

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Dasar perencanaan geometrik**

##### **2.1.1 Pengertian**

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang menitik beratkan pada perencanaan bentuk fisik jalan raya. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah untuk memenuhi fungsi dasar jalan, yaitu memberikan pelayanan kepada pergerakan arus lalu lintas (kendaraan) secara optimum.

Definisi lain dari 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 suatu wilayah (Silvia Sukirman, 1999).

Secara umum perencanaan geometrik menyangkut perencanaan bagian-bagian jalan seperti lebar badan dan bahu jalan, tikungan, drainase, jarak pandang, kelandaian, kebebasan samping, lengkung vertikal, jalur lalu lintas, galian dan timbunan, serta kombinasi antara bagian-bagian tersebut.

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

Menurut Sukirman (1999), perencanaan konstruksi jalan raya membutuhkan data-data perencanaan yang meliputi data lalu lintas, data topografi,

data penyelidikan tanah, data penyelidikan material, dan data penunjang lainnya. Semua data ini sangat diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya, karena data ini memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi suatu daerah dimana ruas jalan ini akan dibangun. Dengan adanya data-data ini, kita dapat menentukan geometrik dan tebal perkerasan yang diperlukan dalam merencanakan suatu konstruksi jalan raya.

## 2.1.2 Parameter dalam perencanaan geometrik

### 2.1.2.1 Kendaraan rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi (termasuk radius putarnya) dipilih sebagai acuan dalam perencanaan geometrik jalan raya. Pengelompokan jenis kendaraan rencana yang relevan dengan penggunaannya, dibedakan menurut sumber & implementasinya sebagai berikut:

#### a. Geometrik jalan antar kota

Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan antar kota adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan kecil : mobil penumpang
2. Kendaraan sedang : truk 2 as tandem, bus 2 as
3. Kendaraan besar : truk semi trailer

Sedangkan dimensi masing-masing jenis kendaraan rencana tersebut, dijelaskan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Dimensi kendaraan rencana untuk jalan antar kota

KENDARAAN RENCANA	DIMENSI KENDARAAN (cm)			TONJOLAN (cm)		RADIUS PUTAR (cm)		TONJOLAN (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Maks.	Min.	
Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

b. Geometrik jalan perkotaan

Pengelompokan kendaraan rencana untuk perencanaan geometrik jalan perkotaan adalah sebagai berikut:

1. Kendaraan kecil : mobil penumpang
2. Kendaraan sedang : unit tunggal truk/bus
3. Kendaraan besar : truk semi trallier

Sedangkan dimensi masing-masing jenis kendaraan rencana tersebut, dijelaskan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Dimensi kendaraan rencana untuk jalan perkotaan (meter)

JENIS KENDARAAN	PANJANG TOTAL	LEBAR TOTAL	TINGGI DEPAN	TINGGI TERGANTUNG	JARAK GANDAR	BELAKANG TERGANTUNG	RADIUS PUTAR MIN
Kendaraan penumpang	4,7	1,7	2,0	0,8	2,7	1,2	6
Truk/Bus tanpa gandengan	12,0	2,5	4,5	1,5	6,5	4,0	12
Kombinasi	16,5	2,5	4,0	1,3	4,0 (depan) 9,0 (belakang )	2,2	1,2

Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (1992)

c. Pengelompokan jenis kendaraan menurut karakteristik kendaraan

Berdasar jenis kendaraan yang dilayani jalan raya, Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 1993 mengelompokan jenis kendaraan dengan sistem kelas kendaraan sebagai berikut:

1. Kendaraan kelas I, yaitu kendaraan berukuran lebar  $\leq 2.50$  meter, panjang  $\leq 18$  meter dan muatan sumbu terberat (MST)  $> 10$  ton.

2. Kendaraan kelas II, yaitu kendaraan berukuran lebar  $\leq 2.50$  meter, panjang  $\leq 18$  meter dan muatan sumbu terberat (MST)  $\leq 10$  ton.
3. Kendaraan kelas IIIA, yaitu kendaraan berukuran lebar  $\leq 2.50$  meter, panjang  $\leq 18$  meter dan muatan sumbu terberat (MST)  $\leq 8$  ton.
4. Kendaraan kelas IIIB, yaitu kendaraan berukuran lebar  $\leq 2.50$  meter, panjang  $\leq 12$  meter dan muatan sumbu terberat (MST)  $\leq 8$  ton.
5. Kendaraan kelas IIIC, yaitu kendaraan berukuran lebar  $\leq 2.10$  meter, panjang  $\leq 9$  meter dan muatan sumbu terberat (MST)  $\leq 8$  ton.

d. Pengelompokan jenis kendaraan menurut Indonesian *Highway Capacity Manual* (IHCM) 1997

Berkaitan dengan tingkat pelayanan jalan (ruas jalan, simpang dan bundaran), IHCM 1997 mengelompokan jenis kendaraan sebagai berikut:

1. Kendaraan ringan (*light vehicle* : LV)
2. Kendaraan berat (*heavy vehicle* : HV)
3. Sepeda motor (*motor cycle* : MC)

### 2.1.2.2 Lalu lintas

a. Ekuivalen mobil penumpang (emp)

Ekuivalen mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, dimana mobil penumpang ditetapkan sebagai acuan yang memiliki nilai 1 (satu) smp. Nilai emp untuk kendaraan rencana pada jalan antar kota diberikan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Nilai EMP kendaraan rencana untuk geometrik jalan antar kota

No	Jenis Kendaraan	Medan Datar/ Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jeep, Station Wagon	1,0	1,0
2	Pick-up, Bus kecil, Truk kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3	Bus dan Truk besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Kota 1997

1. Sepeda motor : 0.5
2. Kend. Penumpang/kend. bermotor roda tiga : 1.0
3. Truk kecil (berat < 5 ton), bus mikro : 2.5
4. Truk sedang (berat > 5 ton) : 2.5
5. Bus, Truk berat ( berat < 10 ton) : 3.0

Nilai emp kendaraan rencana tersebut merupakan representasi untuk medan datar, sedangkan untuk medan perbukitan dan pegunungan dapat diperoleh dengan ‘memperbesar’ faktor koefisien dari medan datar tersebut. Indonesian *Highway Capacity Manual* (1997) – manual untuk kajian pelayanan lalu lintas jalan, memberi nilai emp secara lebih detail. Nilai emp ditentukan menurut pokok bahasannya, yang meliputi: simpang tak bersinyal, simpang bersinyal (d disesuaikan dengan aspek pendekat), bagian jalinan, jalan perkotaan (jalan arteri - disesuaikan menurut tipe jalan dan volume arus lalu lintasnya), jalan antar kota (d disesuaikan menurut tipe jalannya) dan jalan bebas hambatan.

b. Volume arus lalu lintas

Sebagai pertimbangan untuk menetapkan jumlah lajur beserta fasilitas lalu lintasnya, maka diperlukan estimasi arus lalu lintas yang dilayani. Perencanaan geometrik jalan antar kota, volume arus lalu lintas harian rencana (VLHR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas harian pada akhir tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan smp/hari. Sedangkan volume arus lalu lintas jam rencana (VJR) adalah prakiraan volume arus lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam satuan smp/jam, yang diestimasi dengan formulasi sebagai berikut:

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana,

K : faktor volume arus lalu lintas jam sibuk

F : faktor variasi tingkat lalu lintas per-15’ dalam satu jam

Adapun nilai faktor K dan faktor F dikemukakan pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai faktor K dan faktor F berdasarkan VLHR

VLHR (smp/hari)	Faktor K (%)	Faktor F (%)
> 50.000	4 - 6	0,9 – 1
30.000 - 50.000	6 - 8	0,8 – 1
10.000 - 30.000	6 - 8	0,8 – 1
5.000 - 10.000	8 - 10	0,6 – 0,8
1.000 - 5.000	10 - 12	0,6 – 0,8
<1.000	12 - 16	< 0,6

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Untuk perencanaan geometrik jalan perkotaan, volume arus lalu lintas rencana (*daily traffic volume* - DTV) merupakan volume harian lalu lintas total kedua arah. Pada kondisi lain, dimana elemen perencanaan geometrik jalan bergantung terhadap volume arus lalu lintas pada jam puncak, yang dinyatakan dalam volume per-jam perencanaan (*design hour volume* - DHV), maka dalam Standar Perencanaan Geometrik Untuk Jalan Perkotaan (1992) menurut dengan jumlah lajunya, diformulasikan sebagai berikut:

Jalan 2 lajur,

$$DHV = DTV \times \frac{K}{100} \dots\dots\dots (2.2)$$

Jalan berlajur banyak,

$$DHV = DTV \times \frac{K}{100} \times \frac{D}{100} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana,

DHV : volume arus lalu lintas perjam rencana (smp/2 arah/jam untuk jalan 2 lajur;  
smp/arah/jam untuk jalan berlajur banyak)

DTV : volume arus lalu lintas rencana (smp/2 arah/hari)

K : koefisien puncak (%)

Nilai K adalah perbandingan volume arus lalu lintas pada jam ke-13 dibagi dengan AADT (LHR tahunan), namun bila data tersebut di atas tidak tersedia, maka dapat dipergunakan nilai koefisien 10%.

D : koefisien arah (%)

Nilai D adalah koefisien arah hasil dari pengamatan lapangan, bila data lapangan tidak tersedia maka dapat dipergunakan  $D = 60\%$ .

c. Kecepatan rencana

Kecepatan rencana ( $V_R$ ) adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan, yang memungkinkan kendaraan dapat bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca cerah, lalu lintas lengang dan pengaruh samping jalan tidak berarti. Untuk perencanaan jalan antar kota, nilai  $V_R$  ditetapkan dengan berdasar pada klasifikasi (fungsi) dan medan jalan, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.5. Sedangkan untuk perencanaan jalan perkotaan, nilai  $V_R$  ditetapkan dengan berdasar tipe (fungsi) jalan & kelasnya, sebagaimana disajikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.5 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ), menurut klasifikasi fungsi dan medan untuk jalan antar kota

FUNGSI JALAN	KECEPATAN RENCANA ( $V_R$ – km/jam)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 120	60 – 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 – 60	30 – 50
Lokal	40 – 70	30 – 50	20 – 30

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

### 2.1.2.3 Jarak pandang

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

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana ( $V_R$ ), menurut tipe dan kelas jalan perkotaan

TIPE JALAN	KELAS	KECEPATAN RENCANA ( $V_R$ – km/jam)
Tipe I	1	100; 80
	2	80; 60*
Tipe II	1	60;
	2	60; 50
	3	40; 30
	4	30; 20

Catatan: \* Pada kondisi khusus

Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (1992)

a. Jarak pandang henti ( $J_h$ )

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan pengemudi untuk dapat menghentikan kendaraannya dengan aman setelah melihat adanya halangan di depannya. Geometrik jalan yang baik adalah ruas jalan dapat memberikan rasa aman bagi pengemudi kendaraan, oleh karena itu ‘setiap titik’ di sepanjang jalan harus memenuhi jarak pandang henti. Jarak pandang henti terdiri dari dua elemen, yaitu :

1. Jarak tanggap ( $J_{ht}$ ) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem.
2. Jarak pengereman ( $J_{hr}$ ) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasar asumsi: tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm di atas permukaan jalan. Adapun formulasi jarak pandang henti adalah:

$$J_h = J_{ht} + J_{hr} \dots \dots \dots (2.4)$$

$$J_h = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{\left(\frac{V_R}{3,6}\right)^2}{2g \cdot f_p} \dots \dots \dots (2.5)$$

Untuk jalan datar:

$$J_h = 0.694V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{f_p} \dots \dots \dots (2.6)$$

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu:

$$J_h = 0.694V_R + 0.004 \frac{V_R^2}{(f_p \pm L)} \dots \dots \dots (2.7)$$

Dimana:

$J_h$  = jarak pandang henti, (m)

$V_R$  = kecepatan rencana, (km/jam)

$T$  = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

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

$f_p$  = koefisien gesek memanjang antara ban kendaraan dengan perkerasan jalan aspal,  $f_p$  akan semakin kecil jika kecepatan ( $V_R$ ) semakin tinggi dan sebaliknya. (menurut Bina Marga,  $f_p = 0,35 - 0,55$ , namun sebaiknya nilai  $f_p$  diambil berdasarkan gambar 3.1

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

Nilai Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum juga dapat menggunakan hasil hitungan sebagaimana Tabel 2.7 untuk perencanaan jalan antar kota, dan Tabel 2.8 untuk perencanaan jalan perkotaan.

Tabel 2.7 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum Untuk Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota

$V_R$ (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
$J_h$ Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

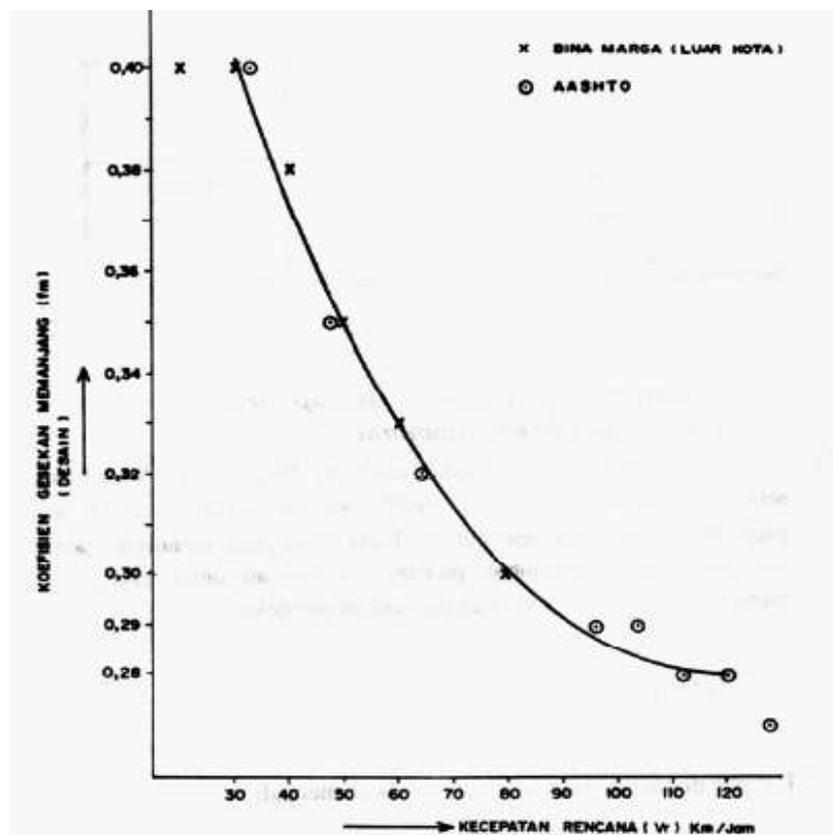
Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti ( $J_h$ ) Minimum Untuk Perencanaan Geometrik

## Jalan Perkotaan (m)

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jarak Pandang Henti Minimum (m)
100	165
80	110
60	75
50	55
40	40
30	30
20	20

Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (1992)



Sumber : Sukirman (1994)

Gambar 2.1 Diagram Koefisien Gesekan Memanjang Jalan ( $f_p$ )

b. Jarak pandang mendahului (Jd)

Pada jalan 2 lajur 2 arah tak terbagi (2/2 TB), kendaraan dengan kecepatan tinggi sering mendahului kendaraan lain dengan kecepatan yang lebih rendah sehingga pengemudi tetap dapat mempertahankan kecepatan sesuai dengan yang diinginkannya. Gerakan mendahului dilakukan dengan mengambil lajur jalan yang diperuntukkan untuk kendaraan dari arah yang berlawanan. Jarak yang dibutuhkan pengemudi sehingga dapat melakukan gerakan mendahului dengan aman dan dapat melihat kendaraan dari arah depan dengan bebas dinamakan jarak pandangan mendahului.

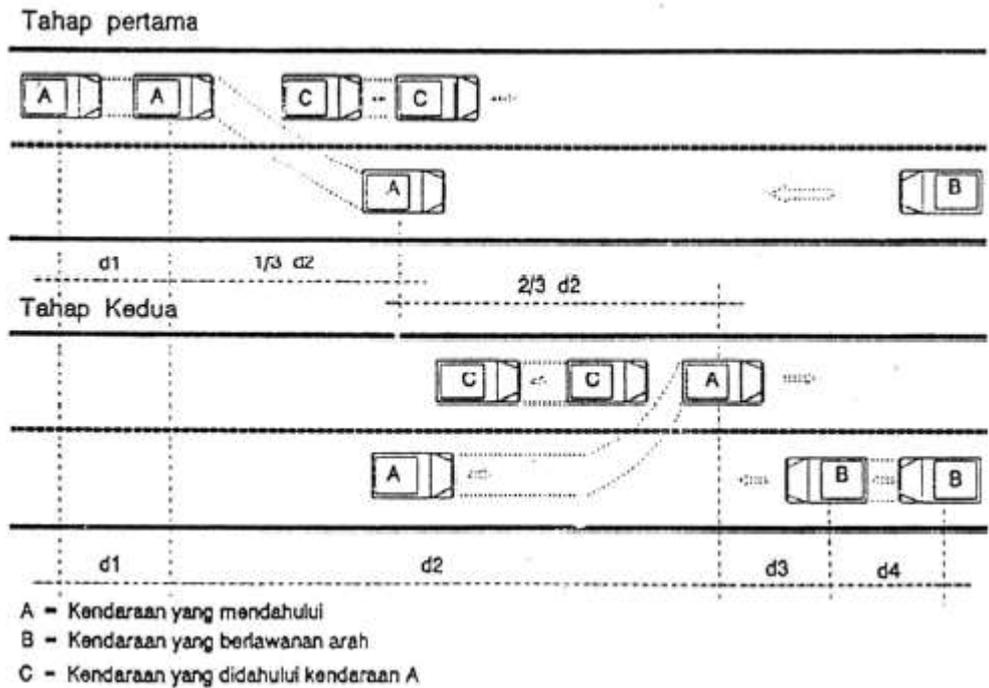
Jarak pandang mendahului (Jd) standar dihitung berdasarkan panjang jalan yang diperlukan untuk dapat melakukan gerakan mendahului suatu kendaraan dengan sempurna dan aman berdasarkan asumsi yang diambil. Apabila dalam suatu kesempatan dapat mendahului dua kendaraan sekaligus, hal itu tidaklah merupakan dasar dari perencanaan suatu jarak pandangan mendahului total.

Jarak pandangan mendahului (Jd) standar pada jalan dua lajur dua arah dihitung berdasarkan beberapa asumsi terhadap sifat arus lalu lintas yaitu:

1. Kendaraan yang akan didahului harus mempunyai kecepatan yang tetap
2. Sebelum melakukan gerakan mendahului, kendaraan harus mengurangi kecepatannya dan mengikuti kendaraan yang akan disiap dengan kecepatan yang sama.
3. Apabila kendaraan sudah berada pada lajur untuk mendahului, maka pengemudi harus mempunyai waktu untuk menentukan apakah gerakan mendahului dapat diteruskan atau tidak.
4. Kecepatan kendaraan yang mendahului mempunyai perbedaan sekitar 15 km/jam dengan kecepatan kendaraan yang didahului pada waktu melakukan gerakan mendahului.
5. Pada saat kendaraan yang mendahului telah berada kembali pada lajur jalannya, maka harus tersedia cukup jarak dengan kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan.
6. Tinggi mata pengemudi diukur dari permukaan perkerasan menurut Bina Marga (TPGJAK 1997) sama dengan tinggi objek yaitu 105 cm.

7. Kendaraan yang bergerak dari arah yang berlawanan mempunyai kecepatan yang sama dengan kendaraan yang mendahului.

Ilustrasi gerakan mendahului pada jalan tak terbagi, dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram pergerakan kendaraan untuk mendahului

Adapun estimasi jarak pandangan mendahului diformulasikan dengan persamaan sebagai berikut:

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots \dots \dots (2.8)$$

- $d_1$  = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)
- $d_2$  = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)
- $d_3$  = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)
- $d_4$  = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ , dan  $d_4$  adalah sebagai berikut:

$$d_1 = 0,278T_1(V_R - m + \frac{a.T_1}{2}) \dots\dots\dots (2.9)$$

$$d_2 = 0,278 V_R T_2$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2$$

dimana:

T1 = waktu dalam (detik), = 2,12 + 0,026 VR

T2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), = 6,56 + 0,048 VR

a = percepatan rata-rata, (km/jam/detik), = 2,052 + 0,0036 VR

m = perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului, (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

Nilai jarak pandang mendahului untuk jalan antar kota menurut kecepatan rencana yang dipilih, disajikan pada Tabel 2.9. sedangkan untuk jalan perkotaan disajikan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.9 Panjang jarak pandang mendahului

V <sub>R</sub> (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J <sub>d</sub> (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Tabel 2.10 Jarak pandang mendahului untuk jalan perkotaan

Kecepatan Rencana (Km/jam)	Jarak Pandang Mendahului Standar (m)	Jarak Pandang Mendahului Minimum (m)
80	550	350
60	350	250
50	250	200
40	200	150
30	150	100
20	100	70

Sumber: Standar Perencanaan Geometrik Jalan Perkotaan (1992)

c. Daerah bebas samping di tikungan

Daerah Bebas Samping Di Tikungan (E) adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang pengemudi kendaraan di tikungan, sehingga  $J_h$  dapat terpenuhi, dan dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan pengemudi di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E, yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai pada obyek penghalang, sehingga persyaratan untuk  $J_h$  terpenuhi.

Ada dua bentuk Daerah Bebas Samping Di Tikungan, yaitu:

$$(J_h) < (L_t), E = R \left\{ 1 - \cos \left( \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$(J_h) > (L_t), E = R \left\{ 1 - \cos \left( \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) + \frac{1}{2} (J_h - L_t) \sin \left( \frac{90^\circ J_h}{\pi R} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.11)$$

Adapun nilai E untuk kondisi tertentu, dapat diambil dari Tabel 2.11

Tabel 2.11 Nilai E untuk  $J_h < L_t$  (meter)

Rc (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3	6,4	13
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{\min} = 500$
300					2,3	6	$R_{\min} = 350$	
250				1,5	2,8	7,2		
200				1,9	3,5	$R_{\min} = 210$		
175				2,2	4			

Lanjutan Tabel 2.11

Rc (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> = 16	27	40	55	75	120	175	250
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	R <sub>min</sub> =115			
100			2	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	R <sub>min</sub> =90				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3	R <sub>min</sub> =50					
30		R <sub>min</sub> =30						
20	1,6							
15	2,1 R <sub>min</sub> = 15							

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Tabel 2.12 Nilai E untuk  $J_h > L_t$  (meter), Dimana  $J_h - L_t = 25$  meter

Rc (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> = 16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2

Lanjutan tabel 2.12

Rc (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> = 16	27	40	55	75	120	175	250
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	R <sub>min</sub> =500
300			1,5	2,4	3,9	8,5	R <sub>min</sub> =350	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	R <sub>min</sub> =210		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3	4,8	7,8			
130		2	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	R <sub>min</sub> =115			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	R <sub>min</sub> =90				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	R <sub>min</sub> =50					
30	4,4	8,4						

Lanjutan tabel 2.12

Rc (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> = 16	27	40	55	75	120	175	250
20	6,4	R <sub>min</sub> =30						
15	8,4							
	R <sub>min</sub> = 15							

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

Tabel 2.13 Nilai E untuk  $J_h > L_t$  (meter), Dimana  $J_h - L_t = 50$  meter

Rc (m)	V <sub>R</sub> = 20	30	40	50	60	80	100	120
	J <sub>h</sub> = 16	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,8
5000								2,2
3000							2	3,6
2000						1,6	3	5,5
1500						2,2	4	7,3
1200						2,7	5	9,1
1000					1,6	3,3	6	10,9
800					2,1	4,1	7,5	13,6
600				1,8	2,7	5,5	10	18,1
500				2,1	3,3	6,6	12	21,7
400			1,7	2,7	4,1	8,2	15	R <sub>min</sub> =500
300			2,3	3,5	5,5	10,9	R <sub>min</sub> =350	
250		1,7	2,8	4,3	6,5	13,1		
200		2,1	3,5	5,3	8,2	R <sub>min</sub> =210		
175		2,4	4	6,1	9,3			

Lanjutan tabel 2.13

Rc (m)	$V_R=20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h=16$	27	40	55	75	120	175	250
150	1,5	2,9	4,7	7,1	10,8			
130	1,8	3,3	5,4	8,1	12,5			
120	1,9	3,6	5,8	8,8	13,5			
110	2,1	3,9	6,3	9,6	$R_{min}$ =115			
100	2,3	4,3	7	10,5				
90	2,6	4,7	7,7	11,7				
80	2,9	5,3	8,7	13,1				
70	3,3	6,1	9,9	$R_{min}$ =90				
60	3,9	7,1	11,5					
50	4,6	8,5	13,7					
40	5,8	10,5	$R_{min}$ =50					
30	7,6	13,9						
20	11,3	$R_{min}$ =30						
15	14,8							
	$R_{min}=15$							

Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota 1997

## 2.2 Ketentuan perencanaan geometrik jalan

Menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Perencanaan Jalan Antar Kota, 1997. Ketentuan-ketentuan dasar ini merupakan syarat batas sehingga penggunaannya harus dibatasi sedikit mungkin hingga dapat menghasilkan jalan yang optimal.

### 2.2.1 Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

- a. Jalan Arteri: Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien,
- b. Jalan Kolektor: Jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi,
- c. Jalan Lokal: Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah, dan jumlah jalan masuk tidakdibatasi.

### 2.2.2 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 kasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat pada Tabel 2.14 di bawah ini :

Tabel 2.14 Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya

Fungsi	Kelas	Muatan Sumbu Terberat MST (ton)
Arteri	I	>10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	

### 2.2.3 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 pada Tabel 2.15 :

Tabel 2.15 Klasifikasi menurut medan jalan

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

Keseragaman kondisi medan yang diproyeksikan harus mempertimbangkan keseragaman kondisi medan menurut rencana trase jalan dengan mengabaikan perubahan-perubahan pada bagian kecil dari segmen rencana jalan tersebut.

#### **2.2.4 Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan**

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

a. Jalan nasional

Merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibukota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.

b. Jalan provinsi

Merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten atau kota dan jalan strategis provinsi.

c. Jalan kabupaten

Merupakan jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang tidak termasuk dalam jalan nasional dan jalan provinsi, yang menghubungkan ibukota kabupaten dengan ibukota kecamatan , antar ibukota kecamatan, ibukota kabupaten dengan pusat kegiatan lokal, antar pusat kegiatan lokal serta jalan umum dalam sistem jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten dan jalan strategis kabupaten.

d. Jalan kota

Merupakan jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antar pusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil serta menghubungkan antar pusat pemukiman yang berada di dalam kota.

e. Jalan desa

Merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan antar pemukiman di dalam desa serta jalan lingkungan.

### 2.3 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal juga dikenal dengan nama "situasi jalan". Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan, busur peralihan saja atau busur lingkaran saja. Ditinjau secara umum penempatan alinyemen horizontal harus dapat menjamin keselamatan dan kenyamanan bagi pengguna jalan. Untuk itu perlu diperhatikan hal-hal berikut:

- a. Sedapat mungkin menghindari *broken back*, artinya tikungan searah yang hanya dipisahkan oleh tangen yang sangat pendek yang dapat mengurangi keamanan dan kenyamanan bagi pengguna jalan.
- b. Pada bagian yang relatif lurus dan panjang jangan tiba-tiba terdapat tikungan yang tajam yang dapat membahayakan pengemudi.
- c. Kalau tidak terpaksa jangan menggunakan radius minimum sebab jalan tersebut akan sulit mengikuti perkembangan yang akan terjadi dimasa yang akan datang.
- d. Apabila terpaksa menghadapi tikungan ganda maka dalam perencanaan harus diusahakan agar jari-jari ( $R_1$ ) lebih kecil atau sama dengan jari-jari lengkung kedua ( $R_2$ ) x 1,5.

- e. Hindari sedapat mungkin lengkung yang terbalik dengan mendadak.
- f. Hindarkan lengkung yang tajam pada timbunan yang tinggi.

### 2.3.1 Penentuan trase jalan

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

Untuk membuat jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat berikut:

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

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

### 2.3.2 Bagian lurus

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Panjang bagian lurus maksimum

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

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

Dengan mempertimbangkan faktor keselamatan pengguna jalan, ditinjau dari segi kelelahan pengemudi, maka maksimum bagian jalan yang lurus harus ditempuh dalam waktu  $\leq 2,5$  menit (sesuai VR).

### 2.3.3 Bagian lengkung / tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian lengkung / tikungan, dimana terdapat gaya sentrifugal ini mendorong kendaraan secara radial keluar jalur. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu memperhatikan hal-hal berikut:

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

### 2.3.4 Lengkung peralihan

Pada perencanaan garis lengkung, perlu diketahui hubungan garis dengan kecepatan rencana dan hubungan keduanya dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi), karena lengkung peralihan ini bertujuan menciptakan suasana aman dan nyaman dengan cara mengurangi gaya sentrifugal secara perlahan.

Lengkung peralihan ini memiliki jari-jari kelengkungan yang secara bertahap berkurang dari suatu nilai tak hingga ( $R = \infty$ ) sampai dengan suatu nilai yang sama dengan nilai jari-jari tikungan ( $R=R_c$ ).

Keuntungan dipergunakannya lengkung peralihan :

- a. Memungkinkan pengemudi mengikuti jalur dengan mudah dan tidak mendadak.
- b. Mempertinggi keamanan dan kenyamanan pengendara.

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran. ( $R=\infty \rightarrow R = R_c$ ), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu sebelum dan setelah bagian circle tersebut.

Lengkung peralihan dengan bentuk spiral (chlotoid) banyak digunakan oleh Bina Marga. Panjang lengkung peralihan,  $L_s$  menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari ketiga persamaan di bawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3,6} T \dots\dots\dots (2.12)$$

- b. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shorrt, sebagai berikut :

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R_c.C} - 2,727 \frac{V_R - e}{C} \dots\dots\dots (2.13)$$

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6\Gamma_e} V_R \dots\dots\dots (2.14)$$

Dimana:

T = waktu tempuh (=3 detik)

R<sub>c</sub> = jari-jari busur lingkaran (m)

C = perubahan kecepatan, 0.3 – 1.0 m/dt<sup>3</sup> (disarankan 0.4 m/dt<sup>3</sup>)

Γ<sub>e</sub> = tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan;

- untuk  $V \leq 70$  km/jam,  $\Gamma_e = 0.035$  m/m/dt

- untuk  $V_R \geq 80$  km/jam,  $\Gamma_e = 0.025$  m/m/dt

e = superelevasi

e<sub>m</sub> = superelevasi maksimum

e<sub>n</sub> = superelevasi normal (= 2%)

Panjang lengkung peralihan (L<sub>s</sub>) untuk berbagai V dan R dapat dilihat pada Tabel 2.17.

Tabel 2.17 Panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi yang dibutuhkan (e maks = 10 %, metode Bina Marga)

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

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

Sumber : Dasar – dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova

### 2.3.5 Jari-jari minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang dinamakan superelevasi. Pada saat kendaraan melalui daerah superelevasi, akan terjadi gesekan arah melintang jalan antara ban kendaraan dengan permukaan perkerasan yang menimbulkan gaya gesek melintang. Perbandingan gaya gesekan melintang dengan gaya normal disebut koefisien gesekan melintang.

Rumus umum besarnya jari-jari (R) untuk suatu lengkung yang dilalui kendaraan adalah :

$$R = \frac{v^2}{127(e+f)} \dots \dots \dots (2.15)$$

$$D = \frac{25}{2\pi R} \times 360 \dots \dots \dots (2.16)$$

Dimana :

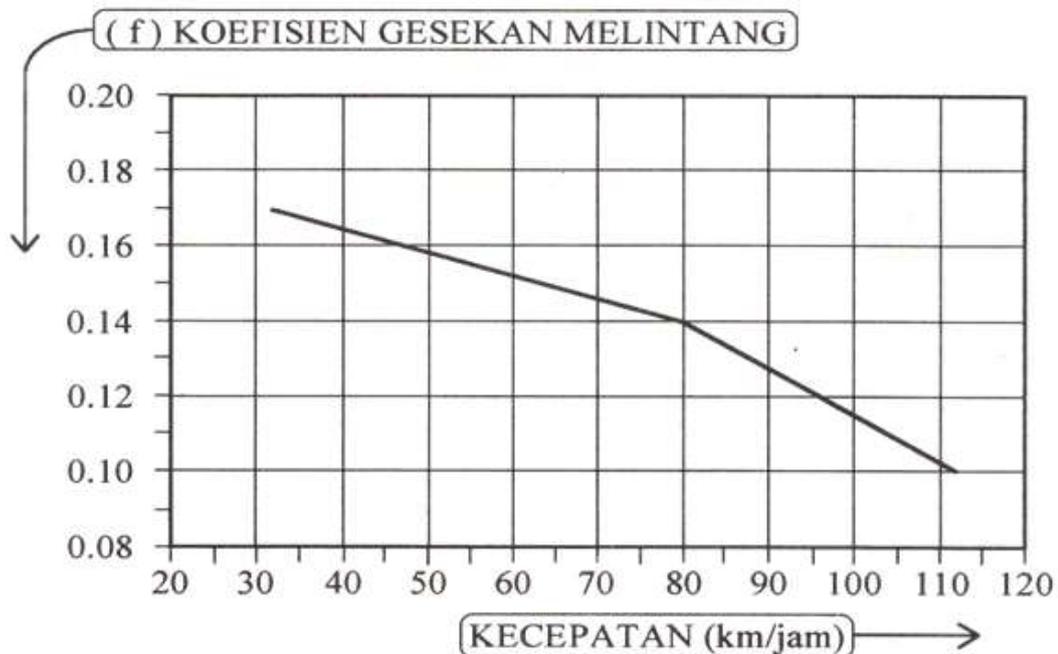
R = jari-jari lengkung (m)

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

$V$  = kecepatan rencana, (km/jam)

$e$  = kemiringan melintang pada lengkung (%)

$f$  = koefisien gesek melintang untuk perkerasan aspal (lihat Gambar 2.3)



Gambar 2.3 Grafik koefisien gesek melintang

Ketajaman lengkung horizontal dapat dinyatakan dengan besarnya radius dari lengkung tersebut atau dengan besarnya derajat lengkung. Derajat lengkung adalah besarnya sudut lengkung yang menghasilkan panjang busur 25 m. Semakin besar  $R$  semakin kecil  $D$  dan semakin tumpul lengkung horizontal rencana. Sebaliknya semakin kecil  $R$ , semakin besar  $D$  dan semakin tajam lengkung horizontal yang di rencanakan.

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka pada kecepatan tertentu dapat dihitung jari-jari minimum berdasarkan superelevasi maksimum dan koefisien gesek maksimum, dengan rumus

$$R_{min} = \frac{v^2}{127 (e_{max} + f_{max})} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$D_{max} = \frac{181913,53(e_{max} + f_{max})}{v^2} \dots \dots \dots (2.18)$$

Dimana :

$R_{min}$  = Jari-jari tikungan minimum, (m)

$V$  = Kecepatan rencana, (km/jam)

$e_{max}$  = Superelevasi maksimum, (%)

$f_{max}$  = Koefisien gesek melintang maksimum, ( $f_{max} = 0.14 - 0.24$ ),

Nilai  $f_{max}$  dapat juga dihitung dengan rumus ;

- untuk  $V < 80$  km/jam,  $f = - 0,00065 \cdot V_r + 0,192$

- untuk  $V > 80$  km/jam,  $f = - 0,00125 \cdot V_r + 0,24$

$D_{max}$  = Derajat lengkung maksimum, ( $^{\circ}$ )

Besarnya jari-jari minimum yang dibutuhkan untuk berbagai kecepatan dapat dilihat pada Tabel 2.18 berikut

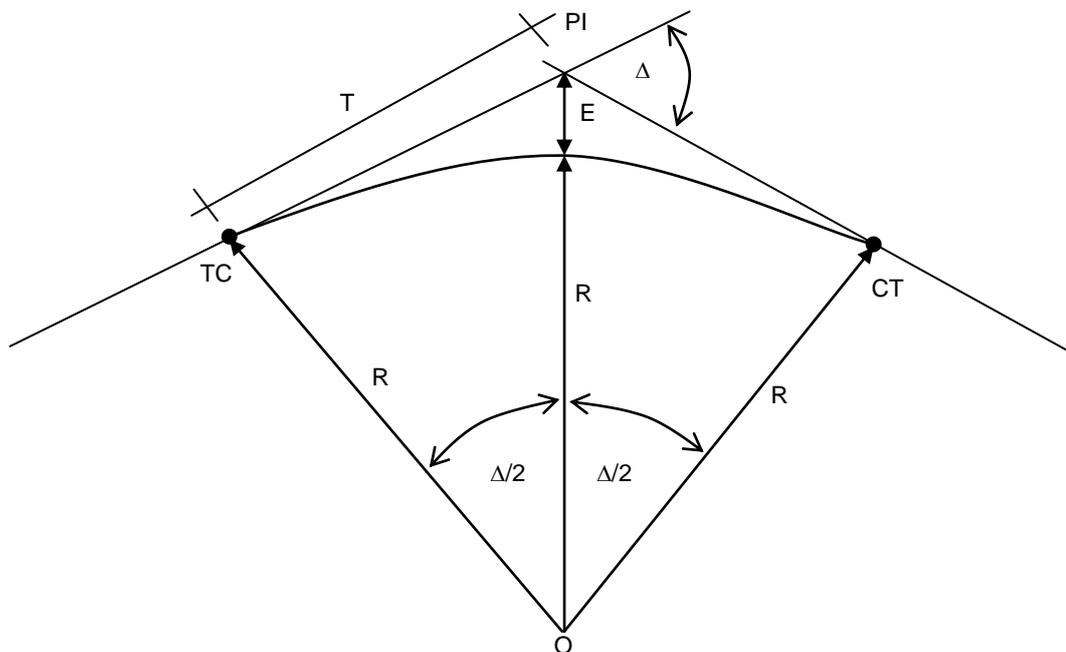
Tabel 2.18 Panjang jari-jari minimum (dibulatkan) untuk  $e_{max} = 10\%$ 

Vr (km/jam)	120	100	90	80	70	60	50	40	30
Rmin (m)	600	370	280	210	115	80	50	30	15

### 2.3.6 Bentuk-bentuk tikungan

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

Tikungan ini hanya terdiri dari bagian lingkaran tanpa adanya bagian peralihan. Lengkung ini digunakan pada tikungan yang memiliki jari-jari besar dan sudut tangen yang relatif kecil. Jenis tikungan ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya; namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal dan tikungan FC hanya digunakan untuk R yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil akan diperlukan superelevasi yang besar.



Gambar 2.4 Komponen Tikungan FC

Dimana :

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

E = jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

O = titik pusat lingkaran

L = panjang lengkung (CT – TC), (m)

R = jari-jari tikungan (m)

PI = titik potong antara 2 garis tangen

T = jarak TC-PI atau PI-CT

$$T = R \tan \frac{\Delta}{2} \dots \dots \dots (2.19)$$

$$E = T \tan \frac{\Delta}{4} = \sqrt{R^2 + T^2} - R = R(\sec \frac{\Delta}{2} - 1) \dots \dots \dots (2.20)$$

$$Lc = \frac{\Delta}{180} \pi R = 0,01745 \Delta R \dots \dots \dots (2.21)$$

Jari-jari tikungan yang tidak memerlukan lengkung peralihan.

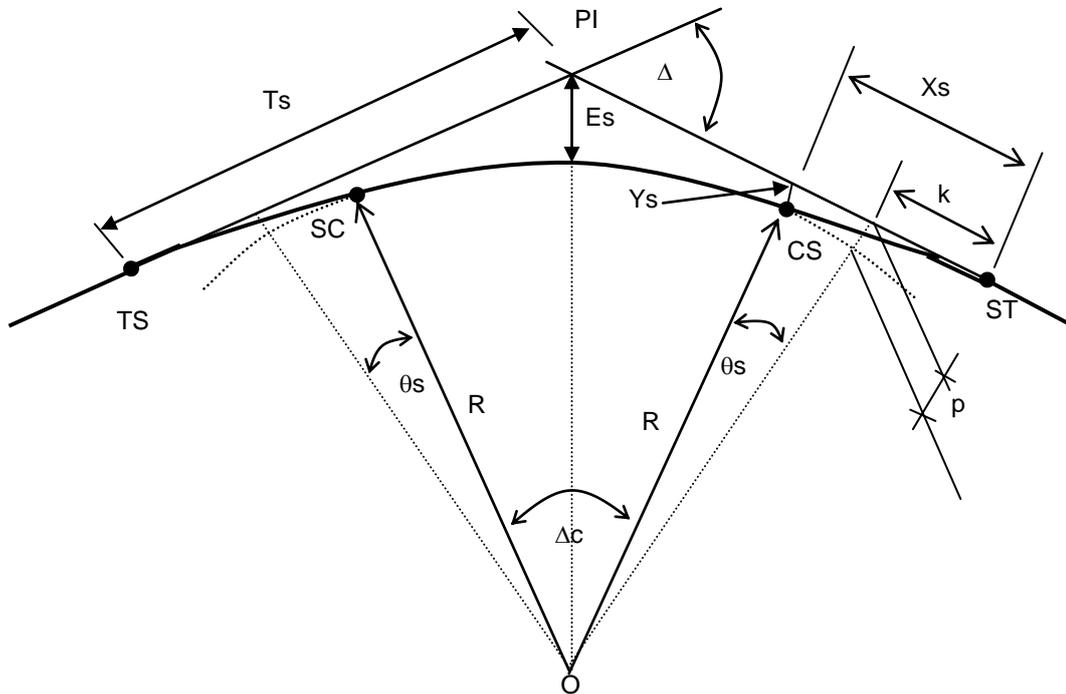
### 2.3.6.2 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS)

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

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *spiral-circle-spiral* ini haruslah sesuai dengan kecepatan dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang ditentukan, yaitu:

- a. Kemiringan maksimum antar jalan kota : 0,10
- b. Kemiringan maksimum jalan dalam kota : 0,08

Lengkung spiral merupakan peralihan bagian lurus ke bagian circle yang berfungsi mengurangi pengaruh gaya sentrifugal.



Gambar 2.5 Komponen Tikungan SCS

Rumus-rumus yang digunakan dalam menghitung tikungan SCS adalah :

$$X_s = L_s \left( 1 - \frac{L_s^2}{40 \times R^2} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \times R} \dots \dots \dots (2.23)$$

$$\phi_s = \frac{90}{\pi} \times \frac{50}{210} \dots \dots \dots (2.24)$$

$$\Delta C = \Delta - 2\phi_s \dots \dots \dots (2.25)$$

$$P = \frac{L_s^2}{6R} - R(1 - \cos \phi_s) \dots \dots \dots (2.26)$$

$$K = L_s - \frac{L_s^3}{40 \times R^2} - R(\sin \phi_s) \dots \dots \dots (2.27)$$

$$LC = \frac{\Delta C}{180} \times \pi \times R \dots \dots \dots (2.28)$$

$$TS = (R + P) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots \dots \dots (2.29)$$

$$ES = (R + P) \sec \frac{\Delta}{2} + R \dots \dots \dots (2.30)$$

$$L = Lc + 2 \times Ls \dots \dots \dots (2.31)$$

Dimana :

- Xs = absis titik SC pada garis tangen, jarak dari titik TS-SC  
(jarak lurus lengkung peralihan), (m)
- Ys = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)
- Ls = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)
- Lc = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)
- Ts = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)
- Es = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)
- $\Delta$  = sudut tikungan, ( $^{\circ}$ )
- $\Delta_c$  = sudut lengkung circle, ( $^{\circ}$ )
- $\theta_s$  = sudut lengkung spiral, ( $^{\circ}$ )
- R = jari-jari tikungan, (m)
- p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)
- k = absis p pada garis tangen spiral, (m)
- L = panjang tikungan SCS, (m)

Jika diperoleh  $L_c < 25$  m, maka sebaiknya tidak digunakan bentuk SCS, tetapi gunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan.

Jika p yang dihitung dengan rumus :

$$p = Ls^2 / 24.Rc < 0.25 \dots \dots \dots (2.32)$$

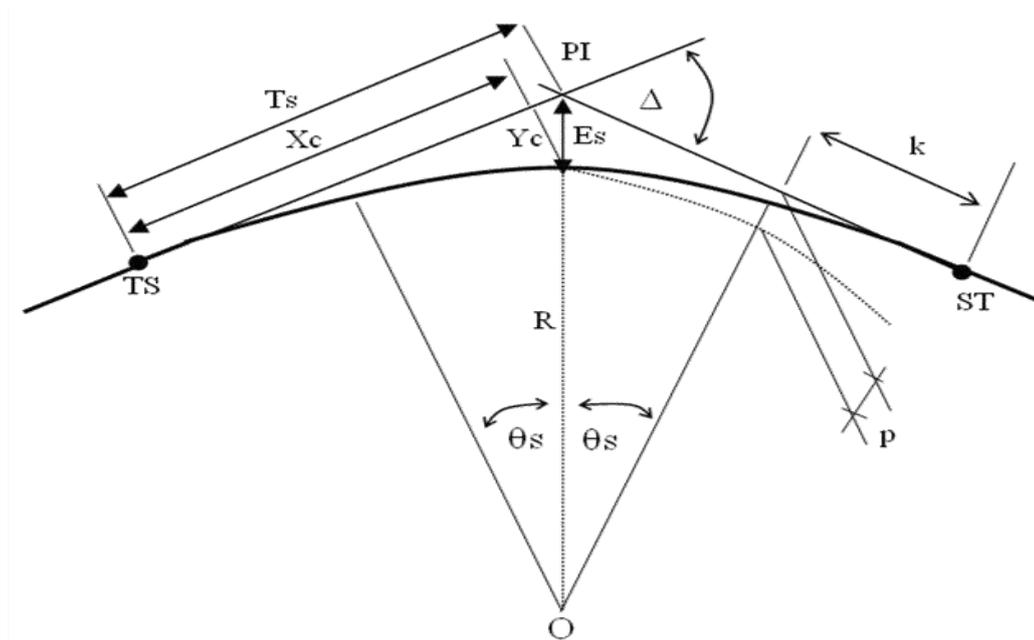
maka gunakan tikungan jenis FC.

untuk  $L_s = 1,0$  m, maka  $p = p'$  dan  $k = k'$

untuk  $L_s = L_s$ , maka  $p = p' \times L_s$  dan  $k = k' \times L_s$

**2.3.6.3 Tikungan Spiral-Spiral (SS)**

Lengkung ini hanya terdiri dari bagian spiral saja. Jenis lengkung ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam, dengan sudut  $\Delta$  relatif besar dan jari-jari yang relatif kecil.



Gambar 2.6 Komponen Tikungan SS

$$\theta_s = \frac{1}{2} \Delta, \quad L_c = 0 \dots \dots \dots (2.33)$$

$$L_s = \frac{2\pi R}{360} 2\theta_s \quad \text{atau} \quad L_s = \frac{\theta_s R}{28,648} \dots \dots \dots (2.34)$$

$$T_s = (R + p) \tan \frac{\Delta}{2} + k \dots \dots \dots (2.35)$$

$$E_s = (R + p) \sec \frac{\Delta}{2} - R \dots \dots \dots (2.36)$$

$$L_{tot} = 2L_s \dots \dots \dots (2.37)$$

$$K = K^* \times L_s \dots \dots \dots (2.38)$$

$$P = P^* \times L_s \dots \dots \dots (2.39)$$

Dimana  $k^*$ ,  $p^*$  dapat pada Tabel 2.19, Tabel 2.20 dan Tabel 2.21 untuk  $L_s = 1$

Tabel 2.19 Nilai  $k^*$ ,  $p^*$  untuk  $L_s = 1$  ( $\theta_s = 0,5$  s/d 13,5)

$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$
0.5	0.0007272	0.4999987
1.0	0.0014546	0.4999949
1.5	0.0021820	0.4999886
2.0	0.0029098	0.4999797
2.5	0.0036378	0.4999683
3.0	0.0043663	0.4999543
3.5	0.0050953	0.4999377
4.0	0.0058249	0.4999187
4.5	0.0065551	0.4998970
5.0	0.0072860	0.4998728
5.5	0.0080178	0.4998461
6.0	0.0094843	0.4998167
6.5	0.0102191	0.4997848
7.0	0.0102191	0.4997503
7.5	0.0109550	0.4997132
8.0	0.0116922	0.4997350
8.5	0.0124307	0.4993120
9.0	0.0131706	0.4995862
9.5	0.0139121	0.4995387
10.0	0.0146551	0.4994884
10.5	0.0153997	0.4994356
11.0	0.0161461	0.4993800
11.5	0.0168943	0.4993218
12.0	0.0176444	0.4992609
12.5	0.0183965	0.4991973
13.0	0.0191507	0.4991310
13.5	0.0199070	0.4990619

Tabel 2.20 Nilai  $k^*$ ,  $p^*$  untuk  $L_s = 1$  ( $\theta_s = 14$  s/d 27)

$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$
14.0	0.0206655	0.4989901
14.5	0.0214263	0.4989155
15.0	0.0221896	0.4988381
15.5	0.0229553	0.4987580
16.0	0.0237236	0.4986750
16.5	0.0244945	0.4985892
17.0	0.0252681	0.4985005
17.5	0.0260445	0.4984090
18.0	0.0268238	0.4983146
18.5	0.0276060	0.4982172
19.0	0.0283913	0.4981170
19.5	0.0291797	0.4980137
20.0	0.0299713	0.4979075
20.5	0.0307662	0.4977983
21.0	0.0315644	0.4976861
21.5	0.0323661	0.4975708
22.0	0.0331713	0.4974525
22.5	0.0339801	0.4973311
23.0	0.0347926	0.4972065
23.5	0.0356088	0.4970788
24.0	0.0364288	0.4969479
24.5	0.0372528	0.4968139
25.0	0.0380807	0.4966766
25.5	0.0389128	0.4965360
26.0	0.0397489	0.4963922
26.5	0.0405893	0.4962450
27.0	0.0414340	0.4960945

Tabel 2.21 Nilai  $k^*$ ,  $p^*$  untuk  $L_s = 1$  ( $\theta_s = 27,5$  s/d 40)

$\theta_s$ (°)	$p^*$	$k^*$
27.5	0.0422830	0.4959406
28.0	0.0431365	0.4957834
28.5	0.0439946	0.4956227
29.0	0.0448572	0.4954585
29.5	0.0457245	0.4952908
30.0	0.0465966	0.4951196
30.5	0.0474735	0.4949448
31.0	0.0483550	0.4947665
31.5	0.0492422	0.4945845
32.0	0.0501340	0.4943988
32.5	0.0510310	0.4942094
33.0	0.0519333	0.4940163
33.5	0.0528408	0.4938194
34.0	0.0537536	0.4936187
34.5	0.0546719	0.4934141
35.0	0.0555957	0.4932057
35.5	0.0562500	0.4929933
36.0	0.0574601	0.4927769
36.5	0.0584008	0.4925566
37.0	0.0593473	0.4923322
37.5	0.0602997	0.4921037
38.0	0.0612581	0.4918711
38.5	0.0622224	0.4916343
39.0	0.0631929	0.4913933
39.5	0.0641694	0.4911480
40.0	0.0651522	0.4908985

### 2.3.7 Superelevasi

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

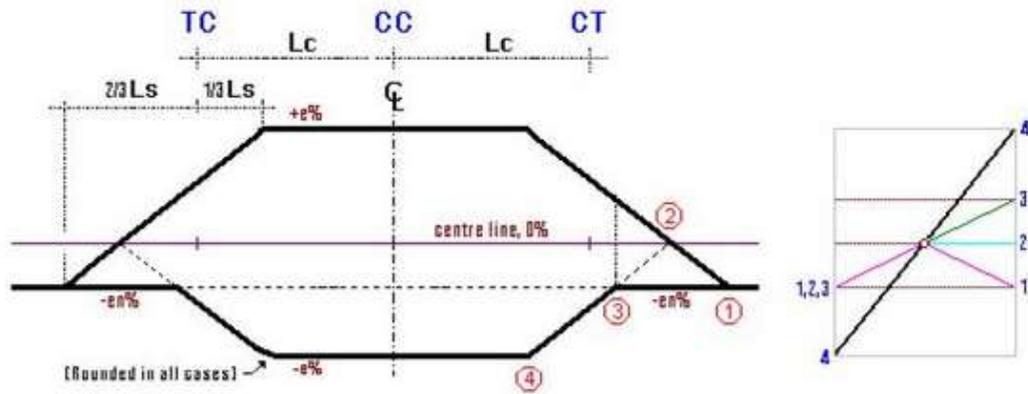
Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan-kemiringan jalan pada bagian tertentu, yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaannya atau pelaksanaannya dilapangan.

Tabel 2.22 Panjang Lengkung Peralihan (L<sub>s</sub>) dan panjang pencapaian superelevasi (L<sub>e</sub>) untuk jalan ljalur-2lajur-2arah.

VR (km/jam)	Superelevasi, e (%)									
	2		4		6		8		10	
	L <sub>s</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>e</sub>	L <sub>s</sub>	L <sub>e</sub>
20										
30										
40	10	20	15	25	15	25	25	30	35	40
50	15	25	20	30	20	30	30	40	40	50
60	15	30	20	35	25	40	35	50	50	60
70	20	35	25	40	30	45	40	55	60	70
80	30	55	40	60	45	70	65	90	90	120
90	30	60	40	70	50	80	70	100	10	130
100	35	65	45	80	55	90	80	110	0	145
110	40	75	50	85	60	100	90	120	11	-
120	40	80	55	90	70	110	95	135	0	-
									-	
									-	

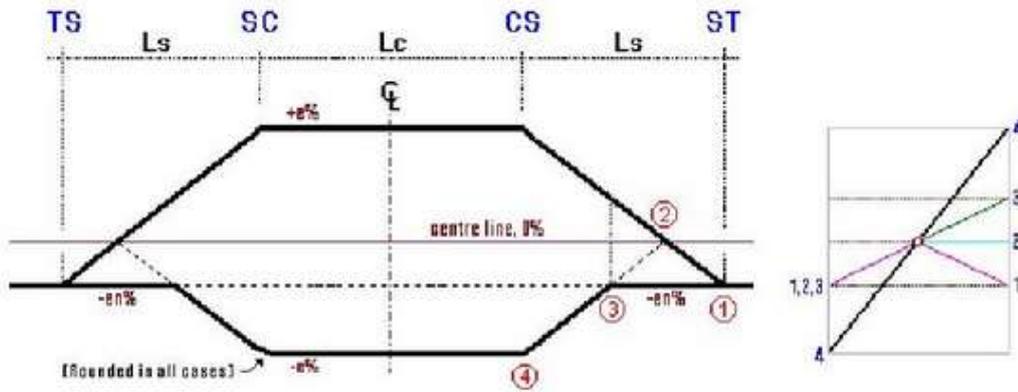
Bentuk diagram superelevasi adalah sebagai berikut :

- a. Tikungan Full Circle



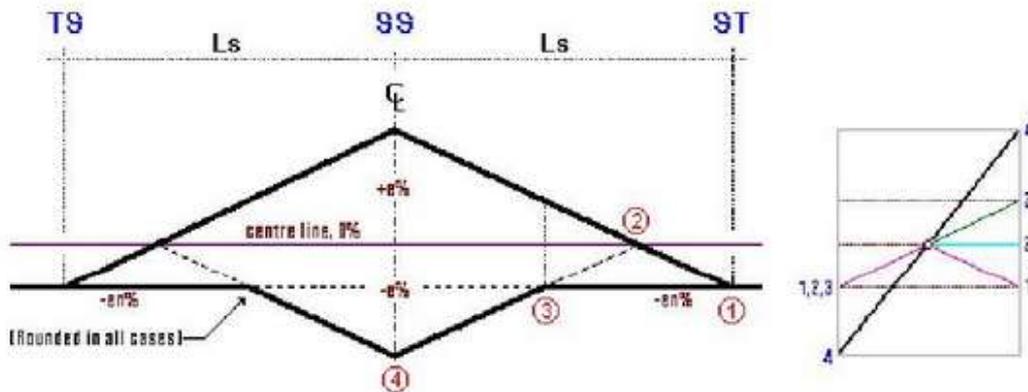
Gambar 2.7 Diagram Full Circle

b. Tikungan SCS



Gambar 2.8 Diagram SCS

c. Tikungan SS



Gambar 2.9 Diagram SS

## 2.4 Alinyemen Vertikal

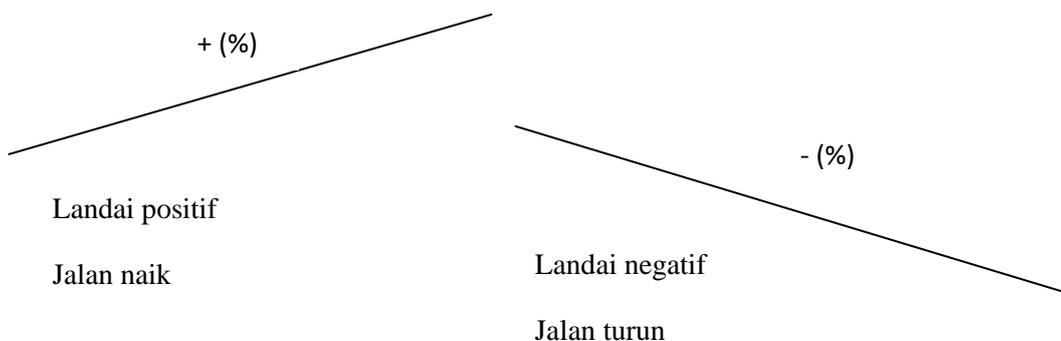
Alinemen vertikal adalah proyeksi dari sumbu jalan pada suatu bidang vertikal yang melalui sumbu jalan tersebut, atau bidang tegak melalui sumbu jalan, atau disebut juga proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan perencanaan terhadap adanya jalan naik dan turun untuk memberikan pertimbangan akan kemampuan kendaraan bermuatan penuh melalui rencana jalan yang akan dibuat.

Alinemen vertikal harus direncanakan dengan sebaik-baiknya dengan semaksimal mungkin mengikuti kondisi medan sehingga dapat menghasilkan keindahan jalan yang harmonis dengan alam di sekitarnya.

### 2.4.1 Kelandaian jalan

Alinemen vertikal sering disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat berupa kondisi jalan datar, mendaki, atau menurun. Jalan mendaki atau menurun disebut dengan landai jalan dan dinyatakan dalam persen (%).

Pada umumnya gambar rencana jalan dibaca dari kiri ke kanan, maka landai jalan diberi tanda positif (+) untuk pendakian permukaan jalan dari kiri ke kanan, dan negatif (-) untuk penurunan permukaan jalan dari kiri ke kanan. Dalam menetapkan kelandaian jalan harus diingat bahwa sekali suatu jalan digunakan maka jalan tersebut sukar diubah menjadi landai yang lebih kecil tanpa perubahan yang mahal. Maka penggunaan landai maksimum sedapat mungkin dihindari.



Gambar 2.10 Penetapan kelandaian

Landai maksimum adalah landai vertikal maksimum dimana truk dengan muatan penuh masih mampu bergerak dengan penurunan kecepatan tidak lebih dari setengah kecepatan awal tanpa penurunan gigi atau pindah ke gigi rendah.

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatannya sedemikian rupa sehingga penurunan kecepatan tidak lebih dari kecepatan rencana. Lama perjalanan tersebut tidak boleh lebih dari satu menit.

Apabila pertimbangan biaya pembangunan terbatas, panjang kritis tersebut boleh dilampaui. Dengan ketentuan bahwa bagian jalan di atas landai kritis pada bagian sampingnya harus ditambahkan suatu lajur pendakian khusus untuk kendaraan berat atau dengan pemasangan rambu dan marka untuk larangan menyiap. Lajur pendakian juga dimaksudkan untuk menampung truk yang bermuatan penuh atau kendaraan lain yang berjalan lambat agar supaya kendaraan lain tidak terganggu untuk mendahului tanpa menggunakan lajur lawan.

Tabel 2.23 Kelandaian Maksimum

Kecepatan Rencana (km/jam)	Kelandaian Maksimum (%)		
	Dalam Kota	Luar Kota	
		Standar	Mutlak
100	3	-	-
80	4	4	8
60	5	5	9
50	6	6	10
40	7	7	11
30	8	8	12
20	9	9	13

#### 2.4.2 Lengkung vertikal

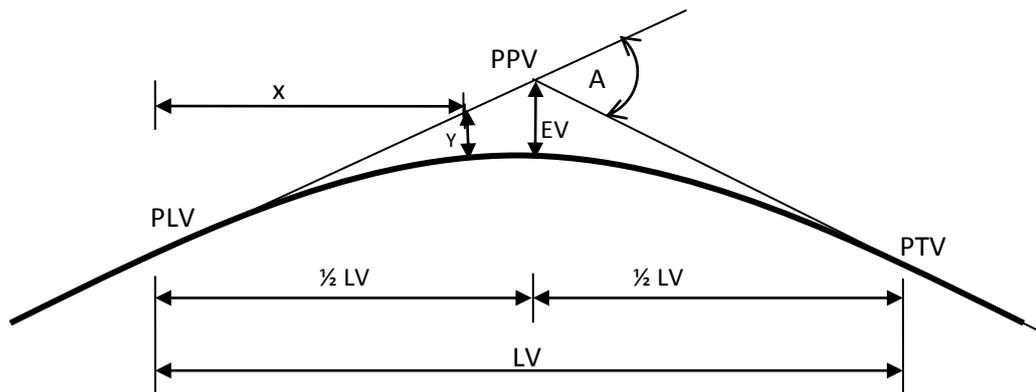
Pada setiap pergantian landai harus dibuat suatu lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan, dan drainase yang baik. Lengkung vertikal

direncanakan untuk merubah secara bertahap dari dua macam kelandaian arah memanjang jalan pada lokasi yang diperlukan. Ini dimaksudkan untuk mengurangi guncangan akibat perubahan kelandaian dan menyediakan jarak pandang henti yang cukup. Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis, yaitu: lengkung vertikal cembung, dan lengkung vertikal cekung.

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan. Sedangkan lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan

Garis lengkung vertikal dapat dibuat dengan bentuk: busur lingkaran, parabola ( $y = m.x^2$ ), atau parabola pangkat 3 ( $y = m.x^3$ ). Pemilihan bentuk tersebut tergantung dari:

- volume pekerjaan tanah
- panjang jarak pandangan yang dapat disediakan
- kenyamanan
- kesederhanaan hitungan



Gambar 2.11 Komponen lengkung cembung

Notasi :

PPV → Pusat Perpotongan vertikal

PLV → Permulaan Lengkung Vertikal

PTV → Permulaan Tangen Vertikal

EV → Pergeseran Vertikal PPV ke permukaan jalan rencana (m)

A → Perbedaan aljabar Landai (%)

$$EV = \frac{A \times LV}{800} \dots \dots \dots (2.40)$$

$$Y = \frac{A \times x^2}{200 \times LV} \dots \dots \dots (2.41)$$

Untuk lengkung lingkaran, jari jari lengkung vertikal adalah:

$$R = \frac{100 LV}{A} ; \frac{LV}{A} \rightarrow \text{Konstanta} \dots \dots \dots (2.42)$$

Lengkung vertikal yang sering digunakan adalah lengkung persamaan parabola sederhana yang mempunyai sifat sebagai berikut:

Pergeseran vertikal setiap titik pada lengkung terhadap tangen adalah sebanding dengan kuadrat jarak horizontalnya yang diukur dari ujung lengkung.

### 2.4.3 Panjang lengkung vertikal

Panjang lengkung vertikal didasarkan atas kecepatan rencana, jarak pandang (khususnya jarak pandang henti), dan perbedaan aljabar kemiringan. Untuk bentuk lengkung cembung didasarkan atas keamanan, kenyamanan, drainase, dan estetika dengan mempertimbangkan jarak pandang yang dapat dicapai. Sedangkan untuk lengkung vertikal cekung perlu diperhatikan jarak lampu sorot dan drainase. Jika jarak pandang dinyatakan dengan  $S$ ,  $h_1$  adalah tinggi mata pengemudi (125 cm),  $h_2$  adalah tinggi halangan (10 cm), serta  $A$  adalah selisih aljabar kelandaian, maka beberapa rumus dapat digunakan untuk menentukan lengkung vertikal sebagai berikut:

- a. Lengkung vertikal cembung

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

$$L = \frac{S^2 \times A}{100 \times (\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2} \dots \dots \dots (2.43)$$

Jika jarak pandang lebih panjang dari panjang lengkung vertikal ( $S > L$ ):

$$L = 2S - \frac{200(\sqrt{2h_1} + \sqrt{2h_2})^2}{A} \dots \dots \dots (2.44)$$

b. Lengkung vertikal cekung

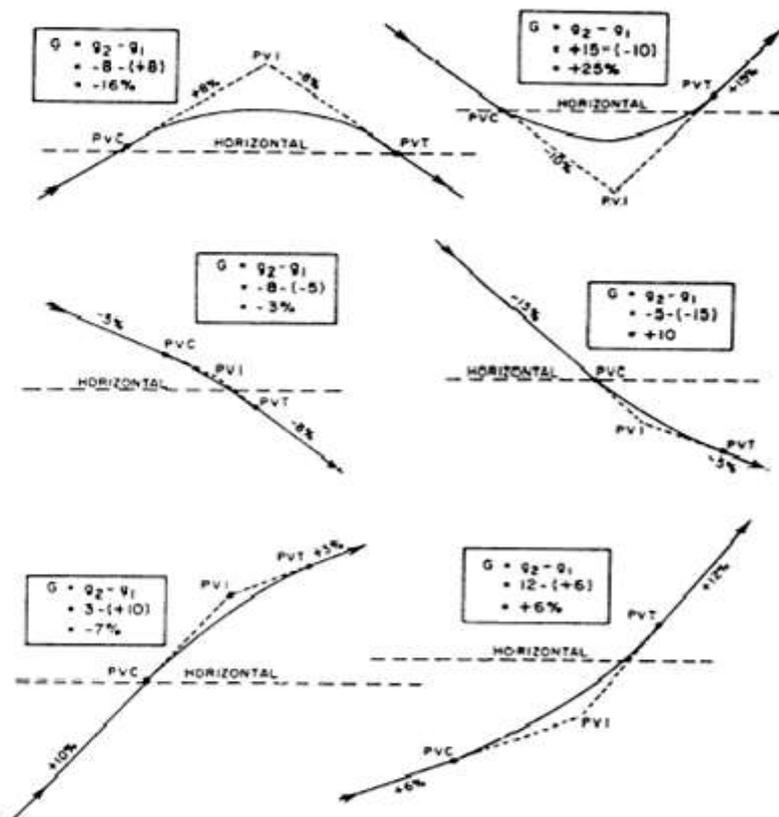
Jika jarak pandang lebih kecil dari panjang lengkung vertikal ( $S < L$ ):

$$L = \frac{S^2 \times A}{122 + 3,5 S} \dots \dots \dots (2.45)$$

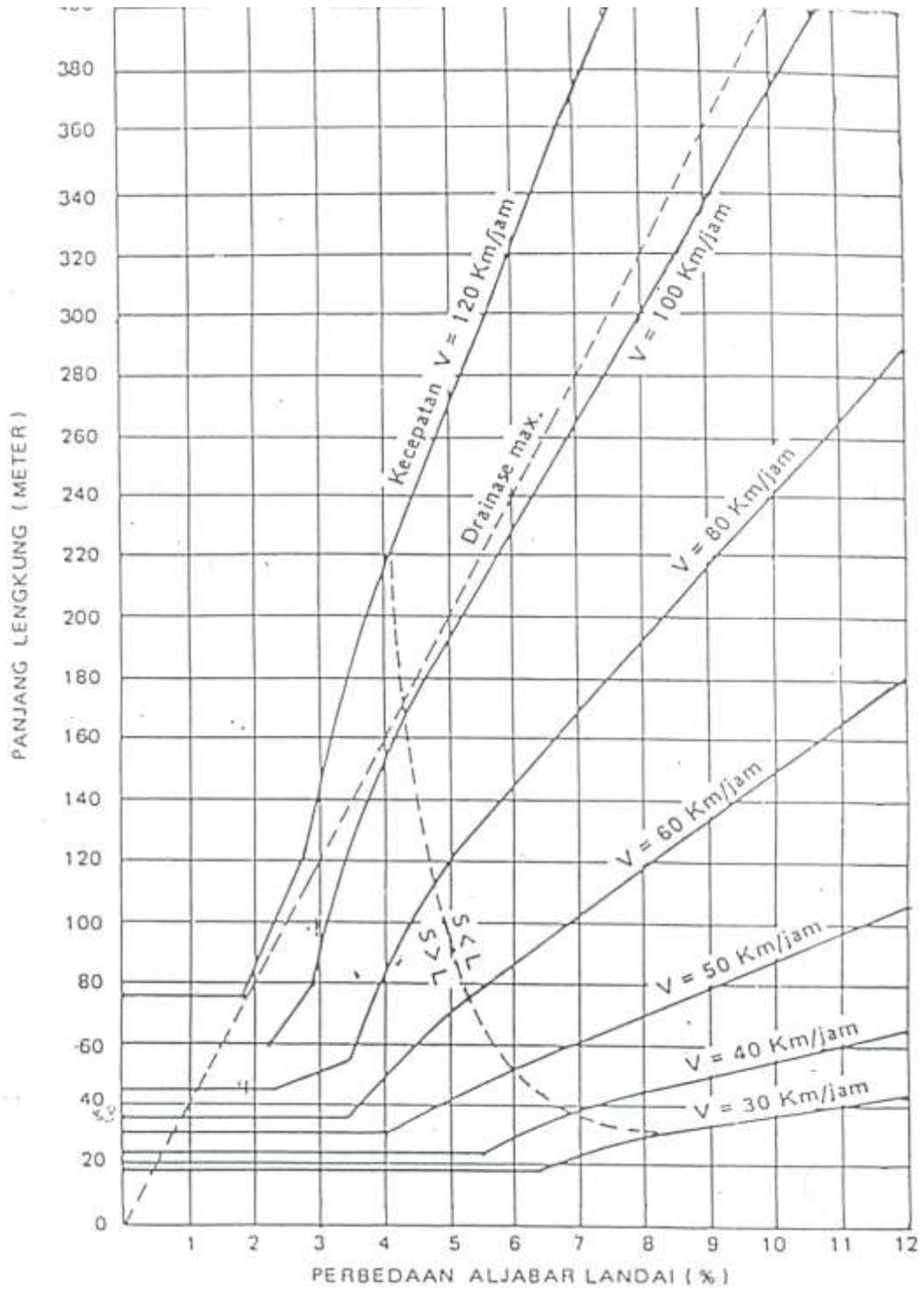
Jika jarak pandang lebih panjang dari panjang lengkung vertikal ( $S > L$ ):

$$L = 2S - \frac{122 + 3,5 S}{A} \dots \dots \dots (2.46)$$

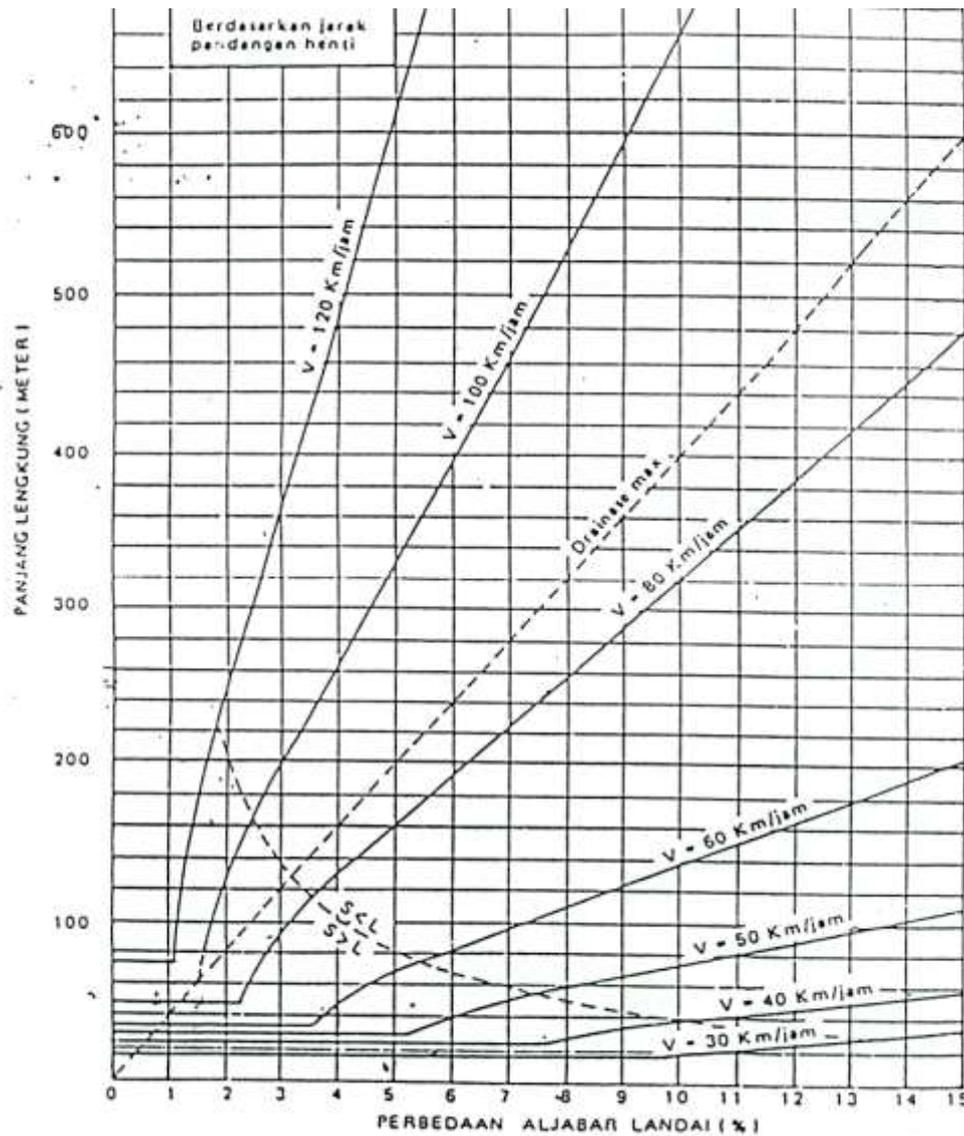
Panjang lengkung vertikal dapat juga ditentukan dengan menggunakan grafik-grafik seperti Gambar 2.12



Gambar 2.12 Grafik lengkung vertikal



Gambar 2.13 Grafik panjang lengkung vertical cekung



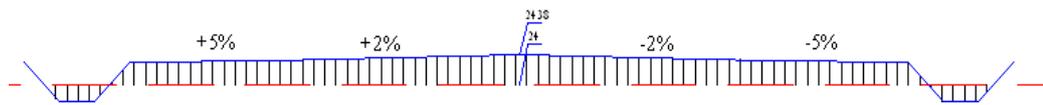
Gambar 2.14 Grafik panjang lengkung vertikal cembung

## 2.5 Galian dan timbunan

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

Langkah-langkah dalam perhitungan galian dan timbunan antara lain :

- a. Penentuan *stationing* (jarak patok) sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase jalan).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) yang memperlihatkan perbedaan beda tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*cross section*) pada titik *stationing*, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan seperti yang terlihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. Galian dan Timbunan

- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

## 2.6 Perencanaan tebal perkerasan

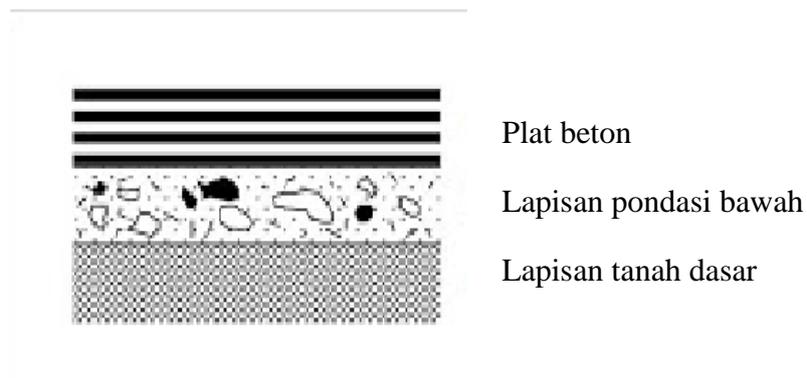
Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan-bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan jalan berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti.

### 2.6.1 Jenis perkerasan

Bila ditinjau dari bahan campurannya, perkerasan jalan terdiri atas tiga macam yaitu :

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

Perkerasan ini menggunakan bahan campuran beton bertulang atau bahan-bahan yang bersifat kaku. Perkerasan kaku ini menggunakan semen sebagai bahan pengikatnya. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan di letakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton. Seperti yang terlihat pada Gambar 2.16



Gambar 2.16 Perkerasan Kaku

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

Perkerasan ini menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku atau lentur. Pada perkerasan kaku

membutuhkan biaya awal yang tinggi tetapi biaya perawatannya kecil, sedangkan untuk perkerasan lentur sebaliknya.

#### 1. Lapisan Permukaan

Lapisan permukaan terdiri atas 3 (tiga) macam lapisan, yaitu Laston Lapis Aus (*Asphalt Concrete- Wearing Course* atau *AC-WC*), Laston Lapis Permukaan Antara (*Asphalt Concrete- Binder Course* atau *AC-BC*) dan Laston Lapis Pondasi (*Asphalt Concrete- Base* atau *AC-Base*).

##### *a. Asphalt Concrete – Wearing Course*

*Asphalt Concrete -Wearing Course* merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, *AC-WC* dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan .

##### *b. Asphalt Concrete – Binder Course*

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Tanah Dasar).

##### *c. Asphalt Concrete – Base*

Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat (*AC- BC*), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1983) Laston Atas atau

lapisan pondasi atas (*AC- Base*) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis Pondasi (*AC- Base*) mempunyai fungsi memberi dukungan lapis permukaan; mengurangi regangan dan tegangan; menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*Sub Grade*).

## 2. Lapisan Pondasi atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam yang menyebarkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) atau tanah berkerikil yang tercantum dengan batuan pasir dan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

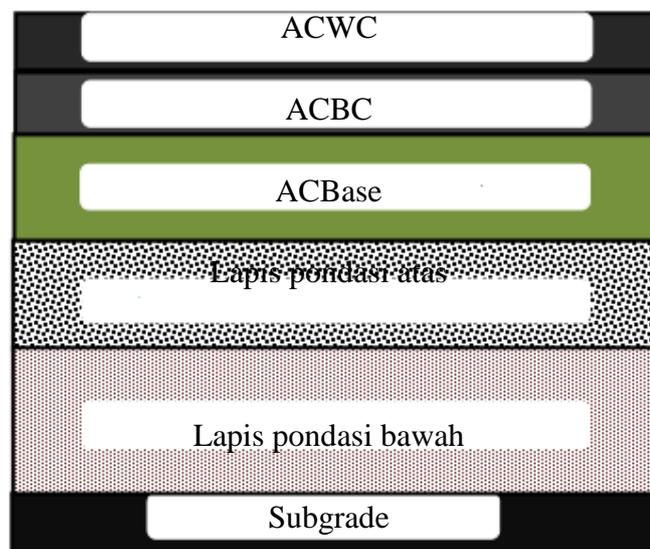
1. Sebagai perletakan terhadap lapisan permukaan.
2. Melindungi lapisan dibawahnya dari pengaruh luar.
3. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

## 3. Lapisan Pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan ini berada dibawah lapisan pondasi atas dan diatas lapisan tanah dasar. Lapisan ini berfungsi untuk menyebarkan beban dari lapisan pondasi bawah ke lapisan tanah dasar. Selain itu lapisan pondasi bawah juga berfungsi untuk mencegah partikel halus yang masuk kedalam material perkerasan jalan dan melindungi air agar tidak masuk kelapisan dibawahnya.

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

Tanah dasar (*subgrade*) adalah merupakan permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan maupun tebal dari lapisan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar ini. Tanah dasar ini dapat terbentuk dari tanah asli yang dipadatkan (pada daerah galian) ataupun tanah timbun yang dipadatkan (pada daerah urugan). Secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Perkerasan Lentur

## 2. Kontruksi Perkerasan Komposit (*Composit Flexible*)

Kontruksi perkerasan ini merupakan kombinasi antara perkerasan kaku dan perkerasan lentur, dimana letak lapisan perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau lapisan perkerasan kaku berada diatas lapisan perkerasan lentur.

### 2.6.2 Kriteria konstruksi perkerasan jalan

Konstruksi perkerasan jalan harus dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pengguna jalan. Oleh karena itu harus dipenuhi syarat sebagai berikut (sukirman,1995) :

#### a. Syarat untuk 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 cukup memiliki kekesatan sehingga mampu memeberikan tahanan gesek yang baik antara ban dan permukaan jalan.
- 4) Permukaan jalan tidak mengkilap (tidak menyilaukan jika terkena sinar matahari)
  - b. Syarat kekuatan struktural
    1. Ketebalan yang cukup sehingga mampu menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.
    2. Kedap terhadap air sehingga air tidak mudah meresap kelapisan dibawahnya.
    3. Permukaan mudah mengalir air, sehingga air hujan yang ada di permukaan jalan dapat cepat diairkan.
    4. Kekakuan untuk memikul beban yang bekerja tanpa menimbulkan deformasi permanen.

### **2.6.3 Perencanaan tebal perkerasan lentur dengan metode Pt T-01-2002-B**

Metode Pt T-01-2002-B mengacu pada metode AASHTO 1993. Bagan alir perencanaan tebal perkerasan sama dengan bagan alir perencanaan tebal perkerasan metode AASHTO 1993. Hampir keseluruhan tabel yang digunakan metode Pt T-01-2002-B merupakan adopsi identik dengan metode AASHTO 1993. Metode AASHTO 1993 sendiri adalah salah satu metoda perencanaan untuk desain tebal perkerasan jalan yang sering digunakan di Indonesia.

Metode ini dikembangkan pertama kali oleh *American Association of State Highway Official* (AASHTO). AASHO berdiri pada November 1914 dan karena perkembangan yang terjadi dalam dunia transportasi, maka pada tahun 1973 AASHO berubah menjadi *American Association of State Highway Official* (AASHTO).

Metode ini sudah dipakai secara umum diseluruh dunia untuk perencanaan serta diadopsi sebagai standar perencanaan di berbagai negara. Metode AASHTO 1993 ini pada dasarnya adalah metoda perncanaa yang didasarkan pada metoda empiris.

### **2.6.4 Parameter-parameter Metode Pt T-01-2002-B**

Adapun parameter-parameter yang ada dalam merencanakan tebal suatu perkerasan menggunakan metode Pt T-01-2002-B adalah sebagai berikut :

a. Repetisi beban lalu lintas

Dalam metode Pt T-01-2002-B ini beban lalu lintas yang dipakai mengacu pada metode AASHTO 1993 yaitu dinyatakan dalam repetisi lintasan sumbu standar selama umur rencana ( $W_{18}$ ).

b. Umur Rencana

Umur rencana adalah jangka waktu sejak jalan raya tersebut dibuka hingga saat diperlukan perbaikan atau telah dianggap perlu untuk memberi lapisan perkerasan baru.

Pada jalan baru yang diperlukan suatu umur rencana, karena kita dapat mengetahui kapan jalan tersebut harus mengalami perbaikan atau peningkatan. Umur rencana ditentukan berdasarkan pertimbangan klasifikasi jalan, pola lalu lintas dan pengembangan wilayah.

c. Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana ( $D_L$ )

Faktor distribusi lajur ditentukan jumlah lajur dan lajur rencana. Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari lebar perkerasan sesuai Table 2.24

Tabel 2.24 Koefisien distribusi kendaraan per lajur rencana ( $D_L$ )

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

d. Faktor Distribusi Arah ( $D_A$ )

Digunakan untuk menunjukkan distribusi ke masing-masing arah. Jika data lalu lintas yang digunakan adalah satu arah, maka  $D_A = 1$ . Jika volume lalu lintas yang tersedia dalam dua arah,  $D_A$  berkisar antara 0,3-0,7. Untuk perencanaan umumnya  $D_A$  diambil 0,5.

e. Beban sumbu dan konfigurasi beban sumbu

Lalu lintas yang digunakan untuk perancangan tebal perkerasan lentur dalam pedoman ini adalah lalu lintas kumulatif selama umur rencana. Besaran ini didapatkan dengan mengalikan beban sumbu standar kumulatif pada lajur rencana selama setahun ( $W_{18}$ ) dengan besaran kenaikan lalu lintas (*traffic growth*). Secara numerik rumusan lalu lintas kumulatif ini adalah sebagai berikut :

$$W_t = W_{18} \times \frac{(1+g)^n - 1}{g} \dots\dots\dots (2.47)$$

Keterangan :

$W_t$  =  $W_{18}$  = adalah jumlah beban sumbu tunggal standar kumulatif pada lajur rencana.

$W_{18}$  = adalah beban sumbu standar kumulatif selama 1 tahun pada lajur rencana.

$N$  = umur pelayanan (tahun).

$g$  = perkembangan lalu lintas (%)

f. Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda, dan sumbu tiga.

g. *Struktural Number* (SN)

SN adalah angka yang menunjukkan jumlah tebal lapis perkerasan yang telah disetarakan kemampuannya sebagai bagian kinerja jalan.. SN digunakan untuk menentukan tebal lapis perkerasan jalan yang dapat ditentukan dengan rumus :

$$\text{Log } (W_{18}) = Z_R \times S_0 + 9,36 \times \log (SN+1) - 0,20 + \frac{\log \left( \frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_t} \right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log$$

$$10 (M_R) - 8,07 \dots \dots \dots (2.48)$$

Dimana :

$W_{18}$  = repetisi beban lalu lintas selama umur rencana

$Z_R$  = simpangan baku normal

$S_0$  = deviasi standar keseluruhan, bernilai antara 0,35 – 0,45

$SN$  = structural number, angka structural relative perkerasan (inci)

$\Delta IP$  = perbedaan serviceability index di awal dan akhir umur rencana

$MR$  = modulus resilient tanah dasar (psi)

$SN$  asumsi digunakan untuk menentukan angka ekuivalen (E).

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots \dots \dots (2.49)$$

Dimana :

$a_1, a_2, a_3$  = adalah koefisien kekuatan relative lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah.

$D_1, D_2, D_3$  = adalah tebal lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah (inchi).

$m_2, m_3$  = adalah koefisien drainase untuk lapisan permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah sesuai table 2.33.

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

#### h. Indeks permukaan (*Serviceability Index*)

Indeks permukaan digunakan untuk menyatakan kinerja struktur perkerasan jalan dalam menerima beban untuk melayani arus lalu lintas selama umur rencana dan kondisi kinerja di akhir umur rencana.

Pada metoda ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan indeks pelayanan “IP” saat ini (present serviceability index, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (roughness) dan keausan (alur, retak dan tambahan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 5, nilai lima menunjukkan bahwa

perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik). Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir. Indeks pelayanan awal (Ipo) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Indeks pelayanan akhir (Ipt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir digunakan minimum 2,5 sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Tabel 2.25 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (Ipt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (Ipt)
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

Tabel 2.26 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (Ipo)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Awal Umur Rencana (Ipo)
Lapis beton aspal (Laston/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston modifikasi/AC-mod)	$\geq 4,0$
Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	$\geq 4,0$

i. Reliabilitas (R)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, perkerasan akan bertahan selama umur rencana.

Tabel 2.27 Tingkat Reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Bebas Hambatan	85,0 – 99,9
Arteri	80-99	75-95
Kolektor	80-95	75-95

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada Tabel 2.27
3. Pilih standar ( $S_0$ ) yang harus mewakili kondisi setempat, rentang nilai  $S_0$  adalah 0,35 – 0,45

Hubungan nilai reliabilitas ( $R$ ),  $S_0$ , dan  $Z_R$  dapat dilihat dari Tabel 2.28 berikut.

Tabel 2.28 Deviasi normal standar ( $Z_R$ ) untuk berbagai tingkat kepercayaan.

Reliabilitas, R (%)	Standar normal deviate, $Z_R$
50	0,000
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,340
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090
99,99	-3,750

j. Modulus *Resilient* ( $M_R$ )

Modulus Resilient adalah perbandingan antara nilai deviator stress, yang menggambarkan repetisi beban roda dan recobale strain. Nilai  $M_R$  dipengaruhi oleh berbagai factor seperti kadar air, derajat kejenuhan, kepadatan, temperature, jumlah butir halus dan gradasi. Setelah nilai CBR telah dihitung dengan menggunakan rumus berikut maka nilai  $M_R$  dapat dihitung.

$$M_R = 1500 \times \text{CBR} \dots \dots \dots (2.48)$$

### k. Koefisien Drainase

Dalam buku ini diperkenalkan konsep koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas sistem drainase yang dimiliki perkerasan jalan. Tabel 2.29 memperlihatkan definisi umum mengenai kualitas drainase

Tabel 2.29 Definisi kualitas drainase

Kualitas drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perencanaan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase ( $m$ ) dan disertakan ke dalam persamaan Indeks Tebal Perkerasan (ITP) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif ( $a$ ) dan ketebalan ( $D$ ).

Tabel 2.30 nilai koefisien drainase

Kualitas Drainase	Persen Waktu Struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1-5%	5-25%	>25%
Baik sekali	1,40-1,35	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	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.30 memperlihatkan nilai koefisien drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase dan persen waktu selama setahun struktur perkerasan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh.

1. Koefisien kekuatan relatif

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, lapis pondasi serta lapis pondasi bawah diperlihatkan pada Tabel 2.31

Tabel 2.31 Koefisien kekuatan relatif bahan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan					Koefisien Kekuatan Relatif			
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (KPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapisan Permukaan Laston Modifikasi <sup>1</sup>									
- Lapis aus Modif. 1	3.200 <sub>5)</sub>	460	1000				0,414		
- Lapis antara Modif. 1	3.500 <sub>5)</sub>	508	1000				0,360		
Laston									
- Lapis aus	3.000 <sub>5)</sub>	435	800				0,400		
- Lapis antara	3.200 <sub>5)</sub>	464	800				0,344		
Lataston									
- Lapis aus	2.300 <sub>5)</sub>	340	800				0,350		

Lanjutan Tabel 2.31

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan	Koefisien Kekuatan Relatif
-------------	----------------	----------------------------

	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (KPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(Mpa)	(x1000 psi)							
2. Lapis Pondasi									
- Lapis pondasi laston modifikasi	3.700 <sup>(5)</sup>	536	2250 <sup>(2)</sup>					0,305	
- Lapis pondasi laston	3.300 <sup>(5)</sup>	480	1800 <sup>(2)</sup>					0,290	
- Lapis pondasi lastaston	2.400 <sup>(5)</sup>	350	800						
- Lapis pondasi LAPEN								0,190	
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
- Beton padat giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 <sup>(3)</sup>				0,230	
- CTB	5.350	776		45				0,210	
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	4.450	645		35				0,170	
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	4.270	619		30				0,160	
- Tanah semen	4.000	580		24 <sup>(4)</sup>				0,145	
- Tanah Kapur	3.900	566		20 <sup>(4)</sup>				0,140	

Lanjutan Tabel 2.31

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastis		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan (kg/cm <sup>2</sup> )	ITS (KPa)	CBR (%)	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>
	(Mpa)	(x1000 psi)							
- Agregat kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
- Agregat kelas B	125	18				60			0,12

									5
- Agregat kelas C	103	15				35			0,11 2
- Konstruksi Telford									
• Pemasangan Mekanis						52			0,10 4
• Pemasangan Manual						32			0,07 4
- Material Pilihan (Selected Material)	84	12				10			0,08 0

m. Tebal minimum setiap lapisan

Pada saat menentukan tebal lapis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tidak praktis. 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 lapis pondasi atas.

$$\overline{D1}^* \geq \frac{\overline{SN}_1}{a_1} \dots \dots \dots (2.49)$$

$$\overline{SN}_1^* \geq a_1 \cdot D_1 \geq \overline{SN}_1 \dots \dots \dots (2.50)$$

$$D2^* \geq \frac{\overline{SN}_2 - \overline{SN}_1}{a_2 \cdot m_2} \dots \dots \dots (2.51)$$

$$\overline{SN}_1^* + \overline{SN}_2 \geq \overline{SN}_2 \dots \dots \dots (2.52)$$

$$D3^* \geq \frac{\overline{SN}_3 - \{\overline{SN}_1 + \overline{SN}_2\}}{a_3 \cdot m_3} \dots \dots \dots (2.53)$$

Tabel 2.32 Tebal minimum lapisan perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)

1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus Modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara Modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis aus	1,6	4,0
- Lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis aus	1,2	3,0
2. Lapis pondasi		
- Lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- Lapis pondasi laston	2,9	7,5

Lanjutan Tabel 2.32

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inci)	(cm)
- Lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- Lapis pondasi LAPEN	2,5	6,5
- CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)	6,0	15,0
- Beton padat giling (BPG/RCC)	6,0	15,0

- CTB (Cement Treated Base)	6,0	15,0
- CTRB (Cement Treated Recycling Base)	6,0	15,0
- CTSB (Cement Treated Subbase)	6,0	15,0
- CTRSB (Cement Treated Recycling Subbase)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
- Agregat kelas A	4,0	10,0
3. Lapis pondasi bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (Selected Material)	6,0	15,0

## 2.7 Material perkerasan lentur

### 2.7.1 Aspal

Aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, yang terbuat dari komposisi Carbon, Hidrogen, Oksigen dan Nitrogen.

Bahan dasar utama aspal yaitu hidrokarbon atau biasa disebut bitumen yang terjadi dari gabungan beberapa mineral berbentuk padat atau semi padat. Aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil proses destilasi minyak bumi dan disamping itu mulai banyak pula dipergunakan aspal alam yang berasal dari pulau buton. Aspal minyak yang akan digunakan dalam penelitian ini merupakan proses hasil residu dari destilasi minyak bumi seperti

bensin (*gasoline*), minyak tanah (*kerosene*), solar (minyak diesel). Hidrokarbon sebagai pembentuk aspal dapat larut dan berubah kadarnya bila dilarutkan dalam Carbondisulfida ( $CS_2$ ) yang memberikan sifat adhesi pada aspal. Komposisi dari aspal terdiri dari *asphaltenes* dan *malthenes*.

### 2.7.1.1 Jenis-Jenis Aspal

Jenis Aspal berdasarkan cara diperolehnya aspal dapat dibedakan atas :

#### 1. Aspal Buatan

Aspal Keras/panas yaitu aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas yang berbentuk padat pada temperatur ruang (25-30) derajat celsius dimana untuk pemanfaatannya dibutuhkan pemanasan dengan suhu yang tertentu . Pengelompokan aspal ini didasarkan atas tingkat penetrasinya.

2. Aspal cair adalah campuran antar aspal semen dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Sehingga aspal ini berbentuk cair dalam temperatur ruang ini. Berdasarkan bahan pencairnya dan kemudahan menguap bahan pelarutnya
3. Aspal emulsi merupakan aspal hasil pencampuran antara aspal keras, air dan bahan pengemulsi. Dimana pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk cair.
4. Tar adalah aspal yang diperoleh dari hasil penyulingan batu bara. (Jarang di gunakan karena cepat mengeras, peka terhadap perubahan temperatur dan mengandung racun.

#### b. Aspal Alam

1. Aspal gunung adalah aspal yang berasal dari batu batuan contohnya aspal dari pulau Buton (aspal buton). Aspal ini merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral. Karena aspal buton merupakan bahan alam maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi seperti B10, B13, B20, B25 dan B30

2. Aspal Danau adalah jenis aspal yang diperoleh langsung dari alam tanpa proses penambangan karena dengan sendirinya muncul dipermukaan bumi kemudian terkumpul disebuah tempat yang sering disebut danau aspal, contoh aspalnya seperti dari Bermudez Trinidad.

#### 2.7.1.2 Sifat-sifat aspal

- a. Sifat aspal adalah coloidal antara *asphaltens* dengan *maltene*
- b. Daya tahan (durabilitas)
 

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat penbgaruh cuaca selama masa pelayanan jalan
- c. Sifat adhesi dan kohesi
 

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga dihasilkan ikatan yang baik antara agregat dengan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk tetap mempertahankan agregat tetap pada tempatnyasetelah terjadi pengikatan.
- d. Kepekaan terhadap temperatur
 

Aspal merupakan bahan yang termoplastis, artinya akan menjadi keras dan kental jika temperatur rendah dan menjadi cair (lunak) jika temperatur tinggi. Akibat perubahan temperatur ini viscositas aspal akan berubah seiring dengan perubahan elastisitas aspal tersebut. oleh sebab itu aspal juga disebut bahan yang bersifat visko elastis. Kepekaan terhadap suhu perlu diketahui untuk dapat ditentukan suhu yang baik campuran aspal di campur dan dipadatkan.
- e. Kekerasan aspal
 

Kekerasan aspal tergantung dari viscositasnya (kekentalannya). Aspal pada proses pencampurandipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal. Pada proses pelaksanaan terjadi oksidasi yang mengakibatkan aspal menjadi getas (Viskositas bertambah tinggi). Peristiwa tersebut berlangsung setelah masa pelaksaan selesai. Pada masa pelayanan aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yan besarnya dipengaruhi ketebalan aspal menyelimuti agregat. Semakin tipis lapisan

aspal yang menyelimuti agregat, semakin tinggi tingkat kerapuhan yang terjadi.

### 2.7.1.3 Lapisan Aspal Beton (*Hotmix*)

Lapisan aspal beton (*Hotmix*) adalah campuran agregat halus dengan agregat kasar, dan bahan pengisi ( *Filler* ) dengan bahan pengikat aspal dalam kondisi suhu panas tinggi.

Berdasarkan bahan yang digunakan dan kebutuhan desain konstruksi jalan aspal beton mempunyai beberapa jenis antara lain:

- a. *Binder Course* ( BC ) dengan tebal minimum 4cm biasanya digunakan sebagai lapis kedua sebelum wearing course.
- b. *Asphalt Traeted Base* ( ATB ) dengan tebal minimum 5cm digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi jalan dengan lalu lintas berat / tinggi.
- c. *Hot Roller Sheet* ( HRS ) / Lataston / laston 3 dengan tebal penggelaran minimum 3 s/d 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas sedang
- d. ( FG ) *Fine Grade* dengan tebal minimum 2.8 cm maks 3 cm bisanya digunakan untuk jalan perumahan dengan beban rendah.
- e. *Asphalt Traeted Base* ( ATB ) dengan tebal minimum 5 cm digunakan sebagai lapis pondasi atas konstruksi jalan dengan lalu lintas berat / tinggi.
- f. *Sand Sheet* dengan tebal Maximum 2.8 cm biasanya digunakan untuk jalan perumahan dan perparkiran.
- g. *Wearing Course* ( AC ) / Laston dengan tebal penggelaran minimum 4 cm digunakan sebagai lapis permukaan jalan dengan lalu lintas berat.

Aspal Beton (*Hotmix*) secara luas digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan, dan lapangan terbang, dalam kondisi segala macam cuaca. Adapun kelebihan Aspal Beton *Hot Mix* yaitu:

- a. Waktu pekerjaan yang relatif sangat cepat sehingga terciptanya efisiensi waktu.
- b. Lapisan konstruksi aspal beton tidak peka terhadap air, (kedap air).
- c. Dapat dilalui kendaraan setelah pelaksanaan penghamparan.
- d. Mempunyai sifat *flexible* sehingga mempunyai kenyamanan bagi pengendara,
- e. Pemeliharaan yang relative mudah dan murah.
- f. Stabilitas yang tinggi sehingga dapat menahan beban lalu lintas tanpa terjadinya deformasi

### 2.7.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Menurut Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

#### 2.7.2.1 Klasifikasi Agregat

Klasifikasi agregat berdasarkan ukurannya yaitu :

- a. Agregat halus (*Fine Aggregates*)

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir maksimum 5,0 mm yang dapat berupa pasir alam yaitu sebagai hasil desintegrasi batuan secara alami,

pasir olahan dari industri pemecah batu atau gabungan dari keduanya. Fungsi agregat halus pada dalam beton adalah sebagai material pengisi. Pengetahuan tentang properties agregat halus sangat penting untuk bisa mendapatkan beton sesuai mutu yang diinginkan dengan harga yang lebih ekonomis. Beberapa properties agregat halus adalah :

1. Jumlah yang tertahan pada ayakan berikutnya dari rangkaian ayakan tidak melebihi 45 % dari yang lolos ayakan sebelumnya.
2. Modulus kehalusannya 2,3 sampai 3,1.
3. Untuk agregat dengan pengangkutan dari sumbernya, fineness modulusnya tidak boleh berubah lebih besar dari 0,2 dari fineness modulus pada sumbernya. Perubahan fineness modulus boleh terjadi setelah tiba di tujuan.
4. Sebisa mungkin tidak mengandung substansi pengotor seperti lumpur, lempung, partikel-partikel bebas dan zat-zat organik yang berbahaya. Kecuali bila disertai lampiran pengujian bahwa agregat tersebut dapat digunakan.
5. Hasil test kekerasan sebanyak lima kali, memberikan kehilangan rata-rata yang tidak lebih besar dari 10%, dibandingkan dengan menggunakan sodium sulfat atau magnesium sulfat.

b. Agregat Kasar (*Coarse Aggregates*)

Agregat kasar yaitu agregat yang mempunyai ukuran butir 5 – 40 mm. Material ini dapat dihasilkan dari proses desintegrasi alami batuan yaitu berupa batu pecah (*Natural Aggregates*) atau dari industri pemecah batu (*Artificially Aggregates*). Secara umum, agregat kasar dapat terdiri dari kerikil alam, kerikil alam yang dipecah, batu yang dipecah, terak tanur yang telah mendingin, atau beton semen hidrolik yang dipecah atau kombinasi dari material-material tersebut. Sebelum digunakan sebaiknya properties agregat kasar disesuaikan dengan

persyaratan yang diatur dalam ASTM C-33. Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan agregat adalah : ukuran agregat, kekerasan, kemulusan, bentuk butir dan bahan pengotor.

### **2.7.2.2 Sifat Agregat**

#### **a. Sifat Kimiawi**

Sifat kimiawi relatif sangat penting dalam bahan perkerasan. Dalam campuran aspal *hot mix*, sifat kimia pada permukaan agregat dapat menentukan seberapa baik bahan pengikat aspal semen akan mematuhi permukaan agregat. Ketidapatuhan, sering disebut sebagai pengupasan, dapat menyebabkan kegagalan prematur struktural. Pada campuran semen portland, agregat mengandung bentuk reaktif dari silika dapat bereaksi dengan alkali ekspansif yang terkandung dalam pasta semen. Perluasan ini dapat menyebabkan retak, permukaan keropos dan spalling. Jika diperhatikan bahwa beberapa sifat kimia agregat dapat berubah dari waktu ke waktu, terutama setelah agregat penghancur. Sebuah agregat baru hancur mungkin menampilkan afinitas yang berbeda untuk air dari agregat yang sama yang telah hancur dan ditinggalkan dalam persediaan selama satu tahun.

Meskipun perpindahan dari aspal pada permukaan partikel agregat dengan air (*stripping*) adalah sebuah fenomena kompleks dan belum sepenuhnya dipahami, komposisi kimia agregat telah ditetapkan sebagai faktor-faktor penting. Secara umum, beberapa agregat memiliki afinitas untuk air di atas aspal (hidrofilik). Agregat ini cenderung asam dan menderita dari pengupasan setelah terpapar air. Di sisi lain, beberapa agregat memiliki afinitas untuk aspal di atas air (hidrofobik). Agregat ini cenderung dasar dan tidak menderita masalah pengupasan. Selain itu, muatan permukaan suatu agregat ketika kontak dengan air akan mempengaruhi adhesi untuk semen aspal dan kerentanan terhadap kelembaban. Singkatnya, kimia permukaan agregat tampaknya menjadi faktor penting dalam pengupasan. Namun, khusus hubungan sebab-akibat masih sedang dibangun.

## b. Sifat Fisik

Sifat fisik agregat yang paling mudah terlihat dan mereka juga memiliki efek paling langsung tentang bagaimana agregat melakukan baik sebagai konstituen materi trotoar atau oleh dirinya sebagai dasar atau bahan subbase. Umumnya diukur sifat agregat fisik yaitu :

1. Gradasi dan ukuran
2. Ketangguhan dan ketahanan abrasi
3. Daya tahan dan kesehatan
4. Bentuk partikel dan tekstur permukaan agregat
5. Berat jenis agregat

Ini bukan sifat utama fisik agregat melainkan yang paling sering diukur. Tes digunakan untuk mengukur sifat-sifat sebagian besar empiris. Sifat fisik dari agregat dapat berubah dari waktu ke waktu. Misalnya, agregat baru hancur mungkin berisi lebih banyak debu dan dengan demikian kurang menerima mengikat dengan bahan pengikat aspal dari satu yang telah hancur dan disimpan dalam persediaan selama satu tahun.

## **2.8 RAB dan Manajemen proyek**

### **2.8.1 Daftar harga satuan dan upah**

Daftar harga satuan 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 dan upah adalah satuan harga yang termasuk pajak-pajak.

### **2.8.2 Analisa satuan harga pekerjaan**

- a. Metode SNI

Prinsip pada metode SNI yaitu perhitungan harga satuan pekerjaan berlaku untuk seluruh Indonesia, berdasarkan harga satuan bahan, harga satuan upah kerja dan harga satuan alat sesuai dengan kondisi setempat. Spesifikasi dan cara pengerjaan setiap jenis pekerjaan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis pekerjaan yang telah dibakukan. Kemudian dalam pelaksanaan perhitungan satuan pekerjaan harus didasarkan pada gambar teknis dan rencana kerja serta syarat-syarat yang berlaku (RKS). Perhitungan indeks bahan telah ditambahkan toleransi sebesar 15 % - 20 % dimana didalamnya termasuk angka susut, yang besarnya tergantung dari jenis bahan dan komposisi. Jam kerja efektif untuk para pekerja diperhitungkan 5 jam per hari.

b. Metode Lapangan/Kontraktor

Menurut Sastraatmadja (1991), penaksiran anggaran biaya adalah proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang akan terjadi pada suatu konstruksi. Karena taksiran dibuat sebelum dimulainya pembangunan maka jumlah ongkos yang diperoleh ialah taksiran bukan biaya.sebenarnya (*actual cost*). Tentang cocok atau tidaknya suatu taksiran biaya dengan biaya yang sebenarnya sangat tergantung dari kepandaian dan keputusan yang diambil penaksir berdasarkan pengalamannya. Sehingga analisis yang diperoleh langsung diambil dari kenyataan yang ada di lapangan berikut dengan perhitungan koefisien / indeks lapangannya.

Secara umum proses analisa harga satuan pekerjaan dengan metode Lapangan /Kontraktor adalah sebagai berikut :

1. Membuat Daftar Harga Satuan Material dan Daftar Harga Satuan Upah.
2. Menghitung harga satuan bahan dengan cara ; perkalian antara harga satuan bahan dengan nilai koefisien bahan.
3. Menghitung harga satuan upah kerja dengan cara ; perkalian antara harga satuan upah dengan nilai koefisien upah tenaga kerja.
4. Harga satuan pekerjaan = volume x (jumlah bahan + jumlah upah tenaga kerja).

### 2.8.3 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.

### 2.8.4 Perhitungan rencana anggaran biaya

Menurut Ibrahim (1993), yang dimaksud rencana anggaran biaya (begrooting) suatu bangunan atau proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Menurut Djojowiriono (1984), rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut :

$$RAB = \Sigma \text{Volume} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \dots \dots \dots (2.54)$$

Menurut Sastraatmadja (1984), dalam bukunya "Analisa Anggaran Pelaksanaan", bahwa rencana anggaran biaya dibagi menjadi dua, yaitu rencana anggaran terperinci dan rencana anggaran biaya kasar.

#### a. Rencana anggaran biaya kasar

Merupakan rencana anggaran biaya sementara dimana pekerjaan dihitung tiap ukuran luas. Pengalaman kerja sangat mempengaruhi penafsiran biaya secara kasar, hasil dari penafsiran ini apabila dibandingkan dengan rencana anggaran yang dihitung secara teliti didapat sedikit selisih.

#### b. Rencana anggaran biaya teliti

Merupakan anggaran biaya 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<sup>2</sup>. 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 oleh bestek, gambar bestek dan harga satuan pekerjaan.

### **2.8.5 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.

### **2.8.6 Manajemen proyek**

Manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai suatu proses dari perencanaan, pengaturan, kepemimpinan, dan pengendalian dari suatu proyek oleh para anggotanya dengan memanfaatkan sumber daya seoptimal mungkin untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Fungsi dasar manajemen proyek terdiri dari pengelolaan-pengelolaan lingkup kerja, waktu, biaya, dan mutu. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan dalam penyelenggaraan suatu proyek.

Dengan adanya manajemen proyek maka akan terlihat batasan mengenai tugas, wewenang, dan tanggung jawab dari pihak-pihak yang terlibat dalam proyek baik langsung maupun tidak langsung, sehingga tidak akan terjadi adanya tugas dan tanggung jawab yang dilakukan secara bersamaan (*overlapping*).

Apabila fungsi-fungsi manajemen proyek dapat direalisasikan dengan jelas dan terstruktur, maka tujuan akhir dari sebuah proyek akan mudah terwujud yaitu tepat waktu, tepat kuantitas, tepat kualitas, tepat biaya sesuai dengan biaya rencana, tidak adanya gejolak sosial dengan masyarakat sekitar dan tercapainya K3 dengan baik

Yang termasuk didalam bagian manajemen proyek adalah :

#### **2.8.6.1 *Network planning* (NWP)**

*Network planning* adalah sebuah jadwal kegiatan pekerjaan berbentuk diagram *network* sehingga dapat diketahui pada area mana pekerjaan yang termasuk kedalam lintasan kritis dan harus diutamakan pelaksanaannya. Cara membuat *network planning* bisa dengan cara manual atau menggunakan software

komputer seperti *Ms. Project*. untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu

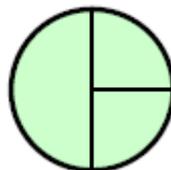
1. Jenis pekerjaan yang dibuat detail rincian item pekerjaan, contohnya jika kita akan membuat network planning pondasi batu kali maka apabila dirinci ada pekerjaan galian tanah, pasangan pondasi batu kali kemudian urugan tanah kembali.
2. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.
3. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
4. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.

Adapun fungsi dari NWP yaitu :

1. Untuk mengatur jalanya proyek.
2. Mengetahui lintasan kritis pekerjaan.
3. Untuk mengetahui jenis pekerjaan mana yang tidak masuk lintasan kritis sehingga pengerjaanya bisa lebih santai sehingga tidak mengganggu pekerjaan utama yang harus tepat waktu.
4. Mengetahui pekerjaan mana yang harus diutamakan dan dapat selesai tepat waktu.
5. Sebagai rekayasa value engineering sehingga dapat ditentukan metode kerja termurah dengan kualitas terbaik.
6. Untuk persyaratan dokumen tender lelang proyek.

Simbol-simbol yang digunakan pada NWP adalah:

1. *Event* (Kejadian= Peristiwa=Saat).



Event adalah saat dimulainya atau berakhirnya suatu kegiatan. Simbul yang digunakan biasanya berupa lingkaran atau ellips. Ruangan sebelah kiri

digunakan untuk memberi identitas dari event itu, biasanya berupa bilangan (tak berdimensi).

## 2) Kegiatan (*Activity*).



Kegiatan adalah setiap bagian dari pekerjaan proyek yang membutuhkan waktu untuk dilaksanakan, juga membutuhkan biaya, tenaga kerja serta peralatan, simbol yang digunakan adalah anak panah. Bagian ekor anak panah terdapat saat mulai dan bagian ujungnya terdapat saat berakhirnya. Karena *network* merupakan rangkaian anak panah maka network disebut *directed network* (terarah). Diatas anak panah tertuliskan (secara singkat) nama kegiatan (misal: Pembelian mesin, galian pondasi dsb). Dibawahnya dituliskan lamanya kegiatan tersebut, dalam satuan waktu yang seragam dengan kegiatan lainnya (misal: dalam jam, hari, minggu dsb)

### 3. *Dummy Activity* (Kegiatan semu)



Kegiatan semu (*dummy activity*) dalam *network planning* digunakan simbol anak panah yang terputus-putus.

#### 2.8.6.2 *Bar chart*

Bar chart adalah diagram alur pelaksanaan pekerjaan yang dibuat untuk menentukan waktu penyelesaian pekerjaan yang dibutuhkan. Untuk dapat memamanagemen proyek dengan baik perlu diketahui sebelumnya dimana posisi awal waktu tiap item pekerjaan, sehingga disitulah pekerjaan proyek harus benar-benar di pantau agar tidak terjadi keterlambatan penyelesaian proyek.

Hal hal yang ditampilkan dalam bar chart adalah:

1. Jenis pekerjaan
2. Durasi waktu pelaksanaan pekerjaan
3. Alur pekerjaan

Proses penyusunan diagram batang dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

1. Daftar item kegiatan yang berisi seluruh kegiatan pekerjaan yang ada dalam rencana pelaksanaan pembangunan
2. Urutan pekerjaan dari daftar item kegiatan tersebut diatas, disusun urutan pelaksanaan pekerjaan berdasarkan prioritas item kegiatan yang akan dilaksanakan lebih dahulu dari item pekerjaan yang akan dilaksanakan kemudian, dan tidak mengesampingkan kemungkinan pelaksanaan pekerjaan secara bersamaan.
3. Waktu pelaksanaan pekerjaan adalah jangka waktu peaksanaan dari seluruh kegiatan yang dihitung dari permulaan kegiatan sampai seluruh kegiatan berakhir. Waktu pelaksanaan pekerjaan diperoleh dari penjumlahan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap item kegiatan

### 2.8.6.3 Kurva S

Kurva S adalah suatu kurva yang disusun untuk menunjukkan hubungan antara nilai komulatif biaya atau jam-orang (*man hours*) yang telah digunakan atau persentase (%) penyelesaian pekerjaan terhadap waktu. Dengan demikian pada kurva S dapat digambarkan kemajuan volume pekerjaan yang diselesaikan sepanjang berlangsungnya proyek atau pekerjaan dalam bagian dari proyek.

Dengan membandingkan kurva tersebut dengan kurva yang serupa yang disusun berdasarkan perencanaan, maka akan segera terlihat dengan jelas apabila terjadi penyimpangan. Oleh karena kemampuannya yang dapat diandalkan dalam melihat penyimpangan-penyimpangan dalam pelaksanaan proyek, maka pengendalian proyek dengan memanfaatkan kurva S sering kali digunakan dalam pengendalian suatu proyek.

Pada kurva S, sumbu mendatar menunjukkan waktu kalender, dan sumbu vertikal menunjukkan nilai komulatif biaya atau jam-orang atau persentase penyelesaian pekerjaan. Kurva yang berbentuk huruf "S" tersebut lebih banyak terbentuk karena kelaziman dalam pelaksanaan proyek yaitu:

1. Kemajuan pada awal-awalnya bergerak lambat.
2. Kemudian diikuti oleh kegiatan yang bergerak cepat dalam kurun waktu yang lebih lama.
3. Pada akhirnya kegiatan menurun kembali dan berhenti pada suatu titik akhir.