

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan Raya

Perencanaan geometrik adalah bagian dari perencanaan jalan dimana bentuk dan ukuran yang nyata dari suatu jalan yang direncanakan beserta bagian-bagiannya disesuaikan dengan kebutuhan serta sifat lalu lintas yang ada. Dalam perencanaan jalan raya, bentuk geometriknya harus ditetapkan sedemikian sehingga jalan yang bersangkutan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada lalu lintas sesuai dengan fungsinya (PPGJR No.13/1970).

Tujuan dari perencanaan geometrik ini adalah untuk mendapatkan keseragaman dalam merencanakan geometrik jalan antar kota, guna menghasilkan geometrik jalan yang memberikan kelancaran, keamanan, dan kenyamanan bagi pemakai jalan.

2.2 Klasifikasi dan Lalu Lintas Jalan Raya

2.2.1 Umum

Jalan raya pada umumnya dapat digolongkan dalam klasifikasi menurut fungsinya, dimana peraturan ini mencakup tiga golongan penting, yaitu jalan utama, jalan sekunder, dan jalan penghubung.

a. **Jalan Utama**

Jalan raya yang melayani lalu lintas yang tinggi antara kota-kota yang penting atau antara pusat-pusat produksi dan pusat-pusat ekspor. Jalan-jalan dalam golongan ini harus direncanakan untuk dapat melayani lalu lintas yang cepat dan berat.

b. **Jalan Sekunder**

Jalan raya yang melayani lalu lintas yang cukup tinggi antara kota-kota penting dan kota-kota penting dan kota-kota kecil, serta melayani daerah-daerah di sekitarnya.

c. Jalan Penghubung

Jalan untuk keperluan aktivitas daerah yang juga dipakai sebagai jalan penghubung antara jalan-jalan dari golongan yang sama atau yang berlainan.

Dalam hubungannya dengan perencanaan geometriknya, ketika golongan jalan tersebut dibagi dalam kelas-kelas yang penetapannya sangat ditentukan oleh perkiraan besarnya lalu lintas yang diharapkan akan ada pada jalan tersebut.

2.2.2 Lalu lintas

Pada umumnya lalu lintas pada jalan raya terdiri dari campuran kendaraan cepat, kendaraan lambat, kendaraan berat, kendaraan ringan, dan kendaraan yang tak bermotor.

Dalam hubungannya dengan kapasitas jalan, pengaruh dari setiap jenis kendaraan tersebut keseluruhan arus lalu lintas, diperhitungkan dengan membandingkannya terhadap pengaruh dari suatu mobil penumpang. Pengaruh mobil penumpang dalam hal ini dipakai sebagai satuan dan disebut “Satuan Mobil Penumpang” atau disingkat “SMP”.

Untuk menilai setiap kendaraan kedalam satuan mobil penumpang (smp), bagi jalan-jalan di daerah datar digunakan koefisien dibawah ini:

a. Sepeda	: 0,5
b. Mobil penumpang/ sepeda motor	: 1
c. Truk ringan (< 5 ton)	: 2
d. Truk Sedang (> 5 ton)	: 2,5
e. Bus	: 3
f. Truk berat (> 10 ton)	: 3
g. Kendaraan tak bermotor	: 7

Di daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedang untuk kendaraan tak bermotor tak perlu dihitung.

2.2.3 Klasifikasi jalan raya

a. Klasifikasi menurut fungsi jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

1) Jalan Arteri

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

2) Jalan Kolektor

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

3) Jalan Lokal

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

b. Klasifikasi menurut kelas jalan

- 1) Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas, dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton.
- 2) Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya serta kaitannya dengan klasifikasi menurut fungsi jalan dapat dilihat dalam Tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

KLASIFIKASI	KELAS	LALU LINTAS HARIAN RATA-RATA (SMP)
FUNGSI		
UTAMA	I	> 20.000
SEKUNDER	II A	6.000 s.d 20.000
	II B	1.500 s.d 8.000
	II C	< 2.000
PENGHUBUNG	III	-

(Sumber: Peraturan Perencanaan geometrik jalan raya 1970)

c. Klasifikasi menurut medan jalan

- 1) Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- 2) Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

NO	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Raya Antar Kota, 1997)

- 3) 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.

d. Klasifikasi menurut wewenang pembinaan jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaannya sesuai PP. No.26/1985 adalah jalan Nasional, Jalan Propinsi, Jalan Kabupaten/Kotamadya, Jalan Desa, dan Jalan Khusus.

- 1) Jalan nasional merupakan jalan arteri dan jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan antar ibu kota provinsi dan jalan strategis nasional serta jalan tol.
- 2) Jalan provinsi adalah jalan kolektor dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota provinsi dan ibu kota kabupaten.
- 3) Jalan kabupaten adalah jalan lokal dalam sistem jaringan jalan primer yang menghubungkan ibu kota kabupaten dengan ibu kota kecamatan serta jalan umum dalam jaringan jalan sekunder dalam wilayah kabupaten.

- 4) Jalan kota merupakan jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang fungsinya menghubungkan pusat pelayanan kota, pusat pelayanan dengan persil serta antar pemukiman dalam kota.
- 5) Jalan desa adalah jalan umum yang berfungsi menghubungkan wilayah pemukiman dalam desa.
- 6) Jalan khusus adalah jalan yang dibangun oleh instansi, badan usaha, perseorangan, atau kelompok masyarakat untuk kepentingan sendiri.

2.3 Kriteria Perencanaan

2.3.1 Kendaraan rencana

Kendaraan Rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik. Untuk perencanaan, setiap kelompok diwakili oleh satu ukuran standar. Dan ukuran standar kendaraan rencana untuk masing-masing kelompok adalah ukuran terbesar yang mewakili kelompoknya.

Berdasarkan dari bentuk, ukuran, dan daya dari kendaraan-kendaraan yang mempergunakan jalan kendaraan-kendaraan tersebut dikelompokkan menjadi dalam 3 kategori:

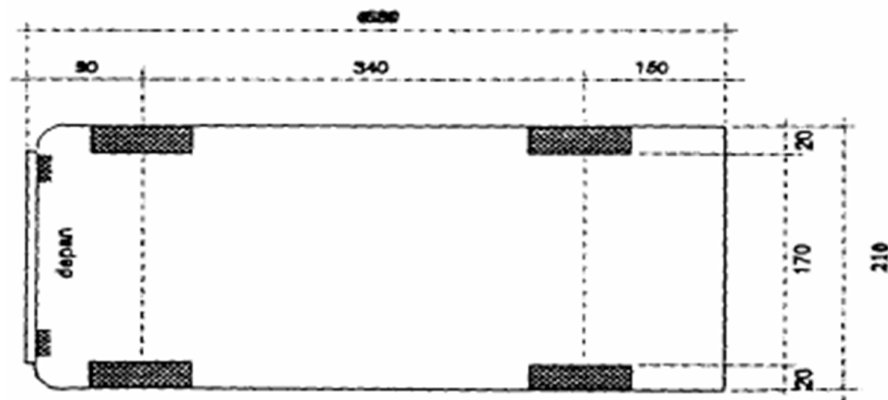
- 1) Kendaraan Kecil, diwakili oleh mobil penumpang;
- 2) Kendaraan Sedang, diwakili oleh truk 3 as tandem atau oleh bus besar 2 as;
- 3) Kendaraan Besar, diwakili oleh truk-semi-trailer.

Tabel 2.3 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Radius Putar	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Ting gi	Leb ar	Panja ng	Dep an	Belaka ng	Minim um	Maksi mum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1400

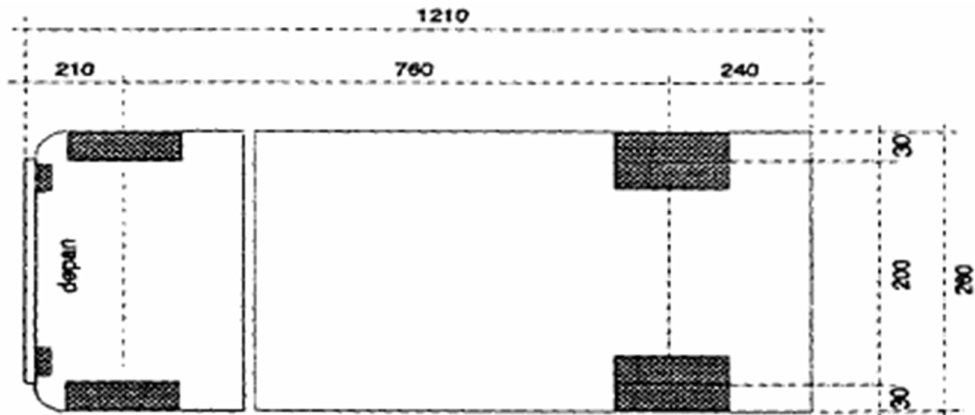
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Dimensi dasar untuk masing-masing kategori Kendaraan Rencana ditunjukkan dalam Tabel 2.3. Gambar 2.1 s.d. Gambar 2.3 menampilkan sketsa dimensi kendaraan rencana tersebut.



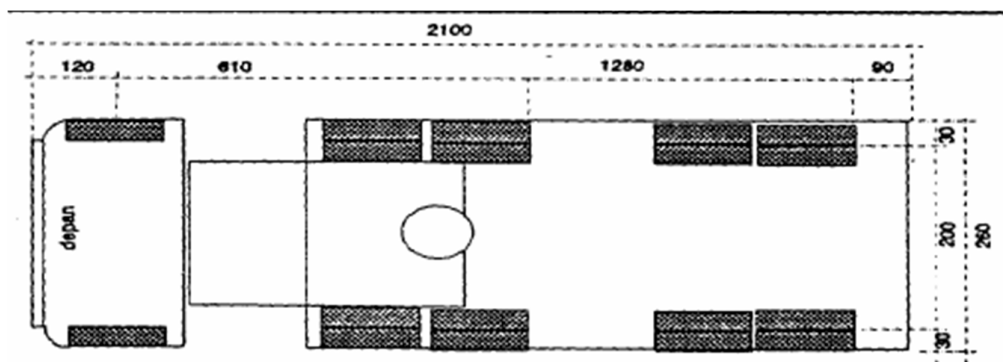
Gambar 2.1 Dimensi Kendaraan Kecil

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.2 Dimensi Kendaraan Sedang

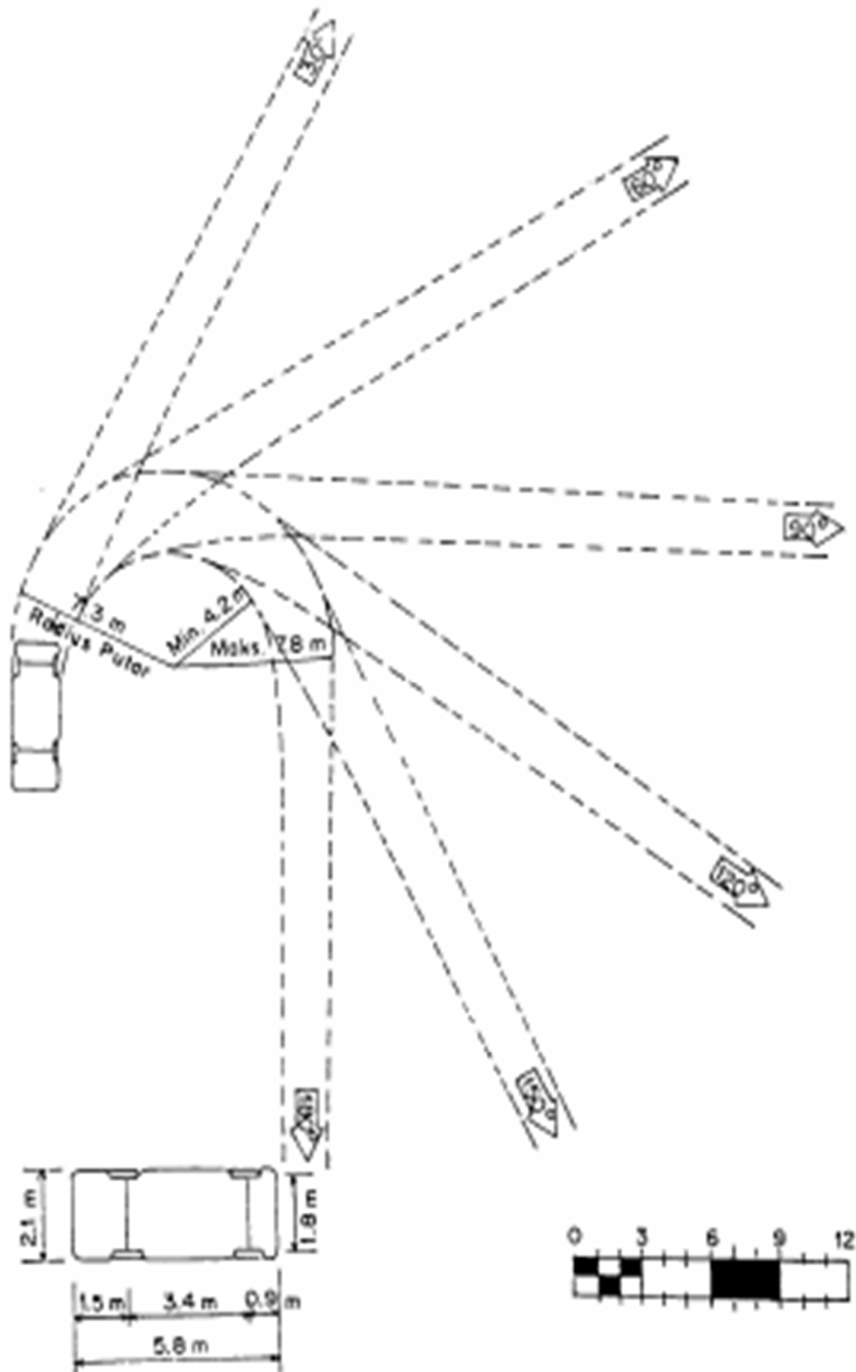
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



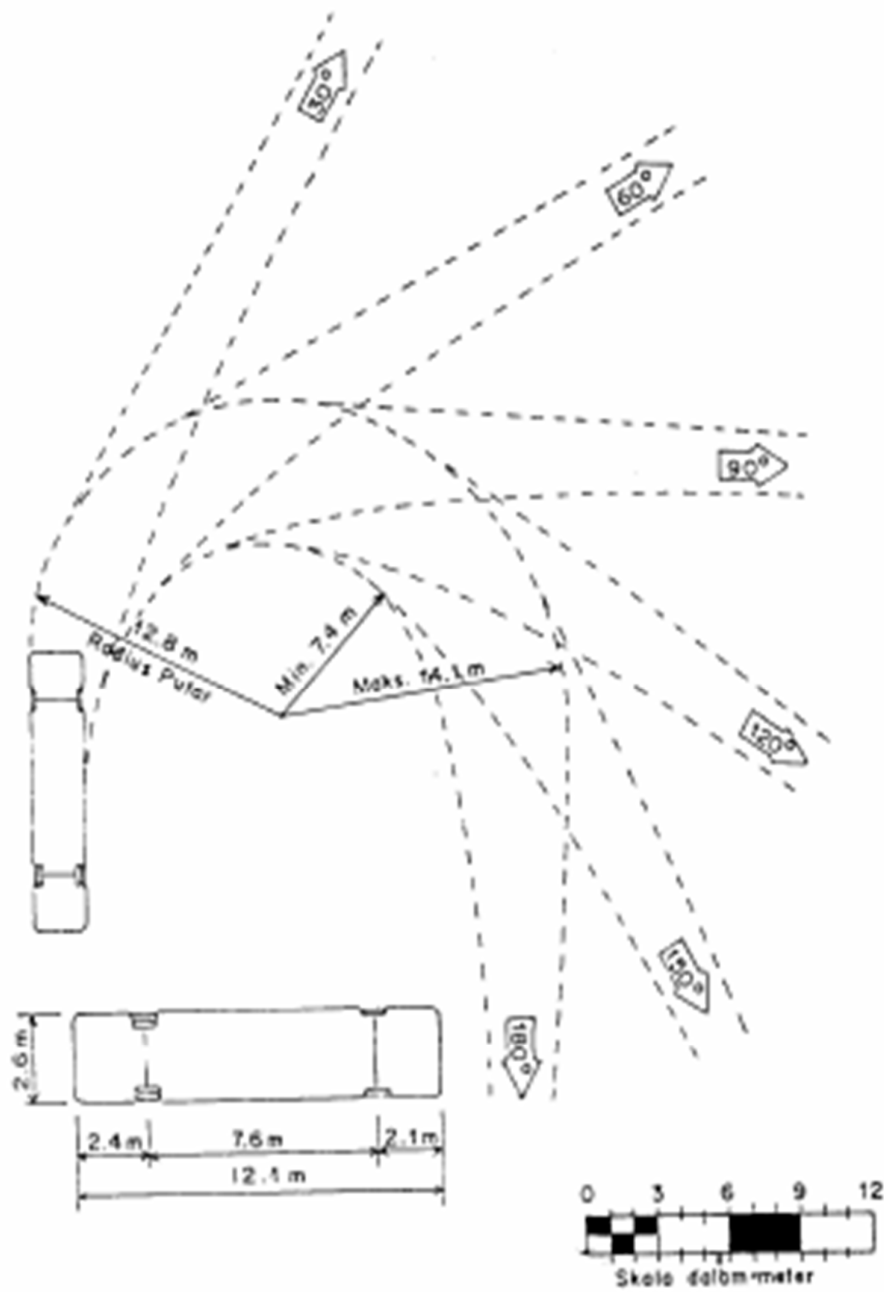
Gambar 2.3 Dimensi Kendaraan Besar

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.4 sampai dengan 2.6 menunjukkan radius putar dengan batas maksimal dan minimum jarak putar dari berbagai sudut untuk setiap ukuran kendaraan.

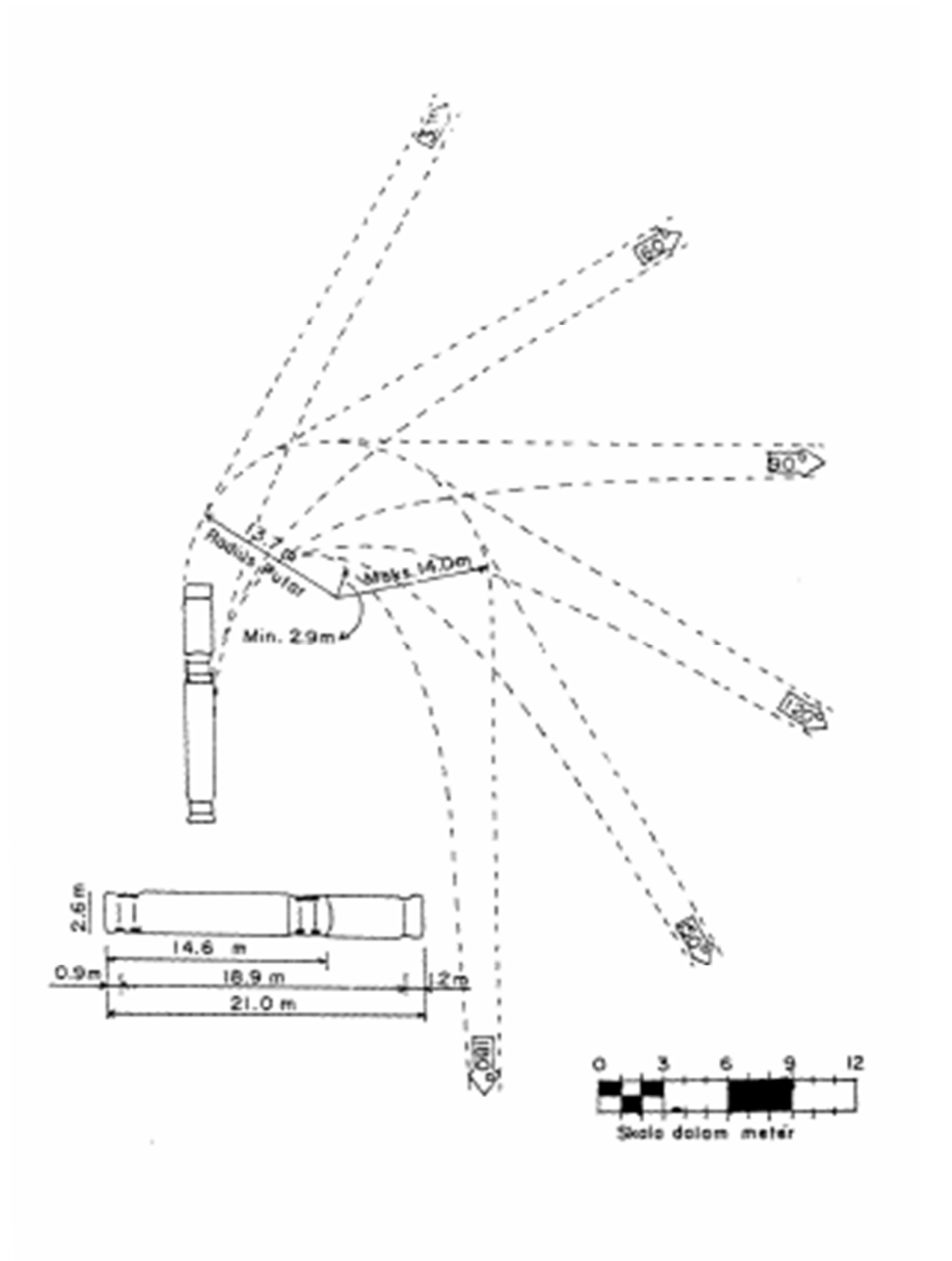


Gambar 2.4 Jari-jari Manuver Kendaraan Kecil
(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.5 Jari-jari Manuver Kendaraan Sedang

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)



Gambar 2.6 Jari-jari Manuver Kendaraan Besar
 (Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.3.2 Kecepatan rencana

Kecepatan rencana (V_R) pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam. Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan dapat ditetapkan dari Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kecepatan Rencana (V_R) Sesuai Klasifikasi Fungsi dan Kelas Jalan

Fungsi Jalan	Kecepatan Rencana (V_R) Km/jam		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	70 – 100	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)

2.3.3 Satuan mobil penumpang (SMP)

Satuan mobil penumpang adalah angka satuan kendaraan dalam hal kapasitas jalan, di mana mobil penumpang ditetapkan memiliki satu SMP. SMP untuk jenis jenis kendaraan dan kondisi medan lainnya dapat dilihat dalam Tabel 2.5. Detail nilai SMP dapat dilihat pada buku Manual Kapasitas Jalan Indonesia (MKJI) No.036/TBM/1997.

Tabel 2.5 Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar / Bukit	Gunung
1.	Sedan, Jeep, Station Wagon.	1,0	1,0
2.	Pick-Up, Bus Kecil, Truck Kecil	1,2 – 2,4	1,9 – 3,5
3.	Bus dan Truck Besar	1,2 – 5,0	2,2 – 6,0

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.3.4 Volume lalu lintas

Volume Lalu Lintas menunjukkan jumlah kendaraan yang melintasi satu titik pengamatan dalam satuan waktu (hari,jam,menit). Volume lalu lintas dalam SMP ini menunjukkan besarnya jumlah Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang melintasi jalan tersebut. Dari Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang didapatkan kita dapat mengklasifikasi jalan tersebut seperti terlihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 2.6 Klasifikasi Kelas Jalan

No	Klasifikasi Jalan	Kelas	Lalu Lintas Harian (smp)
1.	Jalan utama	I	> 20.000
2.	Jalan sekunder	II A	6.000 – 20.000
		II B	1.500 – 8.000
		II C	< 20.000
3.	Jalan penghubung	III	-

(Sumber: Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1970)

2.3.5 Data penyelidikan tanah

Data penyelidikan tanah didapat dengan cara melakukan penyelidikan tanah. Penyelidikan tanah meliputi pekerjaan-pekerjaan:

- a. Mengadakan penelitian terhadap semua data tanah yang ada, selanjutnya diadakan penyelidikan disepanjang proyek jalan tersebut, dilakukan berdasarkan survey langsung dilapangan maupun dengan pemeriksaan di laboratorium.
- b. Pengambilan data CBR dilapangan sepanjang ruas jalan rencana, dengan interval 200 meter dengan DCP (*Dynamic Cone Penetrometer*). Hasil tes DCP ini dievaluasi melalui penampilan grafik yang ada, sehingga menampakkan hasil nilai CBR di setiap titik lokasi. Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk menilai besarnya CBR atau kekuatan daya dukung tanah lapisan tanah dasar.

- c. Cara pemeriksaan dengan alat DCP ini dilaksanakan dengan mencatat jumlah pukulan (*blow*) dan penetrasi dari kerucut logam yang tertanam pada tanah dasar karena pengaruh jatuhnya pemberat. Pemeriksaan akan memberikan catatan yang menerus dari kekuatan daya dukung tanah sampai kedalaman 90 cm dibawah permukaan tanah dasar (*Subgrade*) yang ada. Kemudian dengan menggunakan tabel korelasi, pembacaan penetrometer diubah menjadi pembacaan yang setara dengan CBR.

Penentuan nilai CBR dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu cara analitis dan cara grafis.

a. Cara Analitis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analitis adalah:

$$CBR_{Segmen} = (CBR_{Rata} - CBR_{Min}) / R \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam satu segmen.

Tabel 2.7 Nilai R untuk Perhitungan CBR Segmen

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

(Sumber: Modul perkerasan)

b. Cara Grafis

Nilai CBR_{segmen} dengan menggunakan metode grafis merupakan nilai persentil ke 90 dari data CBR yang ada dalam satu segmen. CBR_{segmen} adalah nilai CBR dimana 90% dari data yang ada dalam segmen memiliki nilai CBR lebih besar dari nilai CBR_{segmen} .

Langkah-langkah menentukan CBR_{segmen} menggunakan metode grafis:

1. Tentukan nilai CBR terkecil.
2. Susunlah nilai CBR dari yang terkecil ke yang terbesar, dan tentukan jumlah data dengan nilai CBR yang sama atau lebih besar dari setiap nilai CBR. Pekerjaan ini disusun secara tabelaris.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan persentase dari 100 %.
4. Gambarkan hubungan antara nilai CBR dan persentase dari butir 3.
5. Nilai CBR_{segmen} adalah nilai pada angka 90% sama atau lebih besar dari nilai CBR yang tertera.

2.3.6 Jarak pandang

Jarak Pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Dibedakan dua Jarak Pandang, yaitu Jarak Pandang Henti (Jh) dan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

a. Jarak pandang henti (Jh)

Jarak pandang henti adalah jarak minimum yang diperlukan oleh setiap pengemudi untuk menghentikan kendaraannya dengan aman begitu melihat adanya halangan di depan. Setiap titik di sepanjang jalan harus memenuhi ketentuan jarak pandang henti.

Jarak pandang henti diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diukur dari permukaan jalan.

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak, yaitu:

- 1) jarak tanggap (Jht) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan ia harus berhenti sampai saat pengemudi menginjak rem; dan
- 2) jarak pengereman (Jh,) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Jarak pandang henti dalam satuan meter, dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = Jht + Jhr \dots\dots\dots(2.2)$$

$$Jh = \frac{V_R}{3,6} T + \frac{(\frac{V_R}{3,6})^2}{2g \cdot fp} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dari persamaan 2.3 dapat disederhanakan menjadi:

- 1) Untuk jalan datar

$$Jh = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp} \dots\dots\dots(2.4)$$

- 2) Untuk jalan dengan kelandaian tertentu

$$Jh = 0,278 \times V_r \times T + \frac{V_r^2}{254 \times fp \pm L} \dots\dots\dots(2.5)$$

di mana :

V_r = kecepatan rencana (km/jam)

T = waktu tanggap, ditetapkan 2,5 detik

g = percepatan gravitasi, ditetapkan $9,8 \text{ m/det}^2$

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

L = landai jalan dalam (%) dibagi 100

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang henti minimum dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2.8 Jarak Pandang Henti (Jh) minimum.

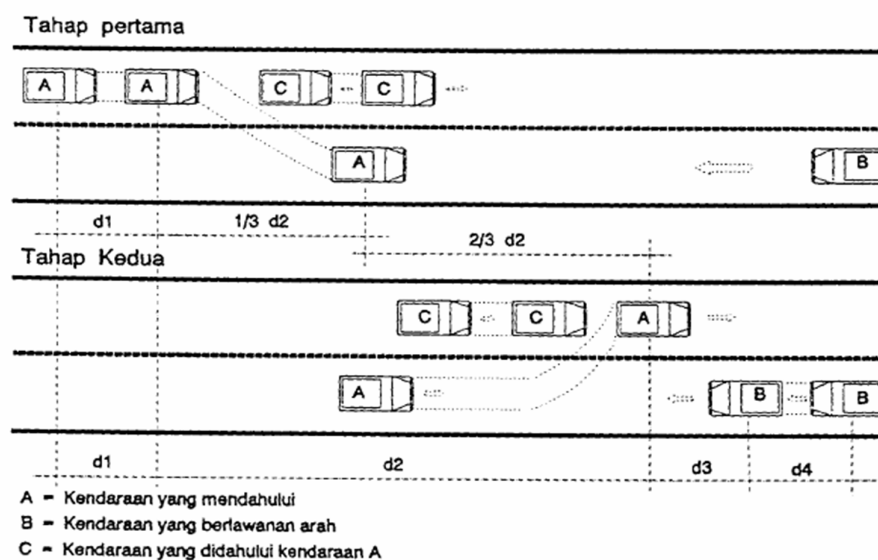
V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jh Minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

b. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain di depannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula (lihat Gambar 2.7).

Jarak pandang diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm.



Gambar 2.7 Proses Gerakan Mendahului

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Rumus yang digunakan:

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \dots\dots\dots(2.6)$$

dimana :

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, yang besarnya diambil sama dengan $2/3 d_2$ (m).

Syarat-syarat untuk menentukan jarak pandang mendahului minimum dapat dilihat pada tabel 2.9

Tabel 2.9 Jarak Pandang Mendahului (J_d)

V_r (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d Minimum (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

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

2.3.7 Alinyemen horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama “situasi jalan” atau “trase jalan”. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus (biasa disebut “tangen”), yang dihubungkan dengan garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan saja ataupun busur lingkaran saja.

Desain alinyemen horizontal sangat dipengaruhi oleh kecepatan rencana yang ditentukan berdasarkan tipe dan kelas jalan. Umumnya tikungan terdiri dari tiga jenis tikungan, yaitu:

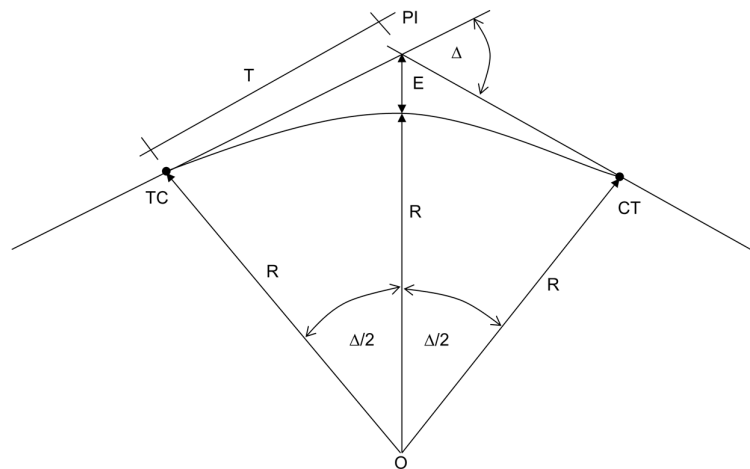
a. Tikungan *Full Circle* (FC)

Full Circle adalah jenis tikungan yang hanya terdiri dari bagian suatu lingkaran saja. Tikungan *Full Circle* hanya digunakan untuk R (jari-jari tikungan) yang besar agar tidak terjadi patahan, karena dengan R kecil maka diperlukan superelevasi yang besar. Jari-jari tikungan untuk tikungan jenis *Full Circle* ditunjukkan pada tabel 2.10.

Tabel 2.10 Jari-jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R min (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	660

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

Gambar 2.8 Tikungan *Full Circle*

Rumus yang digunakan pada tikunga *Full Circle* yaitu:

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

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

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

Dimana:

Δ = Sudut tangen ($^{\circ}$).

T_c = Panjang tangen jarak dari TC ke P1 ke CT (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

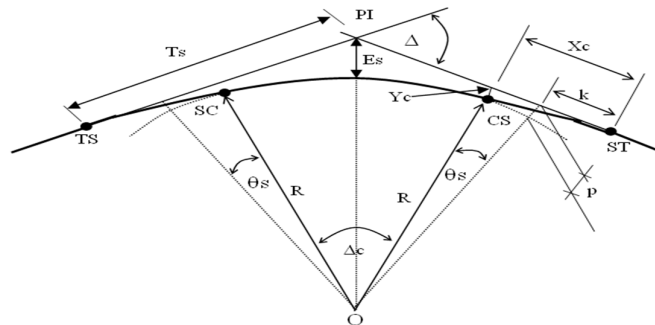
E_c = Panjang luar P1 ke busur lingkaran (m).

L_c = Panjang busur lingkaran (m).

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

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

Lengkung *spiral* merupakan peralihan dari suatu bagian lurus ke bagian lingkaran (*Circle*) yang panjangnya diperhitungkan dengan mempertimbangkan bahwa perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai mencapai bagian lengkung. Jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral-circle-spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan.



Gambar 2.9 Sketsa Tikungan *Spiral – Circle – Spiral* (SCS)

Jari-jari lengkung minimum untuk setiap kecepatan rencana ditentukan berdasarkan:

- 1) Kemiringan tikungan maksimum
- 2) Koefisien gesekan melintang maksimum

Ketentuan dan rumus yang digunakan untuk jenis tikungan ini adalah sebagai berikut:

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.10)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - R \dots\dots\dots(2.11)$$

$$L_c = \frac{\Delta'}{360} 2 \pi R \dots\dots\dots(2.12)$$

$$L = L_c + 2 L_s \dots\dots\dots(2.13)$$

Dimana:

X_s = absis titik SC pada garis tangen, jarak titik TS ke SC (m).

Y_s = Ordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen (m).

L_s = Panjang lengkung peralihan (m).

L' = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS) (m).

T_s = Panjang tangen (titik PI ke TS atau ke ST) (m).

TS = Titik dari tangen ke spiral (m).

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).

Es = Jarak dari PI ke lingkaran (m).

R = Jari-jari lingkaran (m).

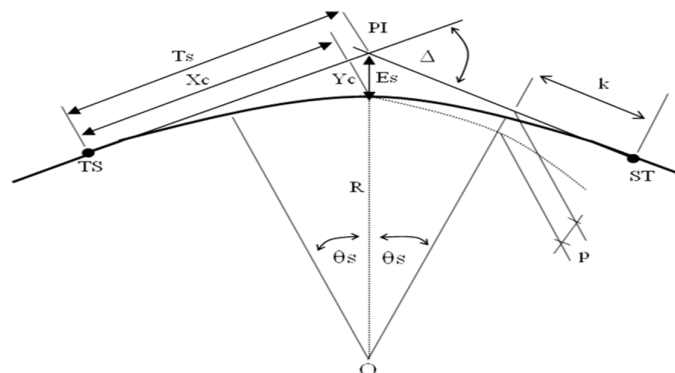
P = Pergeseran tangen terhadap spiral (m).

K = Absis dari p pada garis tangen spiral (m).

S = Sudut lengkung spiral ($^\circ$).

c. Tikungan *Spiral-spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung horisontal berbentuk spiral-spiral adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC berimpit dengan titik CS.



Gambar 2.10 Skesta Tikungan *Spiral – Spiral* (SS)

Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral-circle-spiral*, yaitu:

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \times R \dots\dots\dots(2.14)$$

$$P = p^* \times L_s \dots\dots\dots(2.15)$$

$$K = k^* \times L_s \dots\dots\dots(2.16)$$

$$TS = (R+P) \times \text{tg } \frac{1}{2} \Delta + K \dots\dots\dots(2.17)$$

$$E_s = \frac{(R+P)}{\cos \frac{1}{2} \Delta} - 50 \dots\dots\dots(2.18)$$

$$L = 2 \times L_s \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana:

E_s = Jarak dari PI ke busur lingkaran.

T_s = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau ke titik ST (m).

TS = Titik dari tangen ke spiral (m).

SC = Titik dari spiral ke lingkaran (m).

R_c = Jari-jari lingkaran (m).

d. Superelevasi

Superelevasi adalah kemiringan melintang permukaan pada lengkung horizontal. Superelevasi bertujuan untuk memperoleh komponen berat kendaraan untuk mengimbangi gaya sentrifugal.

Semakin besar superelevasi, semakin besar komponen berat kendaraan yang diperoleh.

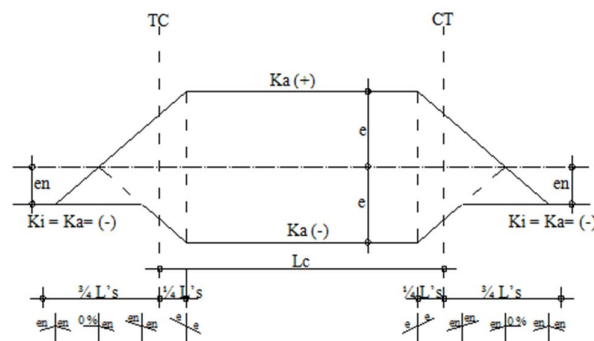
Superelevasi maksimum yang dapat dipergunakan pada suatu jalan raya dibatasi oleh beberapa keadaan sebagai berikut:

1. Keadaan cuaca.
2. Jalan yang berada didaerah yang sering turun hujan.
3. Keadaan medan daerah datar nilai superelevasi lebih tinggi daripada daerah perbukitan.
4. Keadaan lingkungan, perkotaan atau luar kota. Superelevasi maksimum sebaiknya lebih kecil diperkotaan daripada luar kota.
5. Komposisi jenis kendaraan dari arus lalu lintas.

Nilai-nilai e maksimum:

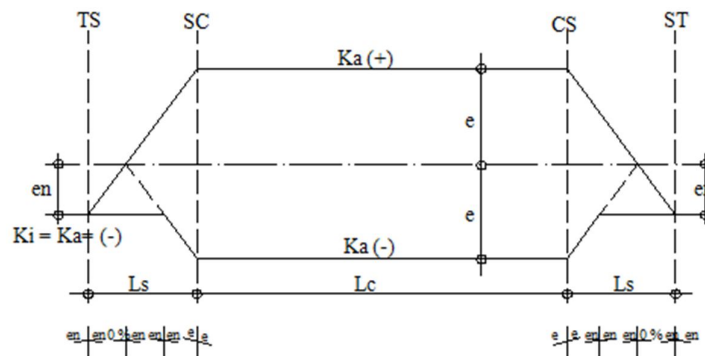
1. untuk daerah licin atau berkabut, e maks= 8%.
2. Daerah perkotaan, e maks= 4-6 %
3. Dipersimpangan, e maks sebaiknya rendah, bahkan tanpa superelevasi
4. AASHTO menganjurkan, jalan luar kota untuk V rencana= 30 km/jam e maks= 8%, V rencana > 30 km/jam e maks= 10%
5. Bina narga menganjurkan, e maks untuk jalan perkotaan= 6%

(Sumber: <http://komunitassipilmenulis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)



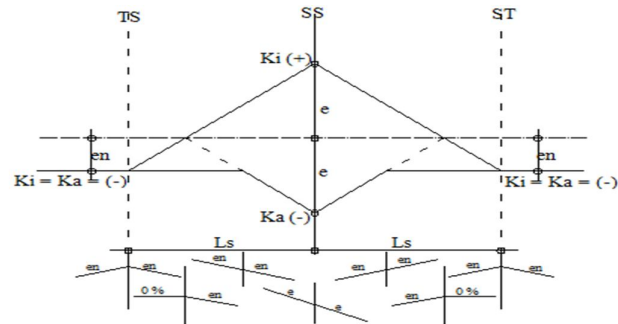
Gambar 2.11 Diagram Superelevasi Full Circle

(Sumber: <http://komunitassipilmenulis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)



Gambar 2.12. Diagram Superelevasi Spiral - Circle - Spiral

(Sumber: <http://komunitassipilmenulis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)



Gambar 2.13 Diagram Superelevasi Spiral – Spiral

(Sumber: <http://komunitassipilmenuis.blogspot.com/2010/06/superelevasi.html>)

e. Pelebaran perkerasan jalan pada tikungan

Pelebaran pada tikungan dilakukan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pelebaran jalan di tikungan mempertimbangkan:

- 1) Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajunya.
- 2) Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak perputaran kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajunya.
- 3) Pelebaran yang lebih kecil dari 0.6 meter dapat diabaikan.

Adapun rumus-rumus yang berlaku untuk menghitung pelebaran pada tikungan:

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b' \dots\dots\dots(2.20)$$

$$B = \sqrt{(\sqrt{(Rc^2 - 64) + 1,25})^2 + 64 - (\sqrt{(Rc^2 - 64)} - 1,25) \dots\dots\dots(2.21)$$

$$Z = \frac{0,105 \cdot V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(2.22)$$

$$Bt = n (B + c) + Z \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana:

B = Lebar perkerasan pada tikungan (m).

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m).

b = Lebar kendaraan rencana (m).

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (m).

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran dalam mengemudi (m).

R = Radius lengkung (m).

n = Jumlah lajur.

C = Kebebasan samping (0,8 m)

f. Kebebasan samping pada tikungan

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandangan pengemudi dari halangan benda-benda di sisi jalan (daerah bebas samping). Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan obyek-obyek penghalang sejauh E (m), diukur dari garis tengah lajur dalam sampai obyek penghalang pandangan sehingga persyaratan J_h dipenuhi. Pada tikungan ini tidak selalu harus dilengkapi dengan kebebasan samping (jarak pembebasan). Hal ini tergantung pada:

- a) Jari-jari tikungan (R).
- b) Kecepatan rencana (V_r) yang langsung berhubungan dengan jarak pandang (S).
- c) Keadaan medan lapangan.

Seandainya pada perhitungan diperlukan adanya kebebasan samping akan tetapi keadaan memungkinkan, maka diatasi dengan memberikan atau memasang rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang di izinkan. Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus sebagai berikut:

1. Berdasarkan jarak pandang henti

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot Jh}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.24)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) \dots\dots\dots(2.25)$$

2. Berdasarkan jarak pandang menyiap

$$\theta = \frac{90^\circ \cdot L}{\pi \cdot R} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$E = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (Jd - L) \sin \theta \dots\dots\dots(2.27)$$

Dimana:

E = Jarak dari penghalang ke sumbu lajur sebelah dalam (m).

R = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jh = Jarak pandang henti (m).

Jd = Jarak pandang menyiap (m).

L = Panjang tikungan (m).

g. Penentuan *Stationing*

Penomoran (*stationing*) panjang jalan pada tahap perencanaan adalah memberikan nomor pada interval-interval tertentu dari awal pekerjaan. Nomor jalan (Sta jalan) dibutuhkan sebagai sarana komunikasi untuk dengan cepat mengenali lokasi yang sedang dibicarakan, selanjutnya menjadi panduan untuk lokasi suatu tempat. Nomor jalan ini sangat bermanfaat pada saat pelaksanaan dan perencanaan. Disamping itu dari penomoran jalan tersebut diperoleh informasi tentang panjang jalan secara keseluruhan. Setiap Sta jalan dilengkapi dengan gambar potongan melintangnya.

Adapun interval untuk masing-masing penomoran jika tidak adanya perubahan arah tangen pada alinyemen horizontal maupun alinyemen vertikal adalah sebagai berikut:

1. Setiap 100 m, untuk daerah datar
2. Setiap 50 m, untuk daerah bukit
3. Setiap 25 m, untuk daerah gunung

Nomor jalan (Sta jalan) ini sama fungsinya dengan patok-patok km disepanjang jalan, namun juga terdapat perbedaannya antara lain:

- a) Patok km merupakan petunjuk jarak yang diukur dari patok km 0, yang umumnya terletak di ibukota provinsi atau kotamadya, sedangkan patok Sta merupakan petunjuk jarak yang diukur dari awal sampai akhir pekerjaan.
- b) Patok km berupa patok permanen yang dipasang dengan ukuran standar yang berlaku, sedangkan patok Sta merupakan patok sementara selama masa pelaksanaan proyek jalan tersebut.

2.3.8 Alinyemen vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh (untuk itu digunakan sebagai kendaraan standar), biasanya juga disebut dengan profil/penampang memanjang jalan (Saodang Hamirhan,2004).

Perencanaan alinyemen vertikal sangat dipengaruhi oleh beberapa hal antara lain:

- a. Kondisi tanah dasar
- b. Keadaan medan
- c. Fungsi jalan
- d. Muka air banjir
- e. Muka air tanah
- f. Kelandaian yang masih memungkinkan

Selain hal tersebut diata dalam perencanaan alinyemen vertikal akan ditemui kelandaian positif (tanjakan) dan kelandaian negatif (turunan), sehingga terdapat suatu kombinasi yang berupa lengkung cembung dan lengkung cekung serta akan ditemui pula kelandaian = 0, yang bearti datar.

Gambar rencana suatu profil memanjang jalan dibaca dari kiri ke kanan, sehingga landai jalan diberi tanda positif untuk pendakian dari kiri ke kanan, dan landai negatif untuk penurunan dari kiri ke kanan.

a. Landai minimum

Untuk tanah timbunan yang tidak menggunakan kerb, maka lereng melintang jalan dianggap sudah cukup untuk dapat mengalirkan air diatas badan jalan yang selanjutnya dibuang ke lereng jalan.

Untuk jalan-jalan diatas tanah timbunan dengan medan datar dan menggunakan kerb, kelandaian yang dianjurkan adalah sebesar 0,15%, yang dapat membantu mengalirkan air dari atas badan jalan dan membuangnya ke saluran tepi atau saluran pembuangan.

Sedangkan untuk jalan-jalan di daerah galian atau jalan yang memakai kerb, kelandaian jalan minimum yang dianjurkan adalah 0,30 – 0,50 %. Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh diatas badan jalan, sedangkan landai jalan dibutuhkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, untuk membuang air permukaan sepanjang jalan.

b. Landai maksimum

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

Tabel 2.11 Kelandaian Maksimum yang di Izinkan

V _r (Km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian maksimum	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya, Saodang Hamirhan,2004)

c. Panjang kritis suatu kelandaian

Landai maksimum saja tidak cukup merupakan faktor penentu dalam suatu perencanaan alinyemen vertikal, karena jarak yang pendek memberikan faktor pengaruh yang berbeda dibandingkan dengan jarak yang panjang pada kelandaian yang sama. Kelandaian yang besar akan mengakibatkan penurunan kecepatan pada kendaraan truk yang cukup bearti, jika kelandaian tersebut dibuat panjang pada jalan yang cukup panjang, tetapi sebaliknya akan kurang bearti jika panjang jalan dengan kelandaian tersebut hanya pendek saja.

Panjang kritis adalah panjang landai maksimum yang harus disediakan agar kendaraan dapat mempertahankan kecepatan sedemikian rupa, sehingga penurunan kecepatan yang terjadi tidak lebih dari separuh kecepatan rencana (V_r). Lama perjalanan tersebut ditetapkan tidak lebih dari satu menit

Tabel 2.12 Panjang Kritis (m)

Kelandaian \ Kecepatan pada awal tanjakan	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya, Saodang Hamirhan, 2004)

d. Lajur pendakian

Pada lajur jalan dengan rencana volume lalu lintas tinggi, maka kendaraan berat akan berjalan pada lajur pendakian dengan kecepatan dibawah kecepatan rencana (V_r), sedangkan kendaraan lainnya masih dapat bergerak dengan kecepatan rencana. Dalam hal ini sebaliknya dipertimbangkan untuk membuat lajur tambahan di sebelah kiri lajur jalan.

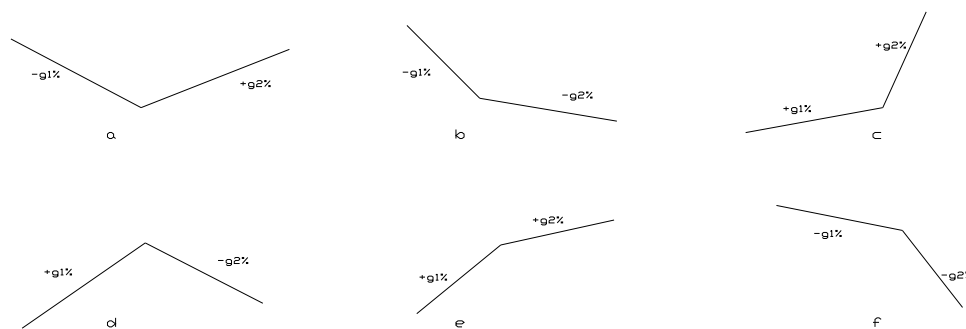
e. Lengkung vertikal

Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian berikutnya, dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Lengkung vertikal direncanakan sedemikian rupa sehingga dapat memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase.

Jenis lengkung vertikal dilihat dari titik perpotongan kedua bagian yang lurus (tangens), adalah:

1. Lengkung vertikal cekung adalah suatu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.
2. Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan.

Lengkung vertikal type a, b, dan c dinamakan lengkung vertikal cekung, sedangkan lengkung vertikal d, e, dan f dinamakan lengkung vertikal cembung.



Gambar 2.14 Jenis Lengkung Vertikal dilihat dari PVI

(Sumber: Konstruksi Jalan Raya, Saodang Hamirhan,2004)

Dimana:

g_1 = Kelandaian tangen dari titik P (%)

g_2 = Kelandaian tangen dari titik Q (%)

Kelandaian mendaki (pendakian) diberi tanda (+), sedangkan kelandaian menurun (penurunan) diberi tanda (-). Ketentuan pendakian (naik) atau penurunan (turun) ditinjau dari sebelah kiri ke kanan.

2.4 Perencanaan Perkerasan Jalan

Permukaan tanah pada umumnya tidak mampu menahan beban kendaraan di atasnya sehingga diperlukan suatu konstruksi yang dapat menahan dan mendistribusikan beban lalu lintas yang diterimanya. Teknologi pembuatan terus berkembang sehingga sampai saat ini orang mencampur terlebih dahulu antara batuan dan aspal kemudian dihamparkan dan dipadatkan. Dengan campuran ini didapatkan campuran yang padat dan memiliki stabilitas yang tinggi.

Pada struktur perkerasan lentur, beban lalu lintas didistribusikan ke tanah dasar secara berjenjang dan berlapis. Dengan sistem ini beban lalu lintas didistribusikan dari lapisan permukaan ke lapisan di bawahnya. Lapisan yang tebal akan mendistribusikan beban lebih lebar pada lapisan dibawahnya demikian juga lapisan yang mutunya baik yang dinyatakan dengan nilai CBR sehingga akhirnya tekanan dari beban kendaraan diterima oleh tanah dasar menjadi kecil.

Konstruksi perkerasan jalan antara lain terdiri dari 2 macam:

1. Perkerasan lentur (*Flexible Pavement*)
2. Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

2.4.1 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

a. Kriteria perancangan

1. Lalu lintas

a. Jumlah lajur dan lebar 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 tabel 2.13

Tabel 2.13 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana adalah sesuai dengan jumlah lajur dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai tabel 2.14

Tabel 2.14 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan (Mobil Penumpang)		Kendaraan Berat (Truk dan Bus)	
	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

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

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

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (W_{18}) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut:

$$(W_{18}) = 365 \times D_L \times W_{18} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

(W_{18}) adalah akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun

D_L adalah faktor distribusi lajur pada lajur rencana (Tabel 2.14)

W_{18} adalah akumulasi beban sumbu standar komulatif perhari, sesuai persamaan dibawah ini:

$$W_{18} = \sum_i^n BS_i LEF_i \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan :

BS_i adalah beban sumbu setiap kendaraan

LEF_i adalah faktor ekivalen beban setiap sumbu kendaraan

d. Akumulasi beban sumbu standar selama umur rencana (W_{18})

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

$$W_t = W_{18} = w_{18} \times \left[\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right] \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan:

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

w_{18} adalah beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

n adalah umur rencana (tahun)

g adalah perkembangan lalu lintas (%)

2. Tingkat kepercayaan (Reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Faktor tingkat kepercayaan memperhitungkan kemungkinan adanya variasi pada lalu lintas dua arah prediksi (w_{18}) serta prediksi kinerja, sehingga dapat memberikan tingkat kepastian (R) yang seksi perkerasannya akan bertahan selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya meningkatkan volume lalu lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu lintas memperlihatkan resiko kinerja yang tidak diharapkan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat reliabilitas yang lebih tinggi. Pada tabel 2.14 diperlihatkan bahwa tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (F_R) yang dikalikan dengan perkiraan lalu lintas (W_{18}) selama umur rencana. Untuk tingkat reliabilitas (R) yang diberikan, faktor reliabilitas merupakan fungsi dari deviasi standar keseluruhan (*overall standard deviation*, S_o) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (Z_R). Nilai Z_R dapat dilihat pada tabel 2.16

Tabel 2.15 Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas Hambatan	85 – 99,9	80 – 99,9
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini:

- a. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- b. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.15
- c. Pilih deviasi standar (S_o) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_o adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.16 Deviasi normal standar (Z_R) untuk berbagai tingkat kepercayaan (R)

Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R	Tingkat Kepercayaan, R (%)	Deviasi Normal Standar, Z_R
50,00	-0,000	90,00	-1,282	96,00	-1,751
60,00	-0,253	91,00	-1,340	97,00	-1,881
70,00	-0,524	92,00	-1,405	98,00	-2,054
75,00	-0,674	93,00	-1,476	99,00	-2,327
80,00	-0,841	94,00	-1,555	99,90	-3,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

3. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan ialah agar lapisan pondasi, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur layan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari. Air yang berlebihan dalam struktur perkerasan akan berpengaruh negatif terhadap kinerja perkerasan jalan. Dalam (AASHTO, 1993) efek merugikan yang disebabkan oleh air pada perkerasan jalan adalah:

- a. Air dipermukaan aspal dapat menyebabkan berubahnya kadar air, berkurangnya nilai modulus dan hilangnya kekuatan tarik. Kejenuhan dapat mengurangi modulus aspal sebesar 30% atau lebih.

- b. Kadar air yang bertambah pada agregat *unbound* di lapisan *base* dan *subbase* harus diantisipasi karena akan menyebabkan hilangnya kekakuan sebesar 50% atau lebih.
- c. Pada lapisan *asphalt treated base* nilai modulus dapat berkurang sampai 30% atau lebih dan meningkatkan kerentanan terhadap erosi pada lapisan *cement treated base* atau *lime treated base*.
- d. Butiran tanah halus yang jenuh pada *roadbed soil* dapat mengalami pengurangan modulus lebih dari 50%.

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%. Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan:

$$t = T_{50} \times m_d \times 24 \dots\dots\dots(2.31)$$

Keterangan:

t adalah *time-to-drain* (jam)

T_{50} adalah time factor

m_d adalah faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase.

Nilai time factor (T_{50}) ditentukan oleh geometri dari lapisan drainase. Geometri lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (*resultant slope*, S_R), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, L_R) dan ketebalan dari lapisan drainase. Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (S_1) dengan persamaan:

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \dots\dots\dots(2.32)$$

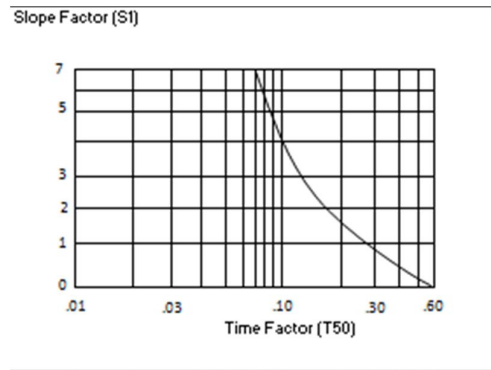
Keterangan:

S_R adalah $(S^2 + S_x^2)^{1/2}$

L_R adalah $W [1 + (\frac{S}{S_z})^2]^{1/2}$

H adalah tebal dari lapisan permeable (feet)

Untuk menentukan nilai T digunakan grafik T_{50} seperti pada gambar 2....,



Gambar 2.15 Grafik Time Factor

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Nilai m_d pada rumus 2.36 dihitung dengan rumus:

$$m_d = \frac{n_e \times L_R^2}{k \times H} \dots\dots\dots(2.33)$$

Keterangan :

n_e adalah porositas efektif lapisan drainase

L_R adalah resultan panjang (feet)

H adalah tebal lapisan drainase dalam feet

k adalah permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai rumus dibawah ini:

$$k = \frac{6,216 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots(2.34)$$

Keterangan:

k adalah permeabilitas lapisan drainase dalam *feet*/hari

P_{200} adalah berat agregat yang lolos saringan no. 200 dalm persen

D_{10} adalah ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

n adalah porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekutan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Srtuktural

(Structural Number, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Pada tabel 2.16 Koefisien Drainase (m) yang merupakan fungsi dari kualitas drainase ban persen waktu selama setahun struktur untuk perancangan akan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh:

Tabel 2.17 Koefisien Drainase (m) untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif material *untreated base* dan *subbase*

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)

4. Kinerja perkerasan

Tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini”, yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 – 5, nilai lima menunjukkan bahwa perkerasan mempunyai kondisi yang ideal (paling baik), sedangkan nilai nol menunjukkan bahwa perkerasan tidak dapat dilalui kendaraan. Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan akhir.

Indeks pelayanan awal (IPo) diperoleh berdasarkan perkiraan pengguna jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun. Pada *AASHO Road Test*, indeks pelayanan awal yang digunakan untuk perkerasan lentur adalah 4,2. Karena adanya variasi metode pelaksanaan dan standar bahan, indeks pelayanan awal sebaiknya ditetapkan menurut kondisi setempat. Indeks

pelayanan akhir (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan-jalan utama, indeks pelayanan akhir sebaiknya digunakan minimum 2,5, sedangkan untuk jalan-jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0.

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt), perlu di pertimbangkan faktor – faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.18

Sedangkan dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada tabel 2.19 terdapat indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo) untuk nenerapa jenis lapis perkerasan.

Tabel 2.18 Indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umur rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (IPt)
Bebas Hambatan	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,0$

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

Tabel 2.19 Indeks pelayanan pada awal umur rencana (IPo)

Jenis Lapis Perkerasan	Ipo
Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Modifikasi/AC-Mod)	≥ 4
Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

5. Daya dukung tanah dasar

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut bias saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanaha dasar dapat bervariasi

antara nilai yang baik dan yang jelek. Dengan demikian akan tidak ekonomis jika perancangan tebal lapisan perkerasan jalan berdasarkan nilai yang terjelek dan tidak pula memenuhi syarat jika berdasarkan hanya nilai terbesar saja.

Setiap segmen jalan mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. CBR segmen yang diperoleh, kemudian dikonversikan ke modulus resilien sesuai rumus 2.3 atau 2.4. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan menggunakan rumus 2.35.

$$CBR_{\text{segmen}} = CBR_{\text{rata-rata}} - \frac{CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}}}{F} \dots\dots\dots(2.35)$$

Keterangan:

CBR_{segmen} Adalah nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau.

CBR_{maksimum} Adalah nilai CBR tertinggi padasepanjang segmen yang ditinjau.

CBR_{minimum} Adalah nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

$CBR_{\text{rata-rata}}$ Adalah nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F Adalah koefisien pengali

Tabel 2.20 Nilai F untuk perhitungan CBR segmen

Jumlah Titik Pengamatan (buah)	Koefisien F
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
≥ 10	3,18

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lapis Pondasi Laston Modifikasi	3.700	536	2250					0,305	
Lapis Pondasi Laston	3.300	480	180					0,290	
Lapis Pondasi Lataston	2.400	350	800						
Lapis Pondasi LAPEN								0,190	
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)								0,270	
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	5.900	850		70				0,230	
CTB	5.350	776		45				0,210	
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35				0,170	
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	4.450	645		30				0,170	
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	4.270	619		35				0,160	
Tanah Semen	4.000	580		24				0,145	
Tanah Kapur	3.900	566		20				0,140	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Agregat Kelas A	200	29				90		0,135	
3. Lapis Pondasi Bawah									
Agregat Kelas B	125	18				60			0,125
Agregat Kelas C	103	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
-Pemadatan Mekanis						52			0,104
-Pemadatan Manual						32			0,074
Material Pilihan (<i>Selected Material</i>)	84	12				10			0,080

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

7. Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan dibuat, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama truk) seperti tabel 2.22

Tabel 2.22 Pemilihan tipe lapisan beraspal berdasarkan lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan

Lalu Lintas Rencana (Juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan; 20 – 70 km/jam	Kecepatan Kendaraan; \geq 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	
0,3 – 10	Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)
10 – 30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aspal Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston /AC)

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

8. Ketebalan minimum lapisan perkerasan

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.

Tabel 2.23 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	6,01
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
Lapis Pondasi Lataston	1,4	3,5
Lapis Pondasi LAPEN	2,5	6,5
Agregat A	4,0	10,0
CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,00
Beton Padat Giling (BPG/RCC)	6,0	15,00
CTB	6,0	15,00
CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,00
CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,00
CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,00
Tanah Semen	6,0	15,00
Tanah Kapur	6,0	15,00
3. Lapis Pondasi Bawah		
Agregat Kelas B	6,0	15,00
Agregat Kelas C	6,0	15,00
Konstruksi Telford	6,0	15,00
Material Pilihan (<i>Selected Material</i>)	6,0	15,00

(Sumber: Pedoman Perancangan Tebal Perkerasan Lentur, 2012)

b. Penentuan Nilai Struktur Yang Diperlukan

1. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 2.40.

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R + S_o + 9,36 \times \text{Log}(S_n + 1) - 0,20 + \frac{\text{Log}\left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(s_n + 1)^{5,19}}} + 2,32 \text{Log}(M_R) - 8,07 \dots\dots\dots(2.36)$$

Sesuai dengan rumus 2.40, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut:

W_{18} (W_t) adalah komulatif lalu lintas selama umur rencana

Z_R adalah deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R), yaitu dengan menganggap bahwa semua parameter masukan yang digunakan adalah nilai rata-ratanya.

S_o adalah gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja

ΔIP adalah perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IP_t)

M_R adalah modulus resilien tanah dasar efektif (ψ)

IP_f adalah indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2. Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume komulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18})

3. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reliabilitas dalam proses perancangan dan pengaruh drainase.

4. Modulus resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian dilaboratorium dan pengujian CBR lapangan, kemudian dikorelasi dengan nilai modulus resilien.

5. Pemilihan tebal lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relative setiap lapisan perkerasan, dengan rumus 2.41.

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots\dots\dots(2.37)$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 , adalah koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.16.

D_1, D_2, D_3 , adalah tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah (inci) dan tebal minimum untuk setiap lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.20.

m_2, m_3 adalah koefisien drainase lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah sesuai tabel 2.18

6. Analisis perancangan tebal lapisan

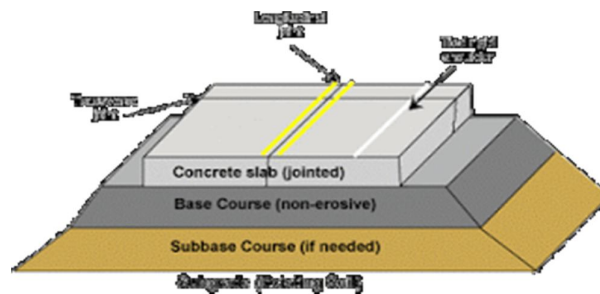
Adapun tahapan perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (IPT) dan susunan struktur perkerasan perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R) dengan menggunakan rumus...
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (IPT) yang telah dipilih. Hasil iterasi selesai apabila prediksi lalu lintas rencana relative sama dengan

- (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas, yaitu dengan menggunakan rumus 2.40.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas.

2.4.2 Perkerasan kaku (*Rigid Pavement*)

Rigid Pavement atau perkerasan kaku sudah sangat lama dikenal di Indonesia. Ia lebih di kenal pada masyarakat umum dengan nama Jalan Beton. Perkerasan tipe ini sudah sangat lama di kembangkan di negara – negara maju seperti Amerika, Jepang, Jerman dll.



Gambar 2.16 Penampaan *Rigid Pavement*

(Sumber : Google.com/images/Rigid-Pavement)

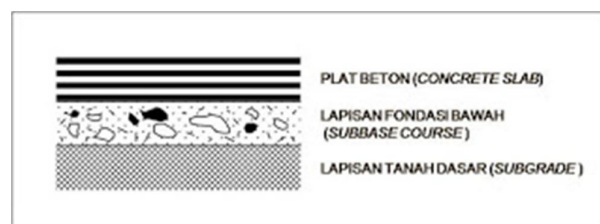


Gambar 2.17 Rigid Pavement (perkerasan Kaku)

(Sumber : Google.com/images/Rigid-Pavement)

RIGID PAVEMENT atau Perkerasan Kaku adalah suatu susunan konstruksi perkerasan di mana sebagai lapisan atas digunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi atau di atas tanah dasar pondasi atau langsung di atas tanah dasar (subgrade).

Pada mulanya plat perkerasan kaku hanya di letakkan di atas tanah tanpa adanya pertimbangan terhadap jenis tanah dasar dan drainasinya. Ukuran saat itu hanya 6 – 7 inch. Seiring dengan perkembangan jaman, beban lalu lintas pun bertambah terutama saat sehabis Perang Dunia ke II, para engineer akhirnya mulai menyadari tentang pentingnya pengaruh jenis tanah dasar terhadap pengerjaan perkerasan terutama sangat pengaruh terhadap terjadinya pumping pada perkerasan. Pumping merupakan proses pengocokan butiran – butiran subgrade atau subbase pada daerah – daerah sambungan (basah atau kering) akibat gerakan vertikal pelat karena beban lalu lintas yang mengakibatkan turunnya daya dukung lapisan bawah tersebut.



Gambar 2.18 Struktur Perkerasan Kaku

(Sumber : Google.com/images/Struktur-Perkerasan-kaku)

2.4.3 Jenis-jenis perkerasan kaku

Berdasarkan adanya sambungan dan tulangan plat beton perkerasan kaku, perkerasan beton semen dapat diklasifikasikan menjadi 3 jenis sebagai berikut :

1. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan tanpa tulangan untuk kendali retak.

2. Perkerasan beton semen biasa dengan sambungan dengan tulangan plat untuk kendali retak. Untuk kendali retak digunakan wire mesh diantara siar dan penggunaannya independen terhadap adanya tulangan dowel.
3. Perkerasan beton bertulang menerus (tanpa sambungan). Tulangan beton terdiri dari baja tulangan dengan prosentasi besi yang relatif cukup banyak (0,02 % dari luas penampang beton).

Pada saat ini, jenis perkerasan beton semen yang populer dan banyak digunakan di negara-negara maju adalah jenis perkerasan beton bertulang menerus. Dalam konstruksinya, plat beton sering disebut sebagai lapis pondasi karena dimungkinkan masih adanya lapisan aspal beton pada bagian atasnya yang berfungsi sebagai lapis permukaan.

Perkerasan beton yang kaku dan memiliki modulus elastisitas yang tinggi, mendistribusikan beban dari atas menuju ke bidang tanah dasar yang cukup luas sehingga bagian terbesar dari kapasitas struktur perkerasan diperoleh dari plat beton sendiri. Hal ini berbeda dengan perkerasan lentur dimana kekuatan perkerasan diperoleh dari tebal lapis pondasi bawah, lapis pondasi dan lapis permukaan.

Karena yang paling penting adalah mengetahui kapasitas struktur yang menanggung beban, maka faktor yang paling diperhatikan dalam perencanaan tebal perkerasan beton semen adalah kekuatan beton itu sendiri. Adanya beragam kekuatan dari tanah dasar dan atau pondasi hanya berpengaruh kecil terhadap kapasitas struktural perkerasannya.

Lapis pondasi bawah jika digunakan di bawah plat beton karena beberapa pertimbangan, yaitu antara lain untuk menghindari terjadinya pumping, kendali terhadap sistem drainasi, kendali terhadap kembang-susut yang terjadi pada tanah dasar dan untuk menyediakan lantai kerja (working platform) untuk pekerjaan konstruksi.

Secara lebih spesifik, fungsi dari lapis pondasi bawah adalah :

1. Menyediakan lapisan yang seragam, stabil dan permanen.
2. Menaikkan harga modulus reaksi tanah dasar (modulus of sub-grade

reaction = k), menjadi modulus reaksi gabungan (modulus of composite reaction).

3. Mengurangi kemungkinan terjadinya retak-retak pada plat beton.
4. Menyediakan lantai kerja bagi alat-alat berat selama masa konstruksi.
5. Menghindari terjadinya pumping, yaitu keluarnya butir-butiran halus tanah bersama air pada daerah sambungan, retakan atau pada bagian pinggir perkerasan, akibat lendutan atau gerakan vertikal plat beton karena beban lalu lintas, setelah adanya air bebas terakumulasi di bawah pelat.

2.5 Perencanaan 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). Ketentuan umum untuk pemasangan patok-patok tersebut adalah sebagai berikut:
 - 1) untuk daerah datar dan lurus, jarak antara patok 100 m.
 - 2) untuk daerah bukit, jarak antara patok 50 m.
 - 3) untuk daerah gunung, jarak antara patok 25 m.
- b. Galian profil memanjang (Alinyemen Vertikal) yang memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan muka tanah rencana.
- c. Gambar potongan melintang (*Cross Section*) pada titik stationing, sehingga didapatkan luas galian dan timbunan.
- d. Hitung volume galian dan timbunan dengan mengalikan luas penampang rata-rata dari galian atau timbunan dengan jarak patok.

2.6 Bangunan Pelengkap Jalan

Bangunan pelengkap jalan merupakan bagian dari jalan yang dibangun sesuai dengan persyaratan teknik, antara lain saluran samping, gorong-gorong (*culvert*), tempat parkir, pagar pengaman, dan dinding panahan tanah.

2.6.1 Drainase Saluran Samping

Untuk menghitung besarnya hujan rencana, dapat digunakan berbagai cara tergantung data hujan (dari hasil pengamatan) yang tersedia, karena tidak semua post pencatat hujan model otomatis dan pengamatan yang dilakukan juga tidak selalu kontinyu (berbagai pertimbangan dari segi : SDM, keamanan, kondisi lokasi, teknisi dan suku cadang).

- a. Menentukan Frekuensi Hujan Rencana Pada Masa Ulang (T) Tahun

Di bawah ini diberikan contoh perhitungan sekaligus dengan uraian dan rumus yang digunakan.

Analisa Distribusi Frekuensi Cara Gumbel

Rumus persamaan yang digunakan sebagai berikut :

Hujan rata-rata (X)	Standar Deviasi
$\frac{\sum X}{n}$(2.42)	$\sqrt{\frac{\sum(X^2) - X \sum X}{n-1}}$(2.43)

Frekuensi Hujan Pada Periode Ulang T	Faktor Frekuensi
$R_T = X + K S_x$(2.44)	$K = \frac{Y_T - Y_n}{s_n}$(2.45)

Tabel 2.24 Nilai K Sesuai Lama Pengamatan

T	Y _T	Lama Pengamatan (Tahun)				
		10	15	20	25	30
2	0,3665	-0,1355	-0,1434	-0,1478	-0,1506	-0,1526
5	1,4999	1,0580	0,9672	0,9186	0,8878	0,8663
10	2,2502	1,8482	1,7023	1,6246	1,5752	1,5408
20	2,9702	2,6064	2,4078	2,3020	2,2348	2,1881

25	3,1985	2,8468	2,6315	2,5168	2,4440	2,3933
50	3,9019	3,5875	3,3207	3,1787	3,0884	3,0256
100	4,6001	4,3228	4,0048	3,8356	3,7281	3,6533

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

b. Menentukan Intensitas Hujan Rencana

Untuk mengolah R (frekuensi hujan) menjadi I (Intensitas Hujan) dapat digunakan cara Prof. Talbot sebagai berikut :

$$I = \frac{a}{t+b} \dots\dots\dots(2.46)$$

Dimana :

a,b = Konstanta yang di sesuaikan dengan lokasi, tak berdimensi

t = Durasi hujan (menit)

I = Intensitas Hujan (mm/jam)

Menurut JICA, Jika $t < 10$ menit = dianggap 10 menit, jika $t > 120$ menit maka rumus ini akurasinya berkurang.

Jika data curah hujan harian yang diperlukan tidak tersedia, maka R_{24} dari table digunakan dengan bantuan cara Weduwen, yaitu mengacu pada curah hujan.

c. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi di bagi dua, yaitu (t_1) waktu untuk mencapai awal saluran (inlet time) dan (t_2) waktu pengaliran. Untuk drainase permukaan jalan menurut JICA dipakai (t_1) sedangkan untuk saluran atau Culvert dipakai ($t_2 + t_1$).

• Inlet Time

Dipengaruhi oleh banyak factor seperti kondisi dan kelandaian permukaan, luas dan bentuk daerah tangkapan dan lainnya. Kisaran yang dapat dipakai dari rumus ini sangat terbatas tetapi rumus ini mempunyai nilai ketelitian baik jika intensitas hujan berkisar 50 mm/jam.

$$t_1 = \left\{ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L t \times \frac{nd}{\sqrt{k}} \right\} \dots\dots\dots(2.47)$$

Dimana :

t_1 = Inlet *Time* (menit)

L_t = panjang dari titik terjauh sampai sarana drainase (m)

k = kelandaian permukaan

n_d = Koefisien hambatan

L_1 dan L_2 ditentukan dari klasifikasi jalan, sedangkan L_3 ditentukan dari terrain di lapangan karena daerah pengaliran dibatasi oleh titik-titik tertinggi pada bagian kiri dan kanan jalan berupa alur dan sungai yang memotong jalan, jadi:

- Jika $L_3 > (L_1 + L_2)$ maka $L_t = L_3$
- Jika $L_3 < (L_1 + L_2)$ maka $L_t = (L_1 + L_2)$

Untuk perhitungan $L_3 = 100$ m dari tepi luar saluran ke arah luar jalan, karena koridor dari pemetaan topografi hanya selebar $\pm 150 - 200$ m sehingga data diluar koridor tidak terliput.

Pembatasan lebar koridor pemetaan ini dilakukan dengan pertimbangan anggaran dan waktu yang terbatas.

Table 2.25 Koefisien Hambatan

Kondisi permukaan yang dilalui aliran	n_d
1. Lapisan semen dan aspal beton	0,013 0,02
2. Permukaan halus dan kedap air	0,10
3. Permukaan halus dan padat	
4. Lapangan dengan rumput jarang, lading, dan tanah lapang kosong dengan permukaan cukup kasar	0,20 0,40 0,60 0,80
5. Lading dan lapangan rumput	

6. Hutan	
7. Hutan dan rimba	

(Sumber : Shirley L. Hendarsin, dalam Perencanaan Teknik Jalan Raya, 2000)

Keterangan :

➤ Panjang :

L1,L3,L2 sesuai ketentuan klasifikasi jalan

➤ Kelandaian :

Untuk L1, k1 = 2 – 3%

Untuk L2, k2 = 3 – 5 %

Untuk kelandaian ini juga di sesuaikan dengan klasifikasi dan konstruksi jalan, untuk L3, k3 = sesuai dengan kondisi di lapangan

➤ Lebar :

Lebar dengan pengaliran yang di perhitungkan = panjang saluran yang di hitung (L = panjang saluran yang di hitung)

• Waktu pengaliran

Dapat diperoleh sebagai pendekatan dengan membagi panjang aliran maksimum dari saluran samping dengan kecepatan rata-rata aliran pada saluran tersebut.

Kecepatan rata-rata aliran diperoleh dari rumus manning:

$$V = \frac{1}{n} \times J^{2/3} \times S^{1/2} \dots\dots\dots(2.48)$$

Dimana :

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

J = F/O jari-jari Hydraulis (m),

F = luas penampang basah (m²),

O = keliling basah (m)

S = kemiringan muka air saluran

n = koefisien kekasaran manning

waktu pengaliran di peroleh dari rumus

$$t_2 = \frac{L}{(60)v} \dots\dots\dots(2.49)$$

Dimana :

L = panjang saluran (m)

t₂ = waktu pengaliran (menit)

jika waktu konsentrasi (T_c) = (t₁ + t₂) yaitu rumus (2.48) + rumus (2.49)

sedangkan V pada rumus (2.49) diperoleh dari rumus (2.48) dimana V dapat ditentukan jika dimensi saluran telah ditetapkan.

d. Luas daerah pengaliran

Luas daerah tangkapan hujan pada perencanaan saluran samping jalan dan culvert adalah daerah pengaliran yang menerima curah hujan selama waktu tertentu, sehingga menimbulkan debit limpasan yang harus di tampung oleh saluran samping untuk dialirkan ke culvert atau sungai.

Penampang melintang daerah pengaliran dengan panjang yang di tinjau adalah sepanjang saluran (L)

$$A = L \times L \dots\dots\dots(2.50)$$

$$A = L(L_1 + L_2 + L_3) \dots\dots\dots(2.51)$$

e. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran atau koefisien lipasan (C) adalah angka reduksi dari intensitas hujan, yang besarnya disesuaikan dengan kondisi permukaan, kemiringan atau kelandaian, jenis tanah dan durasi hujan, koefisien ini tidak berdimensi.

Menurut The Asphalt Institute untuk menentukan C_w dengan berbagai kondisi permukaan, dapat dihitung atau ditentukan dengan cara sebagai berikut :

$$C_w = \frac{C_1.A_1 + C_2.A_2 + C_3.A_3 + \dots}{A_1 + A_2 + A_3 + \dots} \dots\dots\dots(2.52)$$

Dimana :

$C_1, C_2 \dots$ = Koefisien pengaliran sesuai dengan jenis permukaan

$A_1, A_2 \dots$ = Luas daerah pengaliran (km^2)

C_w = C rata-rata pada daerah pengaliran yang dihitung.

Untuk setiap area yang ditinjau $L = \text{konstan}$, sedangkan L_3 sebagai pendekatan diambil 100 m, maka untuk penampang melintang normal dengan cara memasukan persamaan diperoleh :

$$C_w = \frac{C_1.L_1 + C_2.L_2 + C_3.L_3 + \dots}{L_1 + L_2 + L_3} \dots\dots\dots(2.53)$$

2.6.2 Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*)

Bangunan Gorong-gorong Persegi (*Box Culvert*) (Sosrodarsono, Suyono dan Nakazawa, Kazuto : 2005, PRADNYA PARAMITA)

1. Dasar Perencanaan

Diperlukan pemeriksaan terhadap gorong-gorong persegi ditinjau dari segi pembebanan yaitu gaya-gaya samping dan gaya arah memanjang. Tetapi bila panjang dari gorong-gorong kurang dari 15 m, pemeriksaan terhadap gaya-gaya arah memanjang boleh diabaikan.

Untuk perencanaan gorong-gorong karena gaya-gaya dari samping dimensi dari pada bentuk luar dipergunakan dalam perhitungan beban, sedangkan ukuran dari sumbu pusat di tiap-tiap bagian dipergunakan dalam perhitungan tegangan. Kemudian untuk analisa “kerangka kaku” digunakan metode “*Slope Deflection*”.

2. Beban yang Dipergunakan Untuk Perencanaan

Beban yang bekerja pada gorong-gorong persegi (*Box Culvert*) adalah tekanan tanah vertikal yang berasal dari tanah diatas gorong-gorong, tekanan tanah mendatar yang diberikan oleh tinggi timbunan disamping gorong-gorong, beban hidup diatas gorong-gorong dan gaya-gaya reaksi.

Pada gorong-gorong persegi yang biasa, perubahan-perubahan kombinasi pembebanan tergantung dari pada tinggi tanah penutup di atas gorong-gorong, apakah lebih tinggi atau lebih rendah dari 3,50 meter.

Bila tebal tanah penutup kurang dari 3,50 meter, perhitungan dibuat dalam 2 kombinasi dan bila momen lentur dan gaya geser pada tiap-tiap titik telah didapat dari kedua perhitungan kombinasi tersebut, maka salah satu hasil yang lebih besar yang dipakai untuk perencanaan penampang.

Tanda-tanda/notasi pada gambar berarti sebagai berikut :

Pvd1 : Tekanan tanah vertikal, yang bekerja pada bidang permukaan atas gorong-gorong (ton/m^2)

Phd : Tekanan tanah mendatar bekerja pada bagian samping gorong-gorong (ton/m^2)

Pvl : Beban vertikal karena beban hidup, dihitung dengan mengambil

berikut yang sesuai dengan ketebalan tanah penutup:

- Bila tebal tanah penutup $< 3,50$ meter

$$Pvl = \frac{p_{i+i}}{w_1} (\text{ton/m}^2) \dots \dots \dots (2.54)$$

- Bila tebal tanah penutup $> 3,50$ meter

Muatan merata diatas gorong-gorong (Pvl) = $1,0 \text{ ton/m}^2$

Ko : Koefisien tekanan tanah dalam keadaan statis, dipengaruhi oleh tekanan tanah mendatar $1,0 \text{ ton/m}^2 \times Ko$, yang diakibatkan oleh beban muatan.

Pv2 : Reaksi tanah

2.7 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana anggaran biaya merupakan perkiraan biaya dari suatu pekerjaan yang dihitung berdasarkan volume pekerjaan, upah pekerja, harga material dan lain-lain.