jalan	Kecepatan rencana, $V_R$ (km/h)
Arteri primer	50 – 100
Kolektor primer	40 – 80
Arteri sekunder	50 – 80
Kolektor sekunder	30 – 50
Lokal sekunder	30 - 50

Sumber : RSNi *geometric jalan perkotaan, badan standarisasi nasional, tahun 2004*

### 2.4 ALINYEMEN HORIZONTAL

Alinyemen horizontal adalah proyeksi horizontal dari sumbu jalan tegak lurus bidang peta situasi jalan. Alinyemen ini berupa rangkaian garis lurus yangt disebut garis singgung yan disambung dengan garis lengkung. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan.

#### 2.4.1 Panjang Bagian Lurus

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pemakai jalan, maka panajng maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu tidak lebih dari 2,5 menit (sesuai  $V_R$ ). Panjang bagian lurus dapat dilihat pada **Tabel 2.4**

**Tabel 2.4** panajang bagiaan lurus maksimum

fungsi	panjang bagian lurus maksimum (m)		
	datar	perbukitan	pegunungan
arteri	3.000	2.500	2.000
kolektor	2.000	1.750	1.500

Sumber: standar perencanaan geometric untuk jalan perkotaan, direktorat jenderal bina marga tahun 1992

## 2.4.2 Tikungan

### a) Jari – jari tikungan minimum

Agar kendaraan stabil saat melalui tikungan, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut superelevasi (e). pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antar ban kendaraan dengan permukaan aspal yang menimbulkan gaya gesekan melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang (f)

Rumus lengkung horizontal dari buku TPGJAK :

$$R_{min} = \frac{Vr^2}{127 \times (e+f)} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$Dd = \frac{1432,4}{Rd} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan :

Rd : jari-jari lengkung (m)

Dd : derajat lengkung (°)

Untuk menghindari kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum dan koefisien gesekan maksimum.

$$f_{maks} = 0,192 - (0,00065 \times Vr) \dots\dots\dots(2.3)$$

$$R_{min} = \frac{Vr^2}{127 (e_{maks} + f_{maks})} \dots\dots\dots(2.4)$$

$$D_{maks} = \frac{18193,53 (e_{maks} + f_{maks})}{Vr^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

Rmin : jari – jari tikungan minimum, (m)

Vr : kecepatan kendaraan rencana, (km/jam)

e<sub>maks</sub> : superelevasi maksimum, (%)

f<sub>maks</sub> : koefisien gesekan maksimum

D<sub>maks</sub> : derajat maksimum

Untuk perhitungan, digunakan e<sub>maks</sub> = 10 % sesuai tabel

**Tabel 2.5** panjang jari – jari minimum (dibulatkan) untuk e<sub>maks</sub> = 10,5

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

Sumber : standar perencanaan geometrik untuk jalan perkotaan Bina Marga, tahun 1997

Untuk kecepatan rencana < 80 km/jam berlaku  $f_{maks} = - 0,00065 V + 0,192$

Untuk kecepatan rencana > 80 km/jam berlaku  $f_{maks} = - 0,00125 V + 0,24$

### b) Lengkung peralihan (Ls)

Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan S–C–S panjang lengkung peralihan (Ls), menurut tata cara perencanaan Geometrik jalan antar kota. 1997, diambil nilai terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$Ls = \frac{Vr^2}{3,6} \times T \dots\dots\dots(2.6)$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus modifikasi short :

$$Ls = 0,22 \frac{Vr^3}{Rd \times c} - 2,727 \times \frac{Vr \times ed}{c} \dots\dots\dots(2.7)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$Ls = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \times r_e} \times Vr \dots\dots\dots(2.8)$$

4. Sedangkan rumus bina marga

$$Ls = \frac{W}{2} \times (e_m + e_{tjd}) \times m \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

T = waktu tempuh = 3 detik

Rd = jari – jari busur lingkaran (m)

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

$r_e$  = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan, sebagai berikut:

untuk  $Vr \leq 70$  km/jam, untuk  $Vr \geq 80$  km/jam

$r_{e \text{ mak}}$  = 0,035 m/det       $r_{e \text{ mak}}$  = 0,025 m/det

$e$  = superelevasi

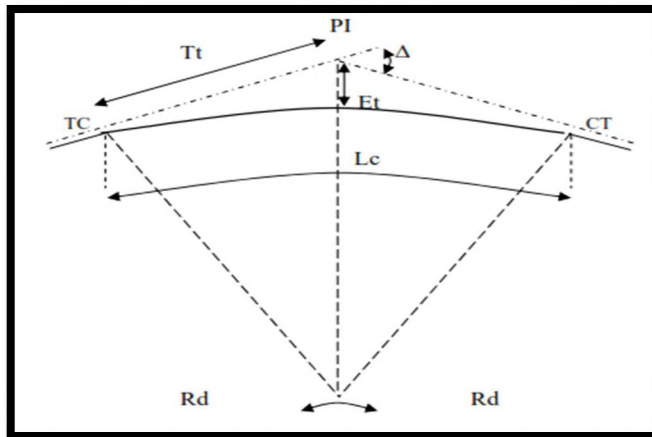
$e_m$  = superelevasi maksimum

$e_n$  = superelevasi normal

### c) Jenis tikungan

1. Bentuk busur lingkaran full circle (FC)

FC (full circle) adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan FC hanya digunakan untuk R (jari-jari) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan r kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Tikungan FC biasa digunakan pada sudut tikungan ( $\Delta PI$ ) < 10° dan R rencana > R min tanpa Ls dengan syarat  $Lc > 20$  m



**Gambar 2.1 Lengkung Full Circle**

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan 1997

**Tabel 2.6 Panjang Jari jari Minimum untuk Full Circle**

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

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jfalan 1997

Rumus:

$$Tc = Rd \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta \dots \dots \dots (2.10)$$

$$Ec = Tc \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta \dots \dots \dots (2.11)$$

$$Lc = \frac{\Delta \cdot 2\pi Rd}{360^\circ} \dots \dots \dots (2.12)$$

Keterangan

$\Delta$ PI = sudut tikungan ( $^\circ$ )

TC = panjang tangen to circle

CT = cirle to tangen

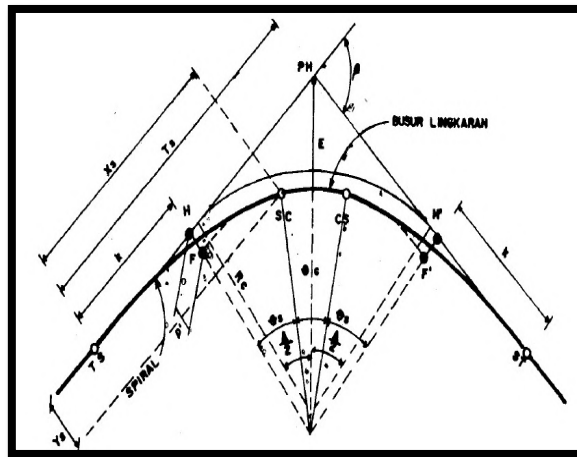
Rc = jari-jari tikungan (m)

Tc = panjang tangen (jarak dari TC ke PI)

Lc = panjang busur lingkaran (m)

Ec = jarak dari PI ke busur lingkaran (m)

- Lengkung busur lingkaran peralihan (spiral-circle-spiral) yaitu tikungan yang terdiri atas satu lengkung *circle* dan dua lengkung spiral. Lengkung peralihan ini diletakan diantara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*) yaitu pada sebelum daan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran. Dan dapat digunakan dengan ketentuan  $Lc > 20m$ .



**Gambar 2.2 Bentuk lengkung Spiral-Circle-Spiral**

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan 1997*

Keterangan:

$X_s$  = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS ke TC (jarak lurus lengkung peralihan)

$Y_s$  = Jarak tegak lurus garis tangen (garis dari titik PI ke titik TS ke titik SC).

$L_s$  = Panjang lengkungan peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).

$L_c$  = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik SC ke CS)

$T_t$  = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke ST.

TS = Titik daari tangen ke spiral.

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.

Et = Jarak dari PI ke busur lingkaran.

$\theta_s$  = Sudut lengkung spiral terhadap tangen.

$R_r$  = Jari-jari lingkaran.

P = Pergeseran tangen terhadap spiral.

K = Absis dari P pada garis tangen spiral

$\phi_s$  = Sudut lentur spiral terhadap taangen.

A = Titik absis dari P pada garis tangen spiral.

B = Titik singgung garis tangen dari titik Pi ke titik TS dengan busur lingkaran sebelum mengalami P.

C = Titik potong  $X_s$  dengan  $Y_s$ .

$T_{pa}$  = Panjang tangen dari TS ke B.

$T_{bs}$  = Panjang tange dari TS ke SC.

$T_{pc}$  = Panjang tangen dari B ke SC.

Jika diperoleh  $L_c < 20$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk S-C-S, tetapi digunakan lengkung S-S, yaitu lengkung yang terdiri dari dua lengkung perahlihan.

Rumus yang digunakan:

$$L_s = \frac{VR}{3,6} \times T \dots\dots\dots(2.13)$$

$$\Theta_s = \frac{90 \times L_s \beta}{\pi \times R d \ 2} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$\Theta_c = \beta - (2 \times \Theta_s) \dots\dots\dots(2.15)$$

$$L_c = \left( \frac{\Delta d}{180} \right) \times \pi \times R d \dots\dots\dots(2.16)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 R r} - R r (1 - \cos \Theta_s) \dots\dots\dots(2.17)$$

$$k = L_s - \left( \frac{L_s^2}{40 \times R r} \right) - R d \sin \Theta_s \dots\dots\dots(2.18)$$

$$T_t = (R d + p) \tan 1/2\beta + k \dots\dots\dots(2.19)$$

$$E_t = (R d + p) \sec 1/2\beta - R d \dots\dots\dots(2.20)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \dots\dots\dots(2.21)$$

### 3. Lengkung spiral spiral

Lengkung horizontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga titik SC berimpit dengan titik CS. Panjang busur lingkaran  $L_c=0$ , dan  $\Theta_s= 1/2\beta$ . Rc yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga  $L_s$  yang dibutuhkan lebih besar dari  $L_s$  yang menghasilkan landai relatif minimum.

Rumus yang digunakan untuk menghitung lengkung spiral-spiral :

$$\Theta_s = \frac{\beta}{2} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$L_s = \frac{\Theta_s \times \pi \times R d}{90} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L_s \text{ min} = m (e_n + e) B \dots\dots\dots(2.24)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 R d} - R d (1 - \cos \Theta_s) \dots\dots\dots(2.25)$$

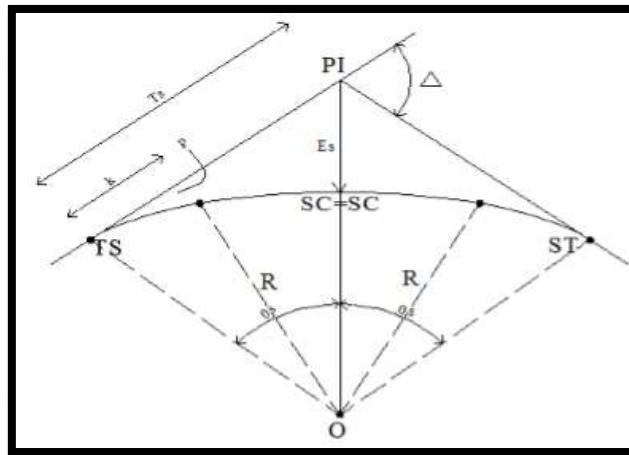
$$k = L_s - \frac{L_s^2}{40 R d^2} - R d \sin \Theta_s \dots\dots\dots(2.26)$$

$$T_s = (R_c + p) \text{tg} (1/2 \beta) + k \dots\dots\dots(2.27)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.28)$$

$$E_s = (R_c + p) \sec (1/2 \beta) - R_c \dots\dots\dots(2.29)$$





**Gambar 2.3 Bentuk lengkung Spiar-Spiral**

Sumber: *Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan 1997*

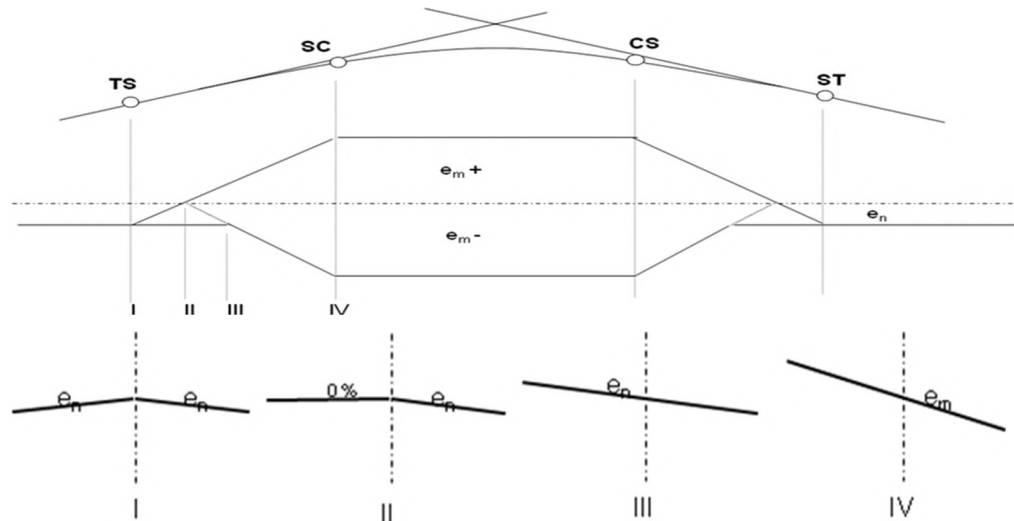
Keterangan:

- Ts = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST).
- Xs = Absis titik SS pada garis tangen, jarak dari titik TS ke SS.
- Ys = Jarak tegak lurus garis tangen dari titik PI ke titik TS ke titik SS.
- Ls = Panjang dari titik TS ke SS atau SS ke ST.
- TS = Titik dari tangen ke spiral.
- Es = Jarak dari Pi ke busur lingkaran.
- $\theta_s$  = Sudut lengkung spiral.
- p = Pergeseran tangen terhadap spiral.
- k = Absis dari p pada garis tangen spiral.
- $\phi_s$  = Sudut lentur spiral terhadap tangen.
- A = Titik absis dari p pada garis tangen spiral.
- B = Titik singgung dari titik PI ke titik TS dengan lengkung spiral sebelum mengalami P
- C = Titik potong Xs dengan Ys.
- Tpa = Panjang tangen dari TS ke BTbs = Panjang tangen dari TS ke SS
- Tpc = panjang tangen dari B ke SS

### 2.4.3 Diagram Superelevasi

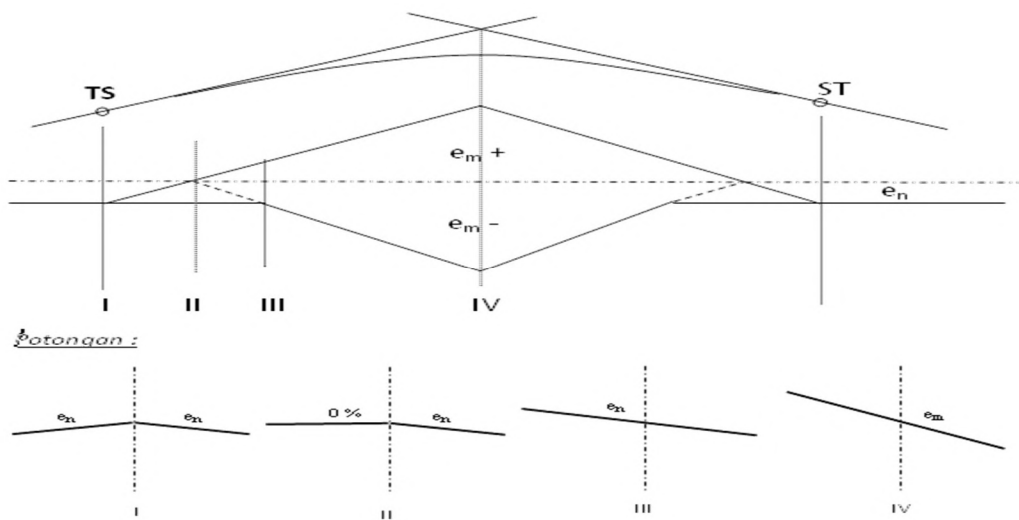
Superelevasi adalah suatu kemiringan melintang di tikungan yang berfungsi mengimbangi gaya sentrifugal yang diterima kendaraan pada saat berjalan melalui tikungan pada kecepatan  $V_r$ . Nilai superelevasi maksimum yang ditetapkan untuk jalan perkotaan adalah 10%.

Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai ke kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.



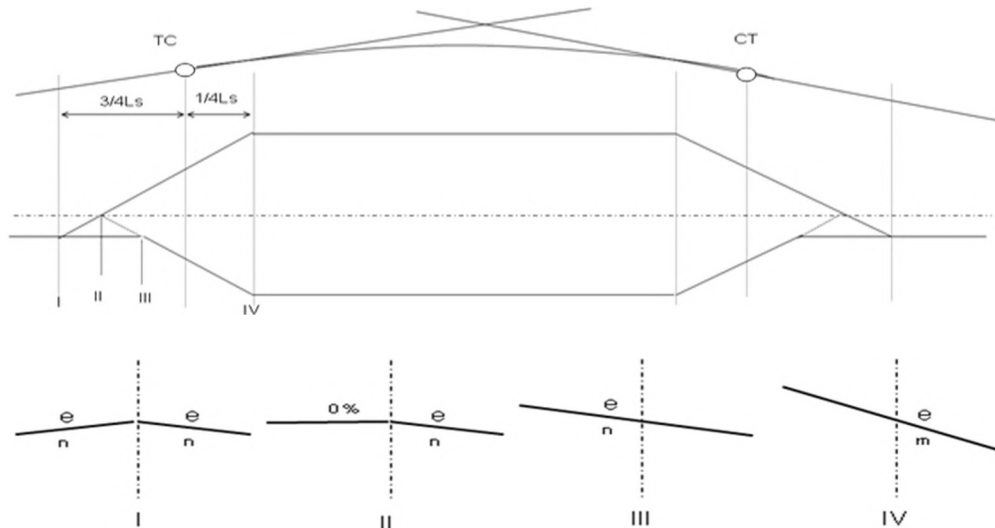
**Gambar 2.4 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SCS**

(Sumber: Standar Perenaan Geometric Untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Tahun 1992)



**Gambar 2.5 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe SS**

(Sumber: Standar Perenaan Geometric Untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Tahun 1997)



**Gambar 2.6 Metode Pencapaian Superelevasi Pada Tikungan Tipe FC**

(Sumber: Standar Perencanaan Geometric Untuk Jalan Perkotaan, Direktorat Jendral Bina Marga, Tahun 1997)

#### 2.4.4 Pelebaran Perkerasan

kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju tikungan, serigkali tak dapat mempertahankan lintasannya pada lajur yang sudah disediakan. hal ini disebabkan karena :

- Pada waktu membelok yang memberi tanda belokan pertama kali hanya roda depan, sehingga lintasan roda belakang agak keluar lajur (*off tracking*).
- 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.
- Pengemudi akan mengalami kesukaran dalam mempertahankan lintasannya tetap pada lajur jalannya terutama pada tikungan-tikungan tajam atau pada kecepatan-kecepatan yang tinggi.

Untuk menghindari hal tersebut, 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. Batasan :

Bila  $B <$  lebar perkerasan pada bagian lurus, maka tidak perlu dilakukan tambahan perkerasan. (Namun untuk segi praktis dan menambah tingkat keamanan dan kenyamanan, pelebaran tersebut boleh tetap dilakukan). Penentuan besarnya pelebaran jalur lalu-lintas di tikungan ditinjau dari elemen- elemen :

- a. Keluar Lajur (*Off Tracking*),
- b. Kesukaran dalam mengemudi di tikungan.

**Tabel 2.9** pelebaran tikungan per-lajur (m) untuk lebar jalur 2 x (B), 2 arah 1 arah

R (m)	Kecepatan Rencana, V (km/jam)														
	50		60		70		80		90		100		110		120
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	2
1500	0.3	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	0.5	0.0	0.6	0.0	0.1
1000	0.4	0.0	0.4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.5	0.1	0.6	0.2	0.2
750	0.6	0.0	0.6	0.0	0.7	0.1	0.7	0.1	0.7	0.1	0.8	0.2	0.8	0.3	0.3
500	0.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.0	0.5	
400	0.9	0.3	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5			
300	0.9	0.3	1.0	0.4	1.0	0.4	1.1	0.5		0.5					
250	1.0	0.4	1.1	0.5	1.1	0.5	1.2	0.6							
200	1.2	0.6	1.3	0.7	1.3	0.8	1.4								
150	1.3	0.7	1.4	0.8											
140	1.3	0.7	1.4	0.8											
130	1.3	0.7	1.4	0.8											
120	1.3	0.7	1.4	0.8											
110	1.3	0.7													
100	1.4	0.8													
90	1.4	0.8													
80	1.6	1.0													
70	1.7	1.0													

Keterangan:  
Kolom 1, untuk (B) = 3.00 m  
Kolom 2, untuk (B) = 3.50 m

sumber : (tata cara perencanaan geometric jalan antar kota, 1997)

Untuk pelaksanaan praktis

- a. Tikungan tanpa spiral, pelebaran dilakukan disebelah dalam
- b. Tikungan dengan spiral, boleh sebelah dalam saja atau  $\frac{1}{2}$  bagian dalam dan  $\frac{1}{2}$  bagian luar.

#### 2.4.5 Perhitungan Stationing

Panjang horizontal jalan dapat dilakukan dengan membuat titik-titik stationing (patok-patok km) disepanjang ruas jalan. ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut :

- a. untuk daerah datar dan lurus patok, jarak antar patok 100 m
- b. untuk daerah bukit, jarak antar patok 50 m.

- c. untuk daerah gunung, jarak antar patok 25 m.
- d. untuk daerah sepanjang tikungan, jarak antar patok per-setiap perubahan superelevasi.

## **2.5 ALINYEMEN VERTIKAL**

Alinyemen vertical adalah bidang tegak yang melalu sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. alinyemen ini menyatakan bentuk geometrik jalan dalam arah vertical.

bentuk dari penampang melintang sangat menentukan lajunya kendaraan yang melintasi jalan yang bersangkutan, sebab memberikan pengaruh yang sangat besar pada kecepatan dan perlambatan, kemampuan untuk berhenti, jarak pandang serta kenyamanan pengemudi pengendara tersebut.

pada alinyemen vertical yang perlu diperhatikan bukan hanya bagian lengkung, tetapi justru yang penting adalah bagian yang lurus, pada umumnya adalah suatu leandaian. alinyemen vertikal harus direncanakan sebaik-baiknya dengan mengikuti medan sehingga dapat menghasilkan keindahan jalan yang harmonis dan nyaman bagi pengendara. faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam perencanaan alinyemen vertical yaitu :

1. kecepatan rencana (*desain speed*)
2. topografi
3. fungsi jalan
4. kedudukan tinggi landai kendaraan
5. tebal perkerasan yang diperhitungkan
6. tanah dasar

### **2.5.1 Kelandaian**

kelandaian jalan pada alinyemen vertical jalan di bedakan atas :

1. kelandaian maksimum  
kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan.

**Tabel 2.10** kelandaian maksimum yang diizinkan

Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40
kelandaian maksimum %	3	3	4	5	8	9	10	10

sumber : (tata cara perencanaan geometric jalan antar kota 1997)

panjang maksimum landai yang masih dapat diterima tanpa mengakibatkan gangguan jalannya arus-arus lalu lintas yang berarti, atau biasa disebut dengan istilah panjang kritis landai, adalah panjang yang mengakibatkan pengurangan kecepatan maksimum sebesar 25 km/jam.

**Tabel 2.11** panjang landai kritis

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

sumber : (tata cara perencanaan geometric jalan antar kota 1997)

2. kelandaian minimum

berdasarkan kepentingan arus lalu lintas landai ideal adalah (0%) sebaiknya ditinjau dari kepentingan drainase jalan, jalan berlandai yang ideal dalam perencanaan disarankan menggunakan :

- a) landai datar untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan yang tidak mempunyai kereb.
- b) landai 0,15 % dianjurkan untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kereb.
- c) landai minimum sebesar 0,3-0,5 % dianjurkan untuk dipergunakan untuk jala-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kereb.

**2.5.2 Lengkung Vertikal**

Lengkung vertikal direncanakan untuk mengubah secara bertahap perubahan dari 2 macam kelandaian arah memanjang jalan pada setiap lokasi yang diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup, untuk keamanan dan kenyamanan. Bentuk lengkung vertikal adalah parabola dengan asumsi sederhana sehingga elevasi sepanjang lengkung

didapat dengan perbandingan dari offset vertikal dari PPV yang bernilai tertentu. Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan.

rumus yang digunakan dalam lengkung vertikal adalah sebagai berikut :

$$g = \frac{\text{elevasi akhir} - \text{elevasi awal}}{\text{Sta akhir} - \text{Sta awal}} \times 100 \% \dots \dots \dots (2.30)$$

$$A = g_2 - g_1 \dots \dots \dots (2.31)$$

$$Ev = \frac{A \times Lv}{800} \dots \dots \dots (2.32)$$

$$y = \frac{A \times x^2}{200 \times Lv} \dots \dots \dots (2.33)$$

panjang lengkung vertikal (PLV)

1. berdasarkan syarat keluwesan

$$Lv = 0,6 \times Vr \dots \dots \dots (2.34)$$

2. berdasarkan syarat drainase

$$Lv = 40 \times A \dots \dots \dots (2.35)$$

3. berdasarkan syarat kenyamanan

$$Lv = Vr \times t \dots \dots \dots (2.36)$$

4. berdasarkan syarat guncangan

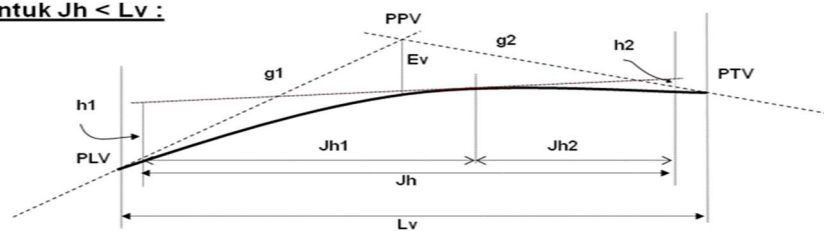
$$Lv \left( \frac{Vr^2 \times A}{360} \right) \dots \dots \dots (2.37)$$

lengkung vertikal terdiri dari 2 yaitu lengkung cembung dan lengkung cekung.

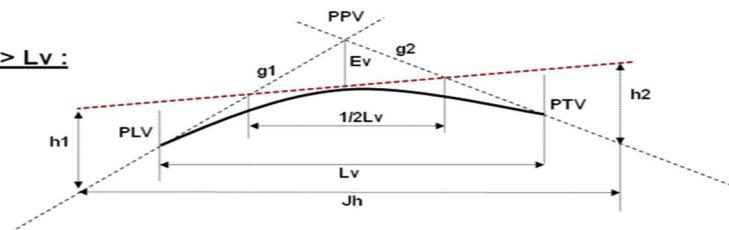
### 1) Lengkung Vertikal Cembung

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

Untuk  $J_h < L_v$  :



Untuk  $J_h > L_v$  :



**Gambar 2.7 lengkung vertikal cembung**

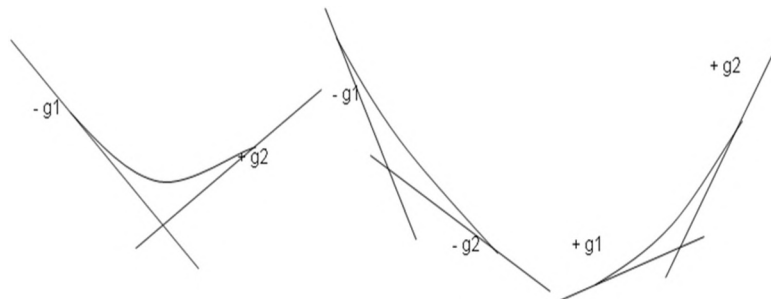
Sumber : Departemen PU 1997

PLV = titik awal lengkung parabola

- PPV = titik perpotongan kelandaian  $g_1$  dan  $g_2$   
 $g$  = kemiringan tangent : (+) naik, (-) turun  
 $A$  = perbedaan aljabar landai ( $g_1, g_2$ )  
 $E_v$  = pergeseran vertical titik tengah besar lingkaran (PPV - m)  
 meter  
 $j_h$  = jarak panedang  
 $h_1$  = tinggi mata pengaruh  
 $h_2$  = tinggi halangan

## 2) Lengkung Vertikal Cekung

Adalah lengkung diaman titik perpotongan antara kedua tangent berada di bawah permukaan jalan.



**Gambar 2.8 lengkung vertical cekung**

*Sumber : Departemen PU 1997*

### 2.5.3 Perhitungan Volume Galian Dan Timbunan

Untuk alasan ekonomis, maka dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada dilokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinemen horizontal dan alinemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan. Untuk menghitung volume galian dan timbunan diperlukan data luas penampang baik galian maupun timbunan dari masing-masing potongan dan jarak dari kedua potongan tersebut. Masing-masing potongan dihitung luas penampang galian dan/atau timbunannya. Perhitungan tersebut dapat dilakukan dengan alat planimetri atau dengan cara membagi-bagi setiap penampang menjadi bentuk- bentuk



bangun sederhana, misalnya bangun segitiga, segi empat dan trapesium, kemudian dijumlahkan.

Perlu diketahui bahwa perhitungan volume galian dan timbunan ini dilakukan secara pendekatan. Semakin kecil jarak antar Sta, maka harga volume galian dan juga timbunan semakin mendekati harga yang sesungguhnya. Sebaliknya semakin besar jarak antar Sta, maka semakin jauh ketidaktepatan hasil yang diperoleh. Ketelitian dan ketepatan dalam menghitung besarnya volume galian dan timbunan akan sangat berpengaruh terhadap biaya yang akan dikeluarkan pada waktu pelaksanaan lapangan nantinya. Pekerjaan tanah yang terlalu besar akan berdampak terhadap semakin mahal biaya pembuatan jalan yang direncanakan.

Oleh sebab itu, faktor-faktor yang perlu diperhatikan guna menghindari ketidaktepatan tersebut perlu diperhatikan sejak dini. Faktor-faktor tersebut antara lain :

- a. pengambilan data lapangan surveyor seakurat mungkin, dan didukung dengan peralatan yang berfungsi baik.
- b. penggunaan data lapangan kedalam bentuk gambar harus seakurat mungkin baik skala maupun ukuran yang digunakan.
- c. perhitungan luas penampang harus seteliti mungkin.

## **2.6 PERKERASAN JALAN**

perkerasan jalan merupakan lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan yang berfungsi memberi pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanan diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

lapisan perkerasan jalan adalah suatu konstruksi yang terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk menerima beban lalu lintas yang berada diatasnya menyebar kelapisan dibawahnya.

beban lalu lintas yang bekerja diatas konstruksi perkerasan meliputi :

- a. beban/gaya vertikal (berat kendaraan dan muatannya).
- b. beban/gaya horizontal (gaya rem kendaraan)
- c. getaran-getaran roda kendaraan.

### 2.6.1 Jenis Konstruksi Perkerasan

Berdasarkan bahan pengikat yang digunakan untuk membentuk lapisan atas perkerasan jalan, akan dibedakan menjadi 3 (sukirman 2010) yaitu :

- a. Perkerasan lentur (*flexible pavement*)  
yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan
- b. Perkerasan kaku (*rigid pavement*)  
yaitu perkerasan yang menggunakan semen portland
- c. Perkerasan komposit (*composte pavement*)  
yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur

### 2.6.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan untuk jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap.

---

#### Gambar 2.9 Struktur Perkerasan Lentur

Sumber : (sukirman 2010)

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 di atasnya.

struktur perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan-lapisan yang semakin ke bawah memiliki daya dukung yang semakin kecil. lapisan-lapisan tersebut adalah (sukirman 2010) :

- a. lapis permukaan (*surface course*)  
lapisan permukaan merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai :
  1. lapis penahan beban vertikal dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki stabilitas tinggi selama masa pelayanan.
  2. lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran dari kendaraan yang mnengerem.

3. laapi kedap air, sehingga air hujan yang jatuh diatas lapis permukaan tidak meresap ke lapisan di bawahnya.
4. lapisan yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.

lapisan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal menghasilkan lapisan yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan. namun karena akibat kontak langsung dengan roda kendaraan, hujan, dingin dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak sehingga disebut lapis aus.

dengan demikian lapisan permukaan dapat di bedakan menjadi :

1. lapis aus (*wearing course*) merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
2. lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi.

berbagai jenis lapisan permukaan yang umum digunakan di Indonesia adalah :

1. laburan aspal
2. laburan tipis aspal pasir (latasir)
3. lapis tipis beton aspal (lataston)
4. lapis penetrasi macadam (lapen)
5. lapis asbuton agregat (asbutag)

b. lapis pondasi atas (*base course*)

lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi atas diletakkan langsung diatas di atas permukaan tanah dasar. lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

1. bagian struktur perkerasan yang menaha gaya vertikal dari beban kendaraan yang disebarkan ke lapis di bawahnya.
2. lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
3. bantalan atau perletakan lapis pondasi atas.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. lapis pondasi dapat di pilih lapis perbutir tanpa pengikat atau lapis dengan sebagai pengikat.

berbagai jenis aspal yang umum digunakan di Indonesia adalah :

1. laston lapis pondasi (*asphalt concrete base = AC-base*)
2. lasbutah lapis pondasi
3. lapis penetrasi macadam (lapen)

4. Apis pondasi agregat
  5. lapis pondasi tanah semen
  6. lapis pondasi agregat semen (LFAS)
- c. lapis pondasi bawah (*subbase course*)

lapis pondasi bawah merupakan lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar. lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

1. bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar.
2. efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
3. lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
4. lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan dengan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
5. lapis *filter*, untuk mencegah partikel-partikel halus dan tanah dasar naik ke lapis pondasi.

- d. lapis tanah dasar (*subgrade course*)

tanah dasar atau tanah asli adalah permukaan tanah semula sebelum dilakukan pelaksanaan galian dan timbunan yang merupakan perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. lapis tanah dasar di bedakan menjadi :

1. lapis tanah dasar asli adalah tanah dasar yang merupakan muka tanah asli di lokasi jalan tersebut.
2. lapis tanah dasar tanah urug atau tanah timbunan adalah lapis tanah dasar yang terletak di atas permukaan tanah asli.
3. lapis tanah dasar tanah galian adalah lapis tanah dasar yang terletak di bawah muka tanah asli.

keuntungan menggunakan perkerasan lentur yaitu (*sukirman 2010*)

- 1) dapat digunakan pada daerah dengan penurunan (*differential statement*) terbatas.
- 2) mudah diperbaiki
- 3) tambahan lapis perkerasan dapat di tambahkan kapan saja.
- 4) warna perkerasan memberi kesan tidak silau bagi pemakai jalan.

5) dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan selain keuntungan terdapat juga kerugian dalam menggunakan perkerasan lentur yaitu (*sukirman 2010*)

- 1) tebal total struktur perkerasan lebih tebal daripada perkerasan kaku.
- 2) kelenturan dan sifat khesi berkurang selama masa pelayanan.
- 3) frekuensi pemeliharaan lebih sering daripada menggunakan perkerasan kaku.
- 4) tidak baik digunakan jika sering tergenang air.
- 5) membutuhkan agregat yang lebih banyak.

### **2.6.3 Kriteria Konstruksi Perkerasan Jalan**

konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada penggunaan jalan. oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut (*sukirman, 1995*).

- 1) syarat lalu lalu lintas
  - 1) permukaan harus rata, tidak bergelombang, tidak melendut, dan tidak berlubang.
  - 2) permukaan cukup kaku, tidak mudah mengalami deformasi akibat beban yang bekerja
  - 3) permukaan memiliki cukup kekesatan sehingga mampu memberikan tahanan gesek yang baik antara ban dan permukaan jalan.
  - 4) permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari).
- 2) syarat kekuatan struktur
  - 1) ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
  - 2) kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap ke lapisan bawahnya.
  - 3) permukaan mudah mengalirkan air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat dialirkan.
  - 4) kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

## 2.7 DESAIN TEBAL LAPISAN KONSTRUKSI PERKERASAN LENTUR DENGAN METODE MANUAL DESAIN PERKERASAN 2017

Perkerasan direncanakan untuk memikul beban lalu lintas yang berada di atasnya secara aman, nyaman serta selama masa layanan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Untuk dapat memenuhi fungsi tersebut perkerasan harus mampu mereduksi tegangan yang terjadi pada tanah dasar akibat beban lalu lintas di atasnya, dan mampu juga mengatasi pengaruh kembang susut dari tanah dasar. Dengan demikian akan dapat memberikan kenyamanan kepada pengemudi selama masa pelayanan jalan tersebut. Untuk itu dalam perencanaan perlu dipertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi kenyamanan dari konstruksi perkerasan jalan seperti :

### 2.7.1 Fungsi jalan

Menurut Sukirman (1999) berdasarkan fungsi jalan, jalan dapat dibedakan atas :

- a. Jalan Arteri
- b. Jalan kolektor
- c. Jalan lokal

### 2.7.2 Umur rencana

Umur rencana perkerasan jalan adalah jumlah tahun dari saat jalan tersebut dibuka untuk lalu lintas kendaraan sampai diperlukan perbaikan yang bersifat struktural (*overlay* lapisan perkerasan). Selama umur rencana tersebut pemeliharaan perkerasan jalan tetap harus dilakukan seperti pelapisan nonstruktural yang berfungsi sebagai lapis aus.

Menurut Sukirman (1999) umur rencana untuk perkerasan lentur jalan baru umumnya diambil 20 tahun dan untuk peningkatan jalan 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 10 tahun. Umur rencana yang lebih besar dari 20 tahun tidak lagi ekonomis karena perkembangan lalu lintas yang terlalu besar dan sukar mendapatkan ketelitian yang memadai. Umur rencana jalan baru dapat dilihat pada tabel 2.12

**Tabel 2.12** umur rencana perkerasan jalan baru

Jenis perkerasan	Elemen perkerasan	Umur rencana (tahun)
------------------	-------------------	----------------------

Perkerasan lentur	Lapis aspal dan lapis berbutir	20
	Fondasi jalan	40
	Semua perkerasan untuk daerah yang dimungkinkan pelapisan ulang ( <i>overlay</i> ), seperti jalan perkotaan, underpass, jembatan, terowongan	
	<i>Cemen treated based</i> (CTB)	
Perkerasan kaku	Lapis fondasi atas, lapis fondasi bawah, lapis beton semen, dan fondasi jalan	
Jalan tanpa penutup	Semua elemen (termasuk fondasi jalan)	Minimum 10

Sumber : kementerian pekerjaan umum 2017

### 2.7.3 Volume Lalu Lintas

Jumlah kendaraan yang hendak memakai jalan dinyatakan dalam volume lalu lintas. Menurut Sukirman (1999) volume lalu lintas didefinisikan sebagai jumlah kendaraan yang melewati satu titik pengamatan selama satu tahun waktu.

#### 1. Analisis volume lalu lintas

Dalam analisis lalu lintas, terutama untuk menentukan volume lalu lintas pada jam sibuk atau lintas harian rata-rata (LHRT) agar mengacu pada manual kapasitas jalan Indonesia (MKJI). LHRT yang dihitung adalah untuk semua jenis kendaraan kecuali sepeda motor, ditambah 30 % jumlah sepeda motor. Untuk keperluan desain volume lalu lintas dapat diperoleh dari :

1. Survey volume lalu lintas aktual dengan durasi 7 x 24 jam. Pelaksanaan survey mengacu pada pedoman survey pencacahan lalu lintas dengan cara manual pd. T – 10 – 2004 – B atau dapat mengacu menggunakan peralatan dengan pendekatan yang sama.
2. Hasil-hasil survey sebelumnya.
3. Untuk jalan dengan lalu lintas rendah dapat menggunakan nilai perkiraan.pada.**Tabel.2.13**

**Tabel 2.13 Perkiraan Lalu Lintas Untuk Jalan Lalu Lintas Rendah**

Deskripsi Jalan	LHR Edua Arah (Kend/Hari)	Kendaraan Berat (% Dari Lalu Lintas )	Umur Rencana (Th)	Pertumbuhan Lalu Lintas (%)	Faktor Pengali Pertumbuhan Kumulatif Lalu Lintas	Kelompok Sumbu Atau Kendaraan Berat	Kumulatif HVAG (Kelompok Sumbu)	Faktor ESA/HVAG	Beban Lalu Lintas Desain (Aktual) (ESA4)
Jalan minor dengan akses kendaraan berat terbatas	30	3	20	1	22	2	14.454	3,16	4,5 x 10 <sup>4</sup>
Jalan kecil dua rah	90	3	20	1	22	2	21.681	3,16	7 x 10 <sup>4</sup>
Jalan lokal	500	6	20	1	22	2,1	252.945	3,16	8 x 10 <sup>4</sup>
Akses local daerah industry atau <i>quary</i>	500	8	20	3,5	28,2	2,3	473.478	3,16	1,5 x 10 <sup>4</sup>
Jalan kolektor	2000	7	20	3,5	28,2	2,2	1.585.122	3,16	5 x 10 <sup>4</sup>

Sumber : Manual Desain Perkerasan, 2017



## 2. Faktor Pertumbuhan Lalu Lintas

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formula korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku, jika tidak tersedia maka **Tabel 2.14** digunakan sebagai nilai minimum.

**Tabel 2.14** faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*) (%)

Jenis jalan	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Manual desain perkerasan, 2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*)

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR-1}}{0,01i} \dots\dots\dots(2.38)$$

Dengan :

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = tingkat pertumbuhan tahunan

UR = umur rencana (tahun)

Faktor pertumbuhan lalu lintas didasarkan pada data-data pertumbuhan historis atau formula korelasi dengan faktor pertumbuhan lain yang berlaku, jika tidak tersedia maka **Tabel 2.15** digunakan sebagai nilai minimum.

**Tabel 2.15** faktor laju pertumbuhan lalu lintas (*i*) (%)

Jenis jalan	Jawa	Sumatra	Kalimantan	Rata-Rata Indonesia
Arteri dan perkotaan	4,80	4,83	5,14	4,75
Kolektor rural	3,50	3,50	3,50	3,50
Jalan desa	1,00	1,00	1,00	1,00

Sumber : Manual desain perkerasan, 2017

Pertumbuhan lalu lintas selama umur rencana dihitung dengan faktor pertumbuhan kumulatif (*cumulative growth factor*)

$$R = \frac{(1+0,01i)^{UR-1}}{0,01i} \dots\dots\dots(2.39)$$

Dengan

R = faktor pengali pertumbuhan lalu lintas

i = tingkat pertumbuhan tahunan

UR = umur rencana (tahun)

### 3. Faktor Distribusi Lajur

Faktor distribusi lajur untuk kendaraan niaga (truk dan bus) ditetapkan dalam **Tabel 2.16** beban desain pada setiap lajur tidak boleh melampaui kapasitas lajur pada setiap tahun selama umur rencana. Kapasitas lajur maksimum agar mengacu pada MKJI.

**Tabel 2.16** Faktor Distribusi Lajur

jumlah lajur setiap arah	kendaraan niaga pada lajur desain (% terhadap populasi kendaraan)
1	100
2	80
3	60
4	50

Sumber : Manual desain perkerasan, 2017

### 4. Faktor Ekvivalen Beban

Perkiraan faktor ekuivalen beban atau VDF (*Vehicle Damage Factor*). Perhitungan beban lalu lintas yang akurat sangatlah penting. Beban lalu lintas tersebut diperoleh dari :

1. Studi jembatan timbang, timbangan statis atau WIM (survey langsung).
2. Survey beban gandar pada jembatan timbang atau WIM yang pernah dilakukan dan dianggap cukup representative.
3. Data WIM regional yang dikeluarkan oleh Direktorat Bina Marga.

Ketentuan untuk cara pengumpulan beban lalu lintas dapat dilihat pada **Tabel 2.17**

**Tabel 2.17** Pengumpulan Data Beban Gandar

Spesifikasi Penyediaan Prasarana Jalan	Sumber Data Beban Gandar
Jalan bebas hambatan	1 atau 2
Jalan raya	1 atau 2 atau 3
Jalan sedang	2 atau 3
Jalan kecil	2 atau 3

Sumber : Manual desain perkerasan, 2017

Jika survei beban gandar tidak memungkinkan dilakukan oleh perencana dan data survei beban gandar sebelumnya tidak tersedia, maka nilai VDF dapat menggunakan **Tabel 2.18** dan **Tabel 2.19** untuk menghitung ESA.

**Tabel 2.18** menunjukkan nilai VDF regional masing-masing jenis kendaraan niaga yang diolah dari studi WIM yang dilakukan oleh Dirje Bina Marga pada 2012-2013.

Apabila survei lalu lintas yang dilakukan dapat mengidentifikasi jenis dan muatan kendaraan niaga, maka dapat digunakan data VDF masing-masing kendaraan menurut **Tabel 2.19**

**Tabel 2.18** Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga

Jenis Kendaraan	Sumatera				Jawa				Kalimantan				Sulawesi				Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Papua			
	Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal		Beban Aktual		Normal	
	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5	VDF 4	VDF 5
5B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
6A	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5	0.55	0.5
6B	4.5	7.4	3.4	4.6	5.3	9.2	4.0	5.1	4.8	8.5	3.4	4.7	4.9	9.0	2.9	4.0	3.0	4.0	2.5	3.0
7A1	10.1	18.4	5.4	7.4	8.2	14.4	4.7	6.4	9.9	18.3	4.1	5.3	7.2	11.4	4.9	6.7	-	-	-	-
7A2	10.5	20.0	4.3	5.6	10.2	19.0	4.3	5.6	9.6	17.7	4.2	5.4	9.4	19.1	3.8	4.8	4.9	9.7	3.9	6.0
7B1	-	-	-	-	11.8	18.2	9.4	13.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7B2	-	-	-	-	13.7	21.6	12.6	17.8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7C1	15.9	29.5	7.0	9.6	11.0	19.8	7.4	9.7	11.7	20.4	7.0	10.2	13.2	25.5	6.5	8.8	14.0	11.9	10.2	8.0
7C2A	19.8	39.0	6.1	8.1	17.7	33.0	7.6	10.2	8.2	14.7	4.0	5.2	20.2	42.0	6.6	8.5	-	-	-	-

7C2B	20.7	42.8	6.1	8.0	13.4	24.2	6.5	8.7	-	-	-	-	17.0	28.8	9.3	15.5	-	-	-	-
7C3	24.5	51.7	6.4	8.0	18.1	34.4	6.1	7.7	13.5	22.9	9.8	15.0	28.7	59.6	6.9	8.8	-	-	-	-

Sumber : manual desain perkerasan, 2017

**Tabel 2.19** Nilai VDF masing-masing kendaraan niaga

Jenis Kend.		Uraian	Konfigurasi Sumbu	Muatan yang Diangkut	Kelompok Sumbu	Distribusi Tipikal		Faktor ekuivalen Beban (VDF) (ESA/Kend.)		
Klasifikasi Lama	Alternatif					Semua Kend. Bermotor	Semua Kend. Bermotor Kecuali Sepeda Motor	VDF Pangkat <sub>4</sub>	VDF Pangkat <sub>5</sub>	
Kend. Niaga	1	1	Sepeda motor	1.1	2	30,4				
	2,3,4	2,3,4	Sedan/angkot/pickup/station wagon	1.1	2	51,7	74,3			
	5a	5a	Bus kecil	1.2	2	3,5	5,00	0,3	0,2	
	5b	5b	Bus besar	1.2	2	0,1	0,20	1,0	1,0	
	6a.1	6.1	Truck 2 sumbu - cargo ringan	1.1	2	4,6	6,60	0,3	0,2	
	6a.2	6.2	Truck 2 sumbu – ringan	1.2	2			0,8	0,8	
	6b1.2	7.1	Truck 2 sumbu – cargo sedang	1.2	Muatan umum	2	-	-	0,7	0,7
	6b1.2	7.2	Truck 2 sumbu sedang	1.2	Tanah, pasir,	2	-	-	1,6	1,7

					besi, semen					
6b1.2	8.1	Truck 2 sumbu berat	1.2	Muatan umum	2	3,8	5,50	0,9	0,8	
6b2.2	8.2	Truck 2 sumbu berat	1.2	Tanah, 2pasir, besi, semen	2			7,3	11,2	
7a1	9.1	Truck 3 sumbu - ringan	1.22	Muatan umum	3	3,9	5,60	7,6	11,2	
7a2	9.2	Truck 3 sumbu –sedang	1.22	Tanah, pasir, besi, semen	3			28,1	64,4	
7a3	9.3	Truck 3 sumbu – berat	1.1.2		3	0,1	0,10	28,9	62,2	
7b	10	Truck 2 sumbu dan trailler penarik 2 sumbu	1.2-2-2		4	0,5	0,7	36,9	90,4	
7c1	11	Truck 4 sumbu - trailler	1.2-22		4	0,3	0,50	13,6	24,0	
7c2.1	12	Truck 5 sumbu - trailler	1.22-22		5	0,7	1,00	19,0	33,2	
7c2.2	13	Truck 5 sumbu - trailler	1.2-222		5			30,3	69,7	
7c3	14	Truck 6 sumbu - trailler	1.22-222		6	0,3	0,50	41,6	93,7	

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

#### 2.7.4 Menghitung Beban Sumbu Standar (CESAL)

Beban sumbu standar kumulatif atau *cumulatife equivalent single axle Load* (CESAL) merupakan jumlah kumulatif beban sumbu lalu lintas desain pada lajur desain selama umur rencana dan sesuai dengan VDF masing-masing kendaraan niaga yang ditentukan pada persamaan berikut :

$$ESA_{TH-1} = (\sum LHR_{JK} + VDF_{JK}) \times 365 \times DD \times DL \times R \dots \dots \dots (2.40)$$

Dimana :

$ESA_{TH-1}$  = Kumulatif lintasan sumbu standar ekivalen (*equivalent single axle*) pada tahun pertama

$LHR_{JK}$  = lintas harian rata-rata tiap jenis kendaraan niaga (satuan kendaraan perhari)

$VDF_{JK}$  = Faktor ekivlen beban (*Vehicle Damage Faktor*) tiap jenis kendaraan niaga, (**Tabel 2.18** dan **Tabel 2.19**)

$DD$  = Faktor distribusi arah (nilainya 0,3 – 0,7)

$DL$  = Faktor distribusi lajur (**Tabel 2.15**)

$R$  = Faktor pengali pertumbuhan lalu lintas kumulatif (persamaan 2.37)

Nilai CESA4 yang didapat dikalikan dengan Traficik multiplier (TM) untuk mendapatkan nilai kumulatif akibat kelelahan lapisan aspal (CESA 5). Nilai TM dengan konsisi beban yang berlebih di Indonesia berkisar 1.8 – 2 (kementrian pekerjaan umum 2017).

$$CESA5 = TM \times CESA4 \dots \dots \dots (2.41)$$

#### 2.7.5 Desain Struktur Perkerasan

Pemilihan jenis perkerasan akan bervariasi sesuai estimasi volume lalu lintas , umur rencana dan kondisi pada jalan sesuai **Tabel 2.20** data lalu lintas penting untuk menghasilkan desain perkerasan yang efektif. Data harus meliputi semua jenis kendaraan komersial. Apabila diketahui atau diduga terdapat kesalahan data harus dilakukan perhitungan lalu lintas khusus sebelum perenaan akhir dilakukan.

**Tabel 2.20** Pemilihan Jenis Perkerasan

struktur perkerasan	baga desain	ESA (juta) dalam 20 tahun (pangkat 4 kecuali ditentukan lain				
		0 - 0,5	0,1-4	>4 - 10	> 10 - 30	>30 - 200
perkerasan kaku dengna lalu lintas berat (diatas tanah dengan CBR $\geq$ 2,5 %)	4	-	-	2	2	2
perkerasan kaku dengan lalu lintas rendah (daerah pedesaan dan perkotaan)	4A	-	1,2	-	-	-
AC WC modifikasi atau SMA modifikasi dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC dengan CTB (ESA pangkat 5)	3	-	-	-	2	2
AC tebal $\geq$ 100 mm dengan lapis pondasi berbutir (ESA pangkat 5)	3B	-	-	1,2	2	2
AC atau HR tipis diatas lapis fondasi berbutir	3A	-	1,2	-	-	-
burdu atau burtu dengan LPA kelas A atau batuan asli	5	3	3	-	-	-
lapis pondasi soil cement	6	1	1	-	-	-
perkerasan tanpa penutup (japat, jalan kerikil)	7	1	-	-	-	-

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

Catatan

tingkat kesulitan :

1. - kontraktor kecil – mediun
2. – kontraktor besar dengan sumber daya yang memadai
3. – membutuhkan keahlian tenaga ahli khusus – kontraktor spesialis Burtu / Burda

Selain batasan yang diberikan pada **Tabel 2.20** perencanaan harus mempertimbangan biaya terendah selama umur rencana keterbatasan dan kepraktisan pelaksanaan. Pemilihna alternative desain berdasarkan manual ini harus didasarkan pada *discounted lifecycle* terendah.

Desain perkerasan berdasarkan lalu lintas rencana dan pertimbangan terendah ditunjukkan pada **Tabel 2.21, 2.22, 2.23, 2.24**, solusi lain dapat dipilih



untuk menyesuaikan dengan kondisi setempat. Namun demikian, disarankan untuk tetap menggunakan prosedur desain pada manual desain ini sebagai langkah awal untuk semua desain.

Basis dari prosedur desain perkerasan lentur dengan campuran beraspal yang digunakan pada manual ini adalah karakteristik mekanik material dan analisis struktur perkerasan secara mekanistik. Metode ini menghubungkan masukan berupa beban roda, struktur perkerasan dan sifat mekanik material, dengan keluaran berupa respon perkerasan terhadap beban roda seperti tegangan, regangan atau lendutan.

Respon structural tersebut digunakan untuk memprediksi kinerja struktur perkerasan dalam hal deformasi permanen dan retak lelah. Karena prediksi didasarkan pada kinerja material di laboratorium dan pengamatan di lapangan, pendekatan ini disebut sebagai mekanistik empirik.

**Tabel 2.21** Desain Perkerasan Lentur Dengan HRS

Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ( $10^6$ CESA <sub>5</sub> )	FF1 < 0,5	$0,5 \leq FF2 \leq 4,0$
Jenis permukaan	HRS atau penetrasi macadam	HRS
Struktur perkerasan	Tebal lapisan (m)	
HRS WC	50	30
HRS Base	-	35
LFA kelas A	150	250
LFA kelas A atau LFA kelas B atau kerikil alam atau lapis distabilisasi dengan CBR > 10 %	150	125

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

Catatan :

1. **Tabel 2.21** merupakan alternative untuk daerah yang HRS menunjukkan riwayat kinerja yang baik dan daerah yang dapat menyediakan material tang sesuai (*gap graded mix*).
2. HRS tidak sesuai untuk jalan dengan tanjakan curam dan daerah perkotaan dengan beban lebih besar dari 2 juta ESA5.

3. Kerikil alam dengan atau material stabilisasi dengan CBR > 10 % dapat merupakan pilihan yang paling ekonomis, jika material dan sumberdaya penyedia jasa yang mumpuni tersedia. Ukuran material LFA kelas B lebih besar dari pada kelas A sehingga lebih mudah mengalami segregasi. Ukuran butir material kelas B yang lebih besar membatasi tebal minimum material kelas B. walaupun dari segi mutu material kelas A lebih tinggi dari material kelas B, namun dari segi harga material LFA kelas A dan B tidak terlalu berbeda sehingga untuk jangka panjang LFA kelas A dapat menjadi pilihan yang lebih kompetitif.

**Tabel 2.22 Desain Perkerasan Lentur – Aspa dengan Lapis Fondasi Berbutir**

STRUKTUR PERKERASAN									
FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9	
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ( $10^6$ CESA <sub>5</sub> )	< 2	≥ 2 - 4	> 4 - 7	>7 - 10	>10 - 20	>20 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 – 200
KETEBALAN PERKERASAN (mm)									
AC WC	40	40	40	40	40	40	40	40	40
AC BC	60	60	60	60	60/160	60	60	60	60
AC Base	0	70	80	105	145	160	180	210	245
LPA kelas A	400	300	300	300	300	300	300	300	300
catatan	1		2		3				

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

Catatan :

1. Nilai FFF1 atau FFF2 harus lebih diutamakan daripada solusi FF1 dan FF2 (**Tabel 2.20**) atau HRS berpotensi mengalami *rutting*.
2. Untuk perkerasan lentur dengan beban > 10 juta CESA<sub>5</sub>, diutamakan menggunakan desain pada **Tabel 2.19**, desain **Tabel 2.20** digunakan jika CTB sulit untuk diimplementasikan. Solusi FFF5 - FFF9 dapat lebih praktis dari pada **Tabel 2.19**

**Tabel 2.23 penyesuaian tebal lapis fondasi agregat kelas A untuk tanah dasar CBR  $\geq 7\%$  (hanya untuk desain Tabel 2.22)**

STRUKTUR PERKERASAN									
	FFF1	FFF2	FFF3	FFF4	FFF5	FFF6	FFF7	FFF8	FFF9
Solusi yang dipilih					Lihat catatan 2				
Kumulatif beban sumbu 20 tahun pada lajur rencana ( $10^6$ CESA <sub>5</sub> )	>2	> 2 - 4	>4 - 7	>7 - 10	>10 - 20	>20 - 30	>30 - 50	>50 - 100	>100 - 200
Tebal LFA A (mm) penyesuaian rehadap bagan desain 3B									
Subgrade CBR $\geq 5.5-7$	400	300	300	300	300	300	300	300	300
Subgrade CBR $\geq 7-10$	330	220	215	210	205	200	200	200	200
Subgrade CBR $\geq 10$	260	150	150	150	150	150	150	150	150
Subgrade CBR $\geq 15$	200	150	150	150	150	150	150	150	300

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

### 2.7.6 Menentukan Struktur Pondasi Jalan

Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2017) desain pondasi jalan adalah perbaikan tanah dasar dan lapis penopang (*capping*), *micro pilling* (cerucuk), drainase vertikal pra-pembeanaan dan berbagai penangana lain yang diperlukan untuk membentuk perletakan pendukung struktur perkerasan lentur, baik untuk kondisi tanah biasa maupun tanah lainnya yang lazim ditemui di Indonesia.

Tiga faktor penting di dalam desain perkerasan adalah lalu lintas, tanah dasar dan pengaruh air. Selain itu, pada kasus perkerasan yang harus dibangun di kawasan dengan tanah bermasalah seperti gambut dan tanah lunak, karakteristik tanah berangkutan merupakan faktor yang sangat penting karena analisis tanah dasar biasanya tidak dapat menghasilkan perkerasan dengan kinerja yang diharapkan.

Umur pondasi jalan untuk semua perkerasan baru maupun pelebaran digunakan minimum 40 tahun karena :

- a. Pondasi jalan tidak dapat ditingkatkan selama umur pelayanannya kecuali dengan cara rekonstruksi menyeluruh.
- b. Perkerasan lentur dengan desain fondasi dibawah standar mungkin memerlukan perkuatan dengan lapisan tambahan berulang kali selama masa pelayanannya, sehingga biaya total perkerasan menjadi lebih mahal dibandingkan dengan perkerasan yang didesain dengan baik.
- c. Perkerasan kaku di atas tanah lunak dengan desain fondaasi di bawah standar, cenderung mengalami keretakan dini yang dalam kasus terburuk mungkin memerlukan penggantian pelat beton.

**Tabel 2.23** menunjukkan tebal minimum lapis penopang untuk mencapai CBR desain 6 % yang digunakan untuk pengembangan catalog desain tebal perkerasa. Apabila lapis penopang akan digunakan untuk kendaraan konstruksi mungkin diperlukan lapis penopang yang lebih tebal.

Pertimbangan-pertimbangan dibawah ini berlaku dalam pelaksanaan lapis penopang.

a. Persyaratan umum

1. Material yang digunakan sebagai lapis penopang harus berupa bahan timbunan pilihan. Jika lapisan tersebut di bawah permukaan air harus digunakan material batuan atau material berbutir. Dalam hal ini harus menggunakan material berbutir dengan kepekatan terhadap kadar air rendah.
2. Dapat berfungsi sebagai lantai kerja yang kokoh sepanjang periode pelaksanaan.
3. Tebal minimum 600 mm untuk tanah ekspansif
4. Elevasi permukaan lapis penopang harus memenuhi persyaratan tinggi minimum tanah dasar diatas muka air tanah dan muka air banjir dijelaskan dalam **Tabel 2.26**
5. Kedalaman alur roda pada lapis penopang akibat lalu lintas selama periode konstruksi tidak lebih dari 40 mm.
6. Mencapai ketebalan tertentu sehingga permukaan lapis penopang dapat dipadatkan degang alat pemadat berat.

b. Metode pemadatan

Lapis penopang harus dipadatkan dengan metode dan mencapai tingkat kepadatan yang ditentukan atau disetujui oleh direksi pekerjaan. Pada

bagian lapis bawah penopang kepadatan yang mungkin dapat divapai cenderung lebih kecil daripada 95% kepsdstsn kering mskdimum.

c. Geotekstil

Jika tanah asli jenuh atau cenderung akan jenuh pada masa pelayanan, geotekstil sebagai pemisah harus dipasang diantara lapis penopang dan tanah asli. Material lapis penopang yang terletak langsung di atas geotekstil harus material berbutir.

**Tabel 2.24** Desain Pondasi Jalan Minimum

CBR Tanah dasar (%)	Kelas Kekuatan Tanah Dasar	Uraian Struktur Fondasi	Perkerasan Lentur			Perkerasan Kaku
			Beban lalu lintas pada lajur rencana dengan umur rencana 40 tahun (juta ESA5)			Stabilisasi Semen <sup>(6)</sup>
			< 2	2 - 4	> 4	
			Tebal minimum perbaikan tanah dasar			
≥ 6	SG6	Perbaikan tanah dasar dapat berupa stabilisasi semen atau material timbunan pilihan (sesuai persyaratan Spesifikasi Umum, Devisi 3 – Pekerjaan Tanah) (pemadatan lapisan ≤ 200 mm tebal gembur)	Tidak diperlukan perbaikan			300
5	SG5		-	-	100	
4	SG4		100	150	200	
3	SG3		150	200	300	
2,5	SG2.5		175	250	350	
Tanah ekspansif (potensi pemuai > 5%)		Lapis penopang <sup>(4)(5)</sup>	400	500	600	Berlaku ketentuan yang sama dengan fondasi jalan perkerasan lentur
Perkerasan di atas tanah lunak <sup>(2)</sup>		-atau- lapis penopang dan geogrid <sup>(4)</sup>	1000	1100	1200	
Tanah gambut dengan HRS atau DBST untuk perkerasan untuk jalan raya minor (nilai minimum – ketentuan lain berlaku)		Lapis penopang berbutir <sup>(4)(5)</sup>	650	750	850	
			1000	1250	1500	

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017

**1.** Dampak drainase perkerasan terhadap lapisan perkerasan

Secara umum perencana harus menerapkan desain yang dapat menghasilkan “faktor m” ≥ 1,0 kecuali jika kondisi lapangan tidak memungkinkan. Apabila drainase permukaan tidak dapat disediakan maka tebal lapis pondasi agregat harus disesuaikan dengan menggunakan nilai koefisien drainase “m” sesuai ketentuan AASTHO 1993 atau Pt T -01-2002 B.

**Tabel 2.25** Nilai Koefisien Drainase

Kualitas drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1 %	1– 5 %	5 – 25 %	>25 %
Baik sekali	1,4 – 1,30	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,08 – 0,75	0,60 – 0,40	0,40

Drainase berfungsi dengan baik apabila kondisi drainase menyebabkan nilai  $m$  lebih kecil dari 1 maka tebal lapis pondasi agregat seperti tercantum dalam bagan desain harus dikoreksi menggunakan formula berikut :

$$tebal\ desain\ lapis\ pondasi\ agregat = \frac{(tebal\ berdasarkan\ perhitungan\ atau\ des)}{m} \dots\dots(2.42)$$

Dalam proses desain, penggunaan koefisien drainase  $m$  yang lebih besar dari 1 tidak digunakan kecuali jika ada kepastian bahwa mutu pelaksanaan untuk mencapai kondisi tersebut dapat dipenuhi.

**Tabel 2.26** tinggi minimum tanah dasar di atas muka air tanah dan muka air banjir

Kelas jalan (berdasarkan spesifikasi penyediaan prasaranan jalan)	Tinggi tanah dasar diatas muka air tanah (mm)	Tinggi tanah dasar diatas muka air banjir (mm)
Jalan bebas hambatan	1200 (jika ada drainase bawah permukaan di median)	500 (banjir 50 tahunan)
	1700 (tanah drainase bawah permukaan di median)	
Jalan raya	1200 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 800 (tanah lunak jenuh atau gambut dengan lapis drainase) 600 (tanah dasar normal)	500 (banjir 50 tahunan)
Jalan kcil	600	500 (banjir 10 tahunan)
	400	NA

Sumber : manual desain perkerasan lentur, 2017