

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perancangan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yang memberikan kenyamanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Secara umum perencanaan geometrik terdiri dari aspek-aspek perencanaan trase jalan, badan jalan yang terdiri dari bahu jalan dan jalur lalu lintas, tikungan drainase, kelandaian jalan serta galian dan timbunan. Tujuan dari perencanaan geometrik jalan adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas dan memaksimalkan rasio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (Silvia Sukirman, 1999).

Perencanaan geometrik jalan adalah perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, meliputi beberapa elemen yang disesuaikan dengan kelengkapan dan data yang ada atau tersedia dari hasil survey lapangan dan telah dianalisis, serta mengacu pada ketentuan yang berlaku. (L. Herdansin Shirley, 2000).

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar yang didapatkan dari suatu hasil survey lapangan, kemudian dianalisis berdasarkan acuan perencanaan yang berlaku. Acuan perencanaan yang dimaksud adalah sesuai dengan standar perencanaan geometrik yang dianut di Indonesia. (Hamirhan Saodang, 2010).

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1. Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri dari 4 golongan yaitu :

- a. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
- b. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul/pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
- c. Jalan lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.
- d. Jalan Lingkungan adalah jalan yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri seperti tabel berikut .:

Tabel 2.1 Ciri-Ciri Jalan Lingkungan

Jalan	Ciri-Ciri
Lingkungan	1. Pekerjaan jarak dekat 2. Kecepatan rata-rata rendah

(sumber : UU No. 38 tahun 2004)

2.2.2. Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

Dalam penentuan kelas jalan sangat di perlukan adanya data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR), baik itu data jalan sebelumnya bila jalan yang akan di rencanakan tersebut merupakan peningkatan atau merupakan data yang didapat dari jalan sekitar bila jalan akan dibuat merupakan jalan baru.

Salah satu penentuannya adalah dengan cara menghitung LHR akhir unsur rencana. LHR akhir umur rencan adalah jumlah perkiraan kendaraan dalam Satuan Mobil Penumpang (SMP) yang akan dicapai pada akhir tahun rencana.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Antar Kota

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

2.2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan ditentukan sebagai berikut :

- a. Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besarkemiringanmedan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- b. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapatdilihat dalam **tabel 2.3**

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

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

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

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

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13 / 1970 sebagai berikut:

Tabel 2.4 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

No.	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
1.	Utama	I	> 20.000
2.	Sekunder	II A II B II C	6.000 sampai 20.000 1.500 sampai 8.000 < 20.000
3.	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya, 1970)

Sambungan **tabel 2.4** Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

a. Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya

dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b. Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

– Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

– Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

– Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c. Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua.

Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah pelebaran dengan aspal.

2.3. Bagian-Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (W_c)

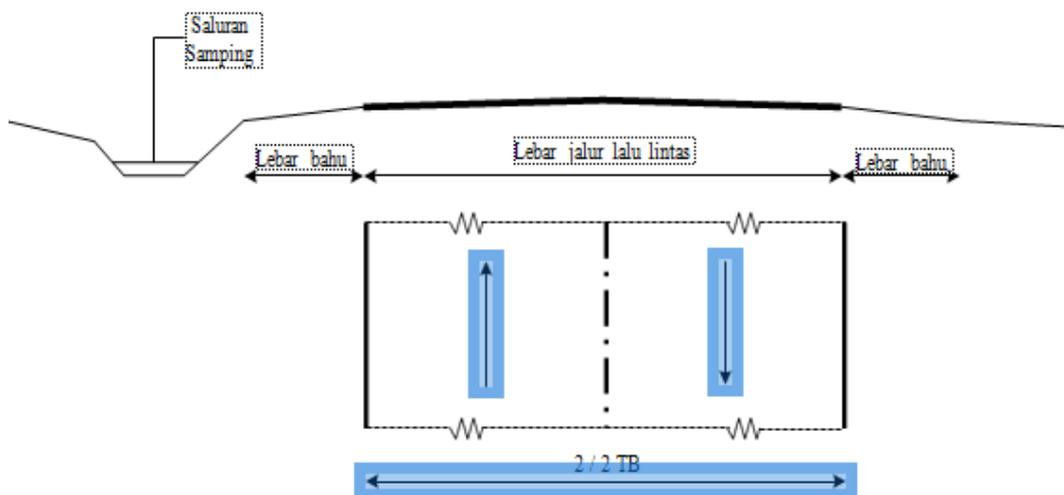
Lebar jalur jalan yang dilewati lalu lintas, tidak termasuk bahu jalan.

2. Lebar Bahu (W_s)

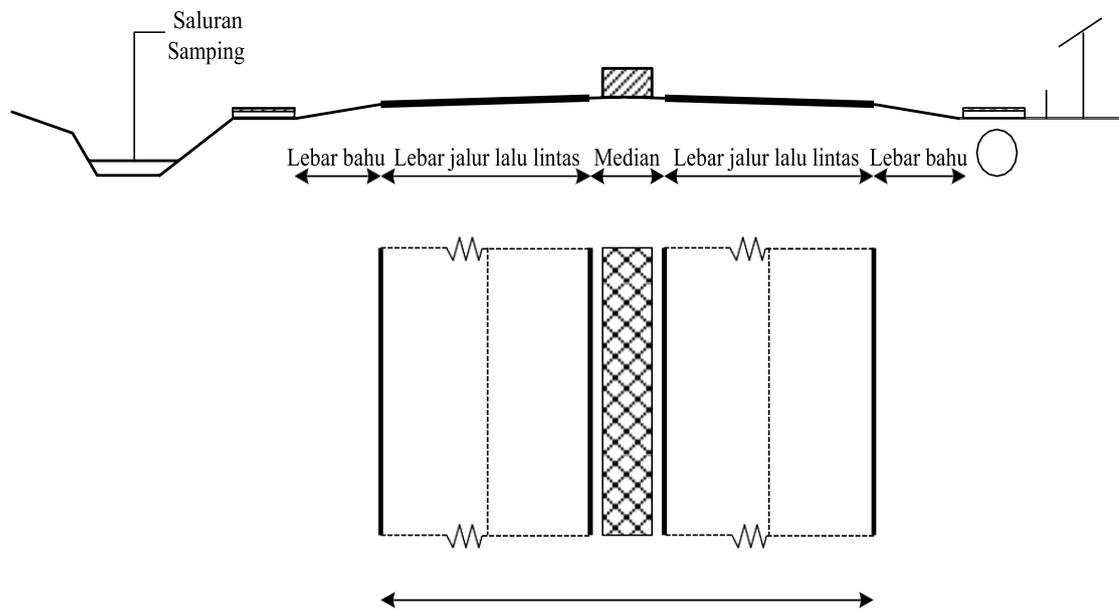
Lebar bahu disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekali berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

3. Median (M)

Daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmen jalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / ditinggikan).



Gambar 2.1 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah untuk 2 / 2 TB



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal

Tabel 2.5 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan (m)

VLHR Smp/ha ri	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Ba hu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	ahu	Jalur	ahu
< 3.000	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,5	4,5	1,0	6,0	1,0	4,5	1,0
3.000 – 10.000	7,0	2,0	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,5	7,0	1,5	6,0	1,0
10.001 – 25.000	7,0	2,0	7,0	2,0	7,0	2,0	MENGACUPADA PERSYARATAN IDEAL				TIDAK DITENTUKAN	
> 25.000	2nx3, 5	2,0	2x7,0	2,0	2nx3,5	2,0	MENGACUPADA PERSYARATAN IDEAL				TIDAK DITENTUKAN	

$2n \times 3,5 \gg 2 = 2$ Jalur, $n =$ Jumlah Lajur per Jalur, $3,5 =$ Lebar Per Lajur

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

2.3.1. Ruang Penguasaan Jalan

a. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Ruang manfaat jalan adalah ruang yang dimanfaatkan untuk konstruksi jalan dan terdiri atas badan jalan, saluran tepi jalan dan ambang pengaman. Badan jalan meliputi lajur lalu lintas dengan atau tanpa jalur pemisah dan bahu jalan :

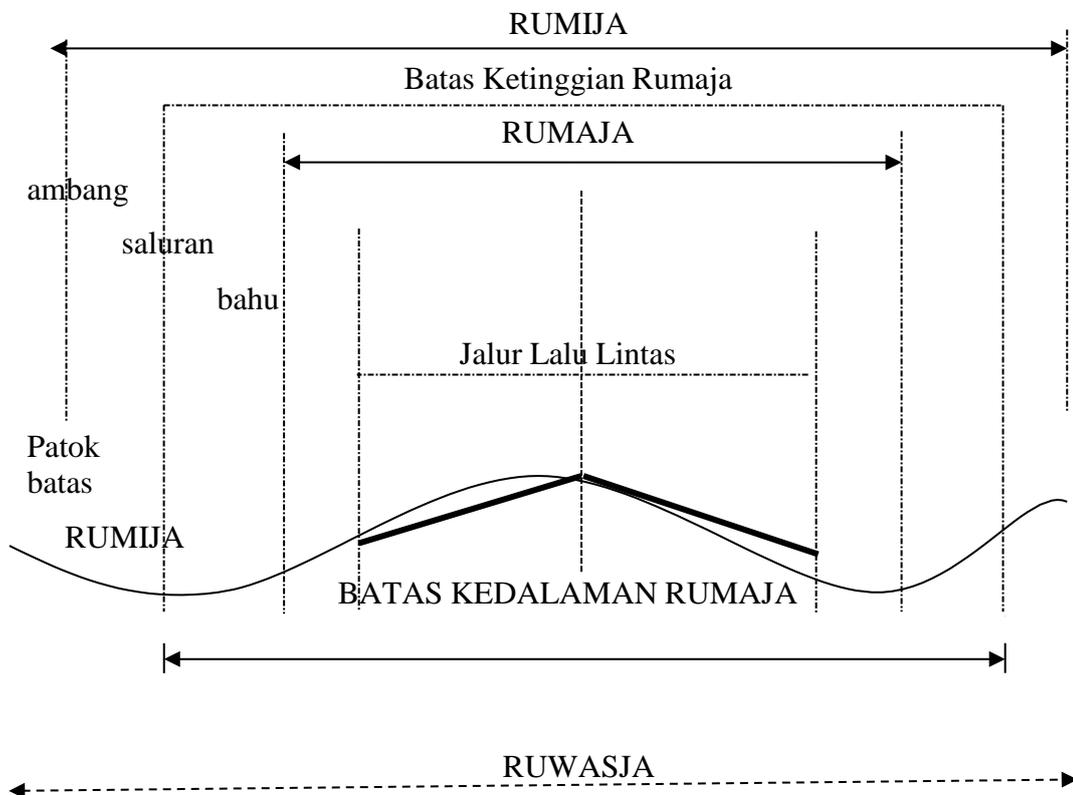
- Lebar antara batas ambang pengamanan konstruksi jalan ke dua sisi jalan.
- Tinggi 5 meter diatas permukaan perkerrasan pada sumbu jalan.
- Kedalaman ruang bebas 1,50 meter dibawah muka jalan.

b. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang milik jalan adalah sejalur tanah dengan lebar tertentu di luar ruang manfaat jalan (RUMAJA) yang dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan keamanan pengguna jalan. Ruang milik jalan (RUMIJA) meliputi seluruh ruang manfaat jalan dan ruang yang diperuntukkan bagi pelebaran jalan dan penambahan jalur lalu lintas kemusianhari serta kebutuhan ruangan untuk pengaman jalan. Ruang milik jalan juga merupakan ruang sepanjang jalan yang juga dibatasi oleh lebar dan tinggi tertentu yang dikuasai oleh pembina jalan dengan suatu hak tertentu, dan biasanya pada setiap jarak 1 km dipasang patok DMJ berwarna kuning. Ruang milik jalan adalah ruang dibatasi lebar yang sama dengan Rumaja ditambah ambang pengamanankonstruksi jalan setinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

c. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang pengawasan jalan adalah ruang pada jalan yang penggunaannya diawasi oleh penyelenggara jalan agar tidak mengganggu pandangan pengemudi, konstruksi bangunan, dan fungsi jalan.



Gambar 2.3 Rumaja, Rumija, Ruwasja di Lingkungan jalan antar kota.

2.4. Parameter Perencanaan Geometrik Jalan

2.4.1. Kendaraan Rencana

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

a. **Kendaraan Ringan / Kecil (LV)**

Kendaraan ringan / kecil adalah kendaraan bermotor ber as dua dengan empatroda dan dengan jarak as 2,0 – 3,0 m (meliputi : mobil penumpang, oplet, mikro bus, pick up, dan truk kecil sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

- b. Kendaraan Sedang (MHV)
Kendaraan bermotor dengan dua gandar, dengan jarak 3,5 – 5,0 m (termasuk bus kecil, truk dua as dengan enam roda, sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- c. Kendaraan Berat / Besar (LB-LT)
1. Bus Besar (LB)
Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m.
 2. Truk Besar (LT)
Truk tiga gandar dan kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- d. Sepeda Motor (MC)
Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).
- e. Kendaraan Tak Bermotor (UM)
Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda, dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi BinaMarga).

Tabel 2.6 Dimensi kendaraan rencana

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

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

2.4.2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang, atau kecepatan maksimal yang diijinkan sehingga tidak menimbulkan bahaya.

Tabel 2.7 Kecepatan Rencana V_R , sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

Fungsi	Kecepatan Rencana V_R , Km/jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
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 Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.4.3. Volume Lalu Lintas

Volume lalu lintas yang tinggi membutuhkan lebar perkerasan jalan yang lebih lebar, sehingga tercipta kenyamanan dan keamanan. Sebaliknya, jalan yang terlalu lebar untuk volume lalu lintas yang rendah cenderung membahayakan, karena pengemudi cenderung mengemudikan kendaraannya pada kecepatan yang lebih tinggi sedangkan kondisi jalan belum tentu memungkinkan.

a. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

Satuan arus lalu lintas, dimana arus dari berbagai tipe kendaraan ringan (termasuk mobil penumpang) dengan menggunakan emp.

b. Ekuivalen Mobil Penumpang (EMP)

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

Tabel 2.8 Ekivalensi Mobil Penumpang (EMP)

No	Jenis Kendaraan	Datar /Perbukitan	Pegunungan
1	Sedan, Jep Station Wagon	1,0	1,0
2	<i>Pick Up</i> , 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 Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

a. Faktor (F)

Faktor F adalah variasi tingkat lalu lintas per 15 menit dalam satu jam.

b. Faktor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencanalalu lintas, dinyatakan dalam SMP/jam, dihitung dengan rumus :

$$VJR = VLHR \times \frac{K}{F}$$

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalulintaslainnya yang diperlukan.

Tabel 2.9 Penentuan Faktor K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas

VLHR	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 Geometri Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

a. Kapasitas (C)

Volume lalu lintas maksimum (mantap) yang dapat sopertahankan (tetap) pada suatu bagian jalan dalam kondisi tertentu (misalnya: rencana geometrik, lingkungan, komposisi lalu lintas dan sebagainya).

b. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas (biasanya dihitung per jam).

2.4.2. Jarak Pandang

Keamanan dan kenyamanan pengemudi kendaraan untuk dapat melihat dengan jelas dan menyadari situasinya pada saat mengemudi, sangat tergantung pada jarak yang dapat dilihat dari tempat kedudukannya. Panjang jalan di depan kendaraan yang masih dapat dilihat dengan jelas diukur dari titik kedudukan pengemudi, disebut jarak pandangan. (Silvia Maharani, 1999)

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalulintas adalah sebagai berikut :

a. Jarak Pandang Henti (Jh)

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

Jarak pandang henti terdiri atas 2 elemen jarak yaitu :

1) Jarak tanggap

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

2) Jarak pengereman

Jarak pengereman adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti. Jarak minimum ini harus dipenuhi dalam setiap bagian jalan raya, besar yang diperlukan dapat dilihat pada **Tabel 2.10**

Tabel 2.10 Jarak Pandang Henti Minimum

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

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

Jarak Pandang Henti (Jh) untuk jalan datar, dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p}$$

Dimana :

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Untuk jalan dengan kelandaian tertentu :

$$J_h = 0,694 V_R + 0,004 \frac{V_R^2}{f_p \pm L}$$

Dimana :

J_h = Jarak pandang henti (m)

V_R = Kecepatan Rencana (km/jam)

F_p = koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55.

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

b. Jarak Pandang Mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatukendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsi tinggi mata pengemudi adalah 105 cm dan tinggi halangan adalah 105 cm. Jarak kendaraan mendahului dengan kendaraan datang dan jarak pandang mendahului sesuai dengan V_r dapat dilihat pada **Tabel 2.11 dan 2.12**.

Tabel 2.11 Jarak Kendaraan Mendahului dengan Kendaraan Datang

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

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

Tabel 2.12 Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_r

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d	800	675	550	350	250	200	150	100

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

2.5. 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 atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja (Hamirhan Saodang, 2010).

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan).

2.5.1 Ketentuan Panjang Bagian Lurus

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

Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada **Tabel 2.13**

Tabel 2.13 Panjang Bagian Lurus Maksimum

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

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

2.5.2 Ketentuan Komponen Tikungan

a. Jari-jari Minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari-jari minimum dapat dilihat pada **tabel 2.14**

Tabel 2.14 Panjang Jari-Jari Minimum untuk emaks = 10 %

V (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Jari-jari minimum (m)	600	370	210	110	80	50	30	15

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

Jari-jari tikungan minimum (R_{min}) ditetapkan sebagai berikut:

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

Ket :

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum

f = Koefisien

b. Batas Tikungan Tanpa Kemiringan

Telah dijelaskan bahwa, kemiringan jalan adalah fungsi dari ketajaman tikungan. Untuk tikungan-tikungan yang tumpul karena kecilnya kemiringan yang diperlukan, dapat saja tidak diadakan kemiringan.

Tabel 2.15 Jari-jari yang diijinkan tanpa superelevasi
(Lengkung Peralihan)

Kecepatan Rencana – V_r (Km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber: Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan antar kota No. 38/T/BM/1997)

c. Lengkung Peralihan

Perubahan arah, yang harus diikuti oleh suatu kendaraan yang melintasi bagian lurus menuju suatu lengkungan berupa busur lingkaran, secara teoritis harus dilakukan dengan mendadak, yaitu R tidak berhingga menuju R tertentu.

Secara praktis hal ini tidak mungkin dilakukan oleh ban kendaraan, karena harus membuat sudut belokan tertentu pengemudi memerlukan jangka waktu tertentu, berarti perlu jarak tertentu pula. Demikian pula gayasentrifugal akan timbul

secara mendadak yang akan membahayakan pengemudi.

Oleh sebab itu agar kendaraan tidak menyimpang dari lajunya, dibuatkan lengkung dimana lengkung tersebut merupakan peralihan dari R=

~ ke $R=R_c$ yang disebut lengkung peralihan.

Adapun nilai yang diambil adalah

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

$$L_s = 3,6 T V_R$$

- Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal:

$$L_s = 0,022 \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2,727 \frac{V_R^e}{C}$$

- Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 r_e}$$

Dimana:

T = waktu tempuh pada lengkung peralihan, ditetapkan 3 detik.

V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

e = superelevasi

C = perubahan percepatan diambil 0,3 – 1,0 disarankan 0,4 m/det²

R = jari-jari busur lingkaran (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi Normal

r_e = tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan (m/m./detik)

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

Tabel 2.16 Jari-jari Tikungan yang tidak memerlukan Lengkung Peralihan

VR (Km/ jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	280	210	115	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Antar Jalan kota, Departemen PU, Ditjen Bina Marga,1997).

d. Bentuk-bentuk Tikungan

Didalam suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah :

1) Bentuk tikungan *Full Circle* (FC)

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

- a) Lengkung peralihan
- b) Kemiringan melintang (superelevasi)
- c) Pelebaran Perkerasan Jalan
- d) Kebebasan samping

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 super elevasi yang besar.

Jenis tikungan *Full Circle* ini merupakan jenis tikungan yang paling

ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan. Bagi pengendara dan kendaraannya, karena sudut tikungnya tidak terlalu tajam. Tetapi apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Rumus yang digunakan pada tikungan *full circle* yaitu :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk kec. } < 80 \text{ km/jam)}$$

$$X = \frac{(ep+en) \cdot \frac{3}{4} L_s}{L_s} - en$$

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

$$D_{\max} = \frac{181913,53 (e_{\max} + f_{\max})}{V_r}$$

$$D = -\frac{1432,4}{R}$$

$$e = -\frac{e_{\max}}{D^2 \max} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\max}}{D_{\max}} D$$

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

$$T_c = R \cdot \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$E_c = R \cdot \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \cdot \Delta \cdot R \cdot \frac{ep+en}{L_s} \cdot \frac{x+en}{\frac{3}{4} L_s}$$

$$\text{Kontrol} = 2 \cdot T_c > L_c$$

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan (\square)

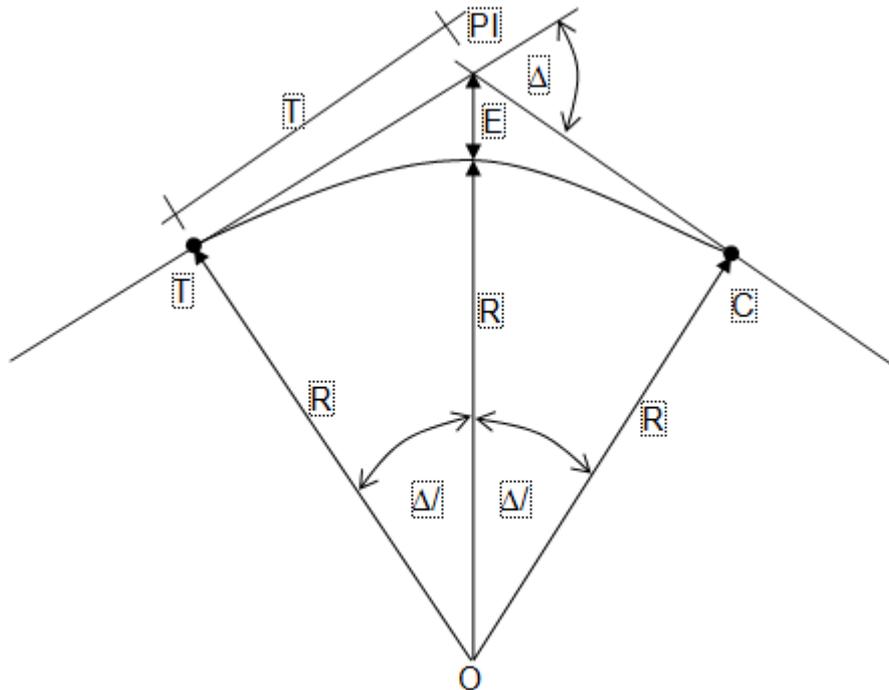
O = Sudut Pusat Lingkaran ($^\circ$)

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CT (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang Busur Lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari P1 ke busur lingkaran (m)



Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle*

2) Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

Tikungan *Spiral-Circle-Spiral* (SCS) dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba bentuk lurus ke bentuk lingkaran, jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (circle), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

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

Adapun jari-jari yang diambil untuk tikungan *Spiral Circle Spiral* haruslah sesuai dengan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan adanya kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum yang telah ditentukan, yaitu :

1. Kemiringan maksimum jalan antar kota = 0,10
2. Kemiringan maksimum jalan dalam kota = 0,18

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan dibawah ini :

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

$$L_s = \frac{V_R}{3.6} T$$

- b. Berdasarkan antipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus *modifikasi short*, sebagai berikut :

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

Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{(em - en)}{3.6re} V_R$$

Dimana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

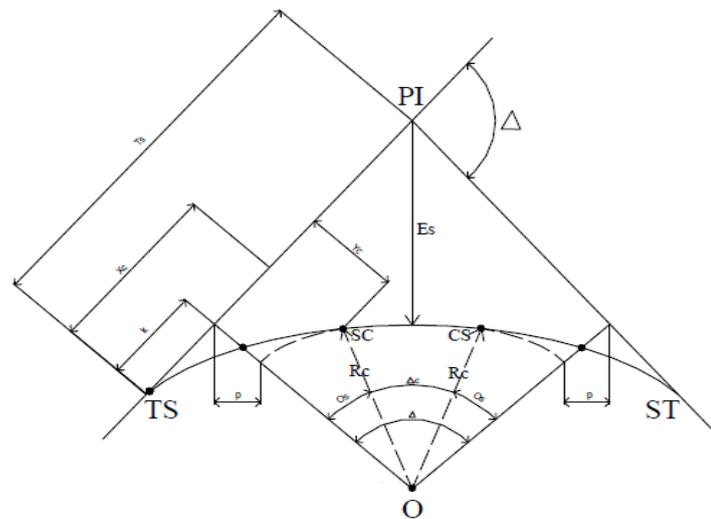
R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan Kecepatan 0,3 – 1,0 m/detik

Γ_e = 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



Gambar 2.5 *Spiral Circle Spiral*

Rumus yang berlaku dalam perencanaan tikungan Spiral Circle Spiral ini adalah :

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_r < 80 \text{ km/jam)}$$

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

$$D_{maks} = \frac{181913,53 (e_{maks} + f_{maks})}{V_r}$$

$$D = -\frac{1432,4}{R}$$

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

$$X_s = L_s \left(1 - \frac{L_s^2}{40 R_c^2}\right)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 R_c}$$

$$\square_s = \frac{90 L_s}{\pi R_c}$$

$$\Delta_c = \Delta - 2 \cdot \square_s$$

$$P = \frac{L_s^2}{6 R_c} - R_c (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R_c^2} - R_c \sin \theta_s$$

$$T_s = (R_c + p) \tan \frac{1}{2} \square + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec \frac{1}{2}\phi + R_c$$

$$L_c = \frac{(\Delta - 2\theta_s)}{180} \times \pi \times R_c$$

$$L_{tot} = L_c + 2 L_s$$

$$\text{Kontrol} = L_{total} < 2 \cdot T_s$$

Keterangan :

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

Y_s = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, jarak tegak lurus ke titik SC pada lengkung.(m)

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

L_c = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

T_s = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)

TS = Titik dari tangen ke spiral.(m)

SC = Titik dari spiral ke lingkaran.(m)

E_s = Jarak dari P1 Ke busur lingkaran.(m)

ϕ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

R_c = Jari-jari lingkaran.(m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis dari p pada garis tengen spiral (m)

3. *Spiral - Spiral (SS)*

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

dan aturannya sama seperti berikut.

$$F_m = -0,00065 \cdot V_r + 0,192 \text{ (untuk } v_{\text{kec}} < 80 \text{ km/jam)}$$

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

$$D_{\text{maks}} = \frac{181913,53 (e_{\text{maks}} + f_{\text{maks}})}{V_r}$$

$$D = -\frac{1432,4}{R}$$

$$E = -\frac{e_{\text{maks}}}{D^2 \text{max}} D^2 + \frac{2 \cdot e_{\text{maks}}}{D_{\text{maks}}} D$$

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

Untuk menentukan nilai L_s dapat digunakan beberapa pendekatan sebagai berikut :

- a) Berdasarkan table Bina Marga

$$L_{s1} = 50 \text{ m}$$

- b) Berdasarkan waktu tempuh maksimum 3 detik

$$L_{s2} = \frac{V_R}{3,6} \cdot T$$

- c) Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal

$$L_{s3} = 0,222 \cdot \frac{V_R^3}{R \cdot C} - 2,727 \cdot \frac{V_R \cdot e}{C}$$

- d) Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian

$$L_{s4} = \frac{(e_m - e_n)}{3,6 \cdot r_e} \cdot V_R$$

$$L_s \text{ yang digunakan adalah sebagai berikut : } L_{s5} = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R}{90}$$

$L_{s5} > L_{s \text{ min}}$, maka L_s yang digunakan L_{s5}

$$L_c = 0 \text{ dan } \square s = \frac{1}{2}$$

$$L_{\text{tot}} = 2 L_s$$

$$\square s = \frac{90 L_s}{\pi R C}$$

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot \pi \cdot R C}{90}$$

$$p = \frac{L_s^2}{6 R C} - R C (1 - \cos \theta_s)$$

$$k = L_s - \frac{L_s^3}{40 R C^2} - R C \sin \theta_s$$

$$T_s = (R C + p) \tan \frac{1}{2} \square + k$$

$$E_s = (R_c + p) \sec^{1/2} \Delta + R_c$$

Keterangan :

R = Jari-jari tikungan (m)

Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = absis pada garis tangen spiral (m)

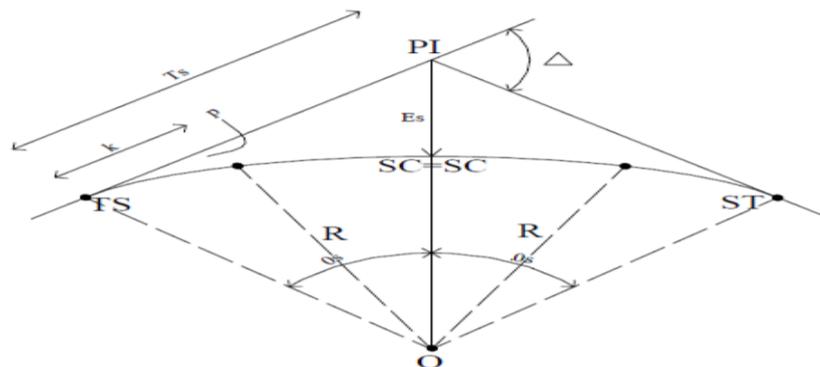
Ts = Jarak tangen dari P1 ke TS atau ST (m)

Es = Jarak dari P1 ke puncak busur lingkaran (m)

Ls = Panjang lengkung peralihan (panjang dari titik TS ke SC atau CS ke ST).(m)

Lc = Panjang busur lingkaran (panjang dari titik TS Ke SC atau CS ke ST).(m)

Ts = Panjang tangen dari titik P1 ke TS atau ke titik ST.(m)



Gambar 2.6 *Spiral – Spiral*

Tabel 2.17 Tabel p dan k untuk $L_s = 1$

qs(°)	p*	k*		qs(°)	p*	k*
0.5	0.0007272	0.4999987		14	0.0206655	0.4989901
1	0.0014546	0.4999949		14.5	0.0214263	0.4989155
1.5	0.002182	0.4999886		15	0.0221896	0.4988381
2	0.0029098	0.4999797		15.5	0.0229553	0.498758
2.5	0.0036378	0.4999683		16	0.0237236	0.498675
3	0.0043662	0.4999543		16.5	0.0244945	0.4985892
3.5	0.0050953	0.4999377		17	0.0252681	0.4985005
4	0.0058249	0.4999187		17.5	0.0260445	0.498409
4.5	0.0065551	0.499897		18	0.0268238	0.4983146
5	0.007286	0.4998728		18.5	0.027606	0.4982172
5.5	0.0080178	0.4998461		19	0.0283913	0.498117
6	0.0094843	0.4998167		19.5	0.0291797	0.4980137
6.5	0.0102191	0.4997848		20	0.0299713	0.4979075
7	0.0102191	0.4997503		20.5	0.0307662	0.4977983
7.5	0.010955	0.4997132		21	0.0315644	0.4976861
8	0.0116922	0.499735		21.5	0.0323661	0.4975708
8.5	0.0124307	0.499312		22	0.0331713	0.4974525
9	0.0131706	0.4995862		22.5	0.0339801	0.4973311
9.5	0.0139121	0.4995387		23	0.0347926	0.4972065
10	0.0146551	0.4994884		23.5	0.0356088	0.4970788
10.5	0.0153997	0.4994356		24	0.0364288	0.4969479
11	0.0161461	0.49938		24.5	0.0372528	0.4968139
11.5	0.0168943	0.4993218		25	0.0380807	0.4966766
12	0.0176444	0.4992609		25.5	0.0389128	0.496536
12.5	0.0183965	0.4991973		26	0.0397489	0.4963922
13	0.0191507	0.499131		26.5	0.0405893	0.496245
13.5	0.019907	0.4990619		27	0.041434	0.4960945

qs(°)	p*	k*		qs(°)	p*	k*
27.5	0.042283	0.4959406		34	0.0537536	0.4936187
28	0.0431365	0.4957834		34.5	0.0546719	0.4934141
28.5	0.0439946	0.4956227		35	0.0555957	0.4932057
29	0.0448572	0.4954585		35.5	0.05625	0.4929933
29.5	0.0457245	0.4952908		36	0.0574601	0.4927769
30	0.0465966	0.4951196		36.5	0.0584008	0.4925566
30.5	0.0474735	0.4949448		37	0.0593473	0.4923322
31	0.048355	0.4947665		37.5	0.0602997	0.4921037
31.5	0.0492422	0.4945845		38	0.0612581	0.4918711
32	0.050134	0.4943988		38.5	0.0622224	0.4916343
32.5	0.051031	0.4942094		39	0.0631929	0.4913933
33	0.0519333	0.4940163		39.5	0.0641694	0.491148
33.5	0.0528408	0.4938194		40	0.0651522	0.4908985

(Sumber : *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan, 1999*)

e. Superelevasi

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

- 1) Superelevasi dapat dicapai secara bertahap dari kemiringan melintang normal pada bagian jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung,
- 2) Pada tikungan *Spiral-Circle-Spiral*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bentuk normal samapi lengkung peralihan (S) yang berbentuk pada bagian lurus jalan, lalu dilanjutkan samapi superelevasi penuh pada akhir bagian lengkung peralihan.
- 3) Pada tikungan *FullCircle*, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier, diawali dari bagian lurus sepanjang $\frac{2}{3}$ Ls sampai dengan bagian lingkaran penuh sepanjang $\frac{1}{3}$ Ls.

- 4) Pada tikungan *Spiral-Spiral*. Pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral
- 5) Superelevasi tidak diperlukan jika ruas cukup besar, untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP), atau bahkan tetap lerengnormal (LN)

Tabel 2.18 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan (emaks = 10%, metode Bina Marga)

D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	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	955	Lp	45	0.026	50	0.035	60	0.044	70	0.054	75
2.000	819	Lp	45	0.029	50	0.039	60	0.049	70	0.060	75
2.500	716	0.026	45	0.036	50	0.047	60	0.059	70	0.072	75
3.000	573	0.030	45	0.042	50	0.055	60	0.068	70	0.081	75
3.500	477	0.035	45	0.048	50	0.062	60	0.076	70	0.089	75
4.000	409	0.039	45	0.054	50	0.068	60	0.082	70	0.095	75
4.500	358	0.043	45	0.059	50	0.074	60	0.088	70	0.099	75
5.000	318	0.048	45	0.064	50	0.079	60	0.093	70	0.100	75
6.000	286	0.055	45	0.073	50	0.088	60	0.098	70	Dmaks =5,12	
7.000	239	0.062	45	0.080	60	0.094	60	D maks = 6,82			
8.000	205	0.068	45	0.086	60	0.098	60				

9.000	179	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	45	D maks = 12,79			
14.000	102	0.093	45				
15.000	96	0.096	45				
16.000	90	0.097	45				
17.000	84	0.099	45				
18.000	80	0.099	45				
19.000	75	D maks = 18,8					

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

Keterangan :

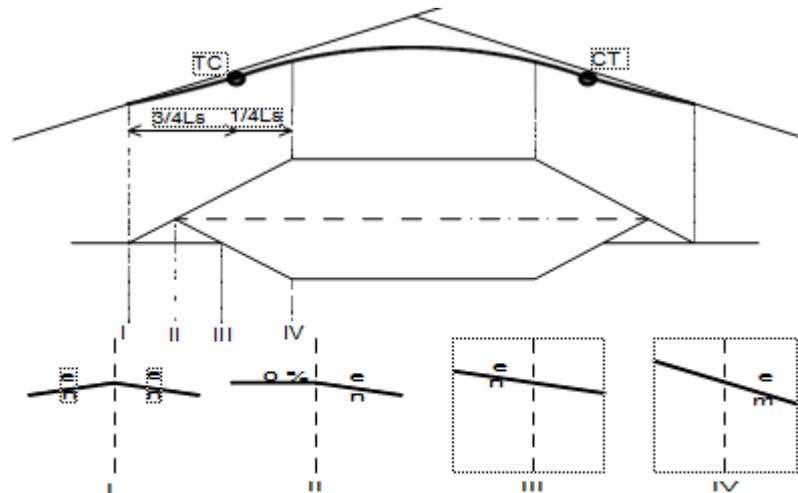
LN = lereng jalan normal, diasumsikan 5 %

LP = lereng luar putar sehingga perkerasan mendapat superelevasisebesar lereng jalan normal

LS = diperhitungkan dengan mempertimbangkan rumus modifikasishort landai relatif maksimum, jarak tempuh 3 detik dan lebar perkerasan 5 x 3,75 m.

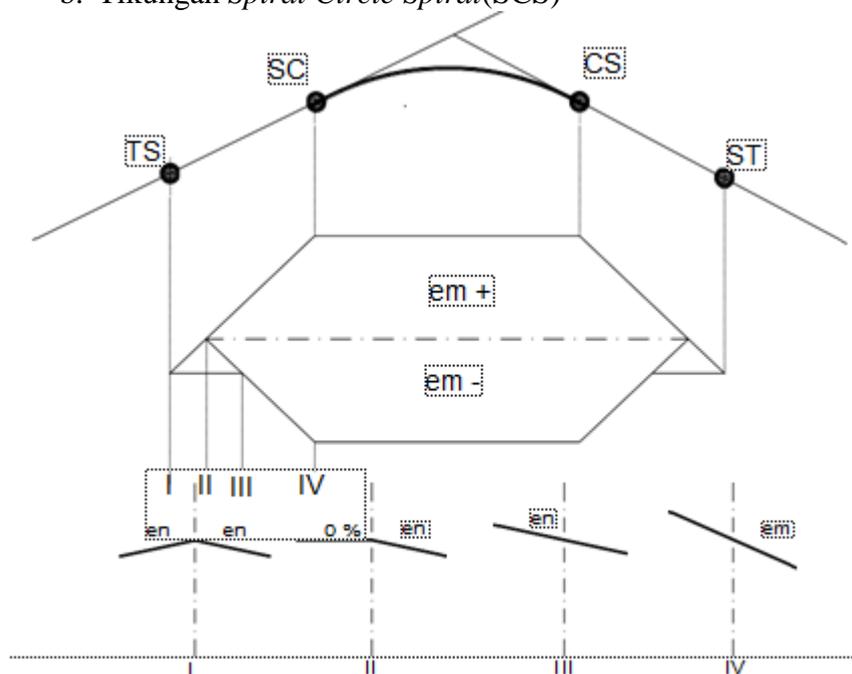
Diagram superelevasi

a. Tikungan *Full Circle* (FC)



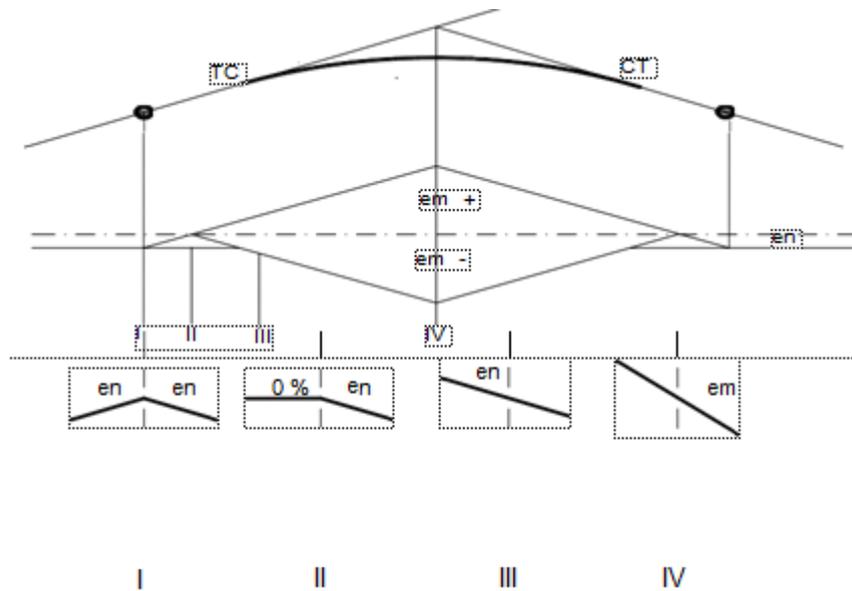
Gambar 2.7 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)



Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)



Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan :

1. Potongan I, kemiringan permukaan perkerasan jalan bersifat normal, yaitu sebagian miring kekiri dan sebagian lagi miring kekanan.
2. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.
3. Potongan III, bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.

4. Potongan IV, baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Kondisi seperti ini akan bertahan sampai sepanjang lengkung circle (khusus tikungan SS hanya pada satu titik), yaitu sampai titik CS. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur kembali ke bentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi ke bentuk potongan I, yakni bentuk normal.

2.5.3 Pelebaran Perkerasan Jalan pada Tikungan

Pelebaran perkerasan atau jalur lalu lintas ditikungan, dilakukan untuk mempertahankan kendaraan tetap pada lintasannya (lajurnya) sebagaimana pada bagian lurus. Hal ini terjadi karena pada kecepatan tertentu kendaraan pada tikungan cenderung akan keluar jalur akibat posisi roda depan dan roda belakang yang tidak sama, yang tergantung pada ukuran kendaraan.

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar perencanaan geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut :

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

Dimana :

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada lajur sebelah dalam (m)

Rc = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan.

Untuk lintasan luar roda depan (R_c) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} \dots\dots\dots(m)$$

Dimana :

R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar Kendaraan Rencana (m)

$$B_t = n (B + C) + Z \dots\dots\dots(m)$$

Dimana :

n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan ditikungan pada jalur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping kiri dan kanan kendaraan = 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

Dimana nilai lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (Z) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$\text{Dimana : } Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \dots\dots\dots(m)$$

V = Kecepatan Rencana (km / jam)

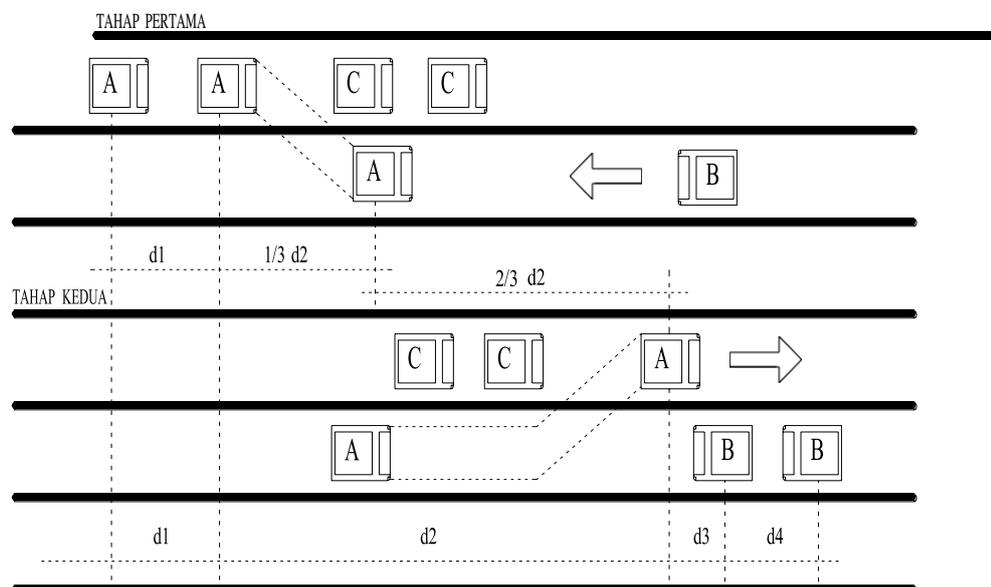
R = Jari-jari tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan ini dimaksudkan untuk mengurangi kemungkinan kendaraan akan keluar dari jalurnya karena dipicu dengan kecepatan yang terlalu tinggi. Pelebaran ini dilakukan sepanjang pencapaian superelevasi.

2.5.4 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seseorang pengemudi pada saat mengemudi, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan antisipasi untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas.



Gambar 2.10 Jarak Pandang Mendahului

Keterangan :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Ketentuan untuk mengukur jarak pandangan Jarak diukur dari mata pengemudi ke puncak penghalang. Untuk jarak pandang henti, ketinggian mata pengemudi 125 cm dan ketinggian penghalang 15 cm, sedangkan untuk jarak pandang menyiap ketinggian penghalang 125 cm.

2.5.5 Kebebasan Samping pada Tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan J_h .

Daerah bebas samping ditikungan di hitung berdasarkan jarak pandang henti menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90^\circ J_h}{R'} \right)$$

Dimana :

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

R' = jari-jari sumbu jalur dalam (m)

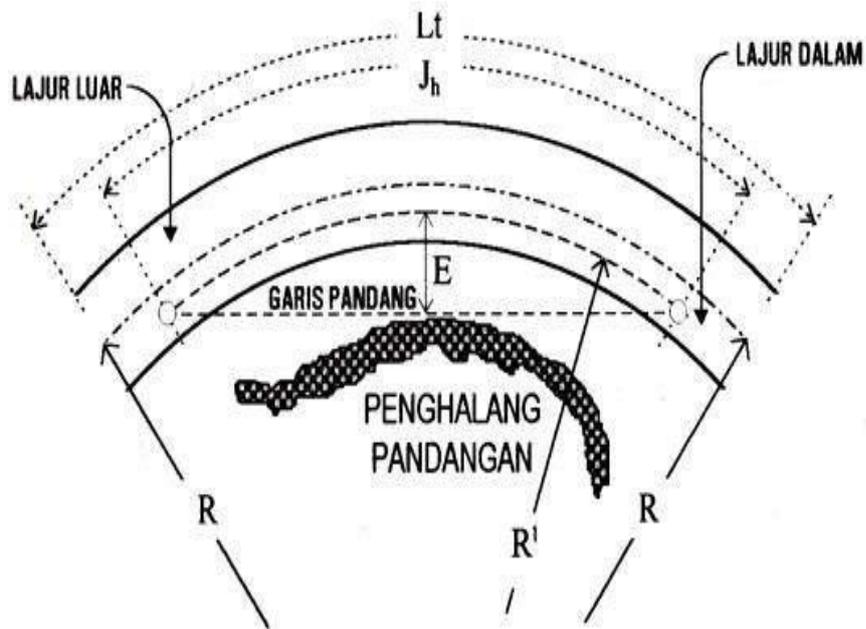
J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang tikungan (m)

Tabel 2.19 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_R =$	30	40	50	60	80	100	120
	20							
	J = 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						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{max} = 500$
300					2,3	6,0	$R_{max} = 350$	
250				1,5	2,8	7,1		
200				1,9	3,5	$R_{max} = 210$		
175				2,2	4,0			
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{max}=115$			
100			2,0	3,8				
90			2,2	4,2				
80			2,5	4,7				
70		1,5	2,8	$R_{max} = 80$				
60		1,8	3,3					
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{max} = 50$					
30		$R_{max} = 30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{max}=15$							

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



Gambar 2.11 Daerah bebas samping ditikungan untuk $J_h < L_t$

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{90 \cdot J_h}{\pi \cdot R} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 \cdot J_h}{R'} \right)$$

Dimana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari sumbu jalur dalam (m)

J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Daerah bebas samping tikungan dihitung berdasarkan jarak pandang mendahului menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

$$M = R' (1 - \cos \Theta) + \frac{1}{2} (Jd-L) \sin \Theta$$

Dimana :

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

Θ = Setengah sudut pusat sepanjang L

R' = Radius sumbu lajur sebelah dalam (m)

Jd = Jarak pandangan (m)

L = Panjang tikungan (m)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi dalam masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median. Sering kali disebut juga sebagai penampang memanjang jalan. (Silvia,Sukirman,1999).

2.6.1 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditentukan untuk berbagai variasi kecepatan rencana, dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya jarak pendek.

Tabel 2.20 Landai Maksimum

Landai Max (%)	3	3	4	5	6	7	10	10
V_R (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	<40

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya, 1997)

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 tidak lebih dari satu menit. (Hamirhan Saodang, 2004)

Tabel 2.21 Tabel Panjang Kritis

Kecepatan pada awal tanjakan (Km/Jam)	Kelandaian Maksimum (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Geometrik Jalan, Hamirhan Saodang, 2004)

2.6.2 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan mempergunakan lengkung vertikal. Pergantian dari satu kelandaian ke kelandaian yang lain dilakukan dengan menggunakan lengkung vertikal. Titik perpotongan dua bagian tangent vertikal dinamakan Titik Perpotongan Vertikal (TPV), dikenal dengan nama Point of Vertikal Intersection (PVI) atau sering disebut Poin Perpotongan Vertikal (PPV).

Lengkung Vertikal berbentuk lengkung parabola sederhana. Penentuan panjang lengkung vertikal dan elevasi setiap titik pada lengkung digunakan asumsi sebagai berikut :

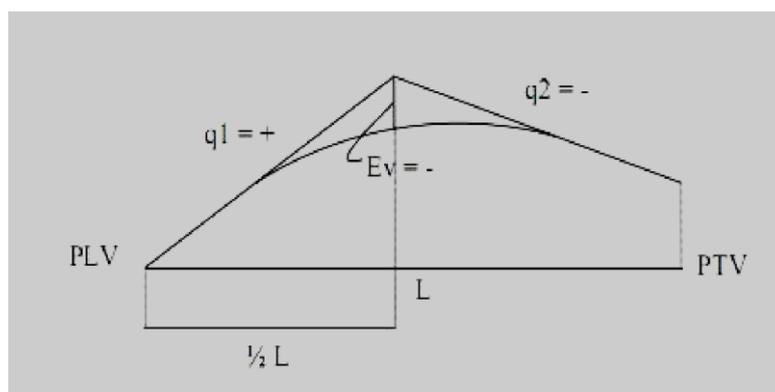
Lengkung vertikal terdiri dari dua jenis yaitu :

a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung, yaitu lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada dibawah permukaan jalan.

Lengkung Vertikal Cembung, adalah lengkung dimana titik PPV berada diatas permukaan jalan. Lengkung Vertikal Cembung dirancang berbentuk parabola, sedangkan panjang lengkung ditentukan dengan memperhatikan hal hal sebagai berikut :

- (1). Jarak pandang
- (2). Drainase
- (3). Kenyamanan



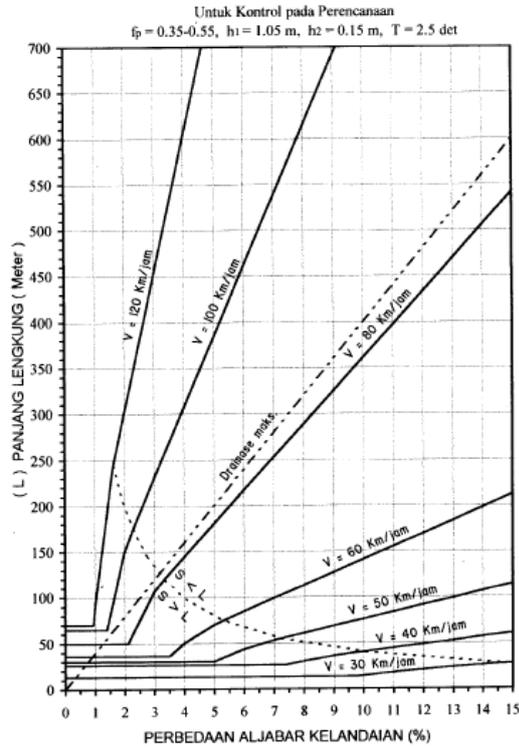
Gambar 2.13 Lengkung Vertikal Cembung

Ketentuan tinggi menurut Bina Marga (1997) untuk lengkung cembung seperti pada **tabel 2.22**

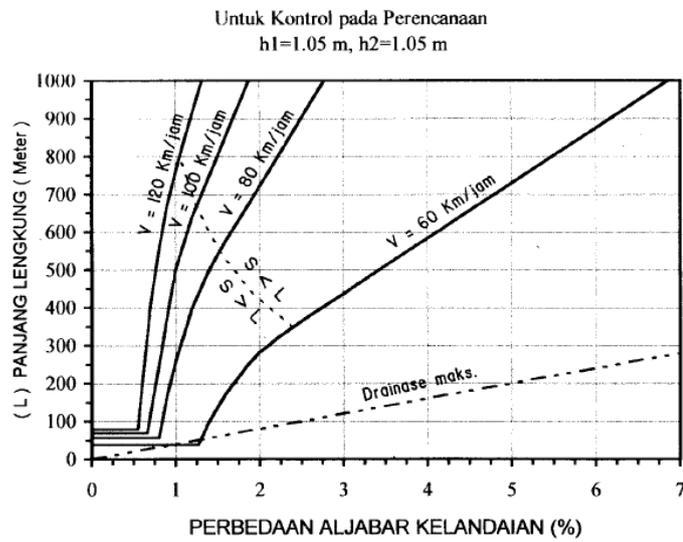
Tabel 2.22 Ketentuan Tinggi jenis Jarak Pandang

Untuk Jarak Pandang	h1 (m) Tinggi Mata	h2 Tinggi Objek
Henti (Jh)	1,05	0,15
Mendahului (Jd)	1,05	1,05

(Sumber : TPGJAK No. 038/T/BM/1997)



Gambar 2.14 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung

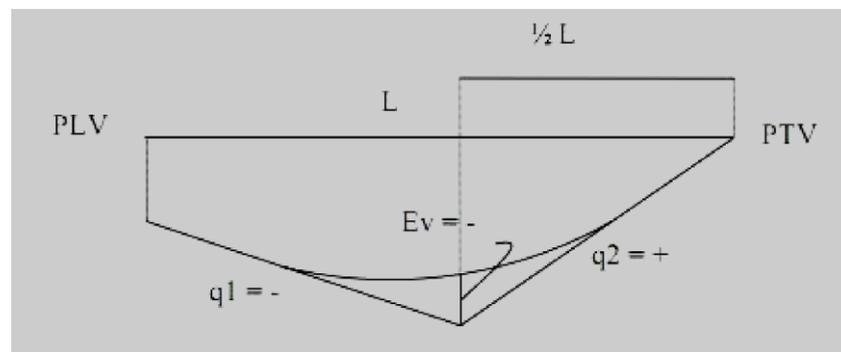


Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan jarak pandang mendahului (J_d)

b. Lengkung Vertikal Cekung

Tidak ada dasar yang dapat digunakan untuk menentukan panjang lengkung cekung vertikal (L), akan tetapi ada empat kriteria sebagai pertimbangan yang dapat digunakan, yaitu:

- a. Jarak sinar lampu besar dari kendaraan
- b. Kenyamanan pengemudi
- c. Ketentuan drainase
- d. Penampilan secara umum



Gambar 2.16 Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Didalam perencanaan jalan antar kota diusahakan agar volume galian sama dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal memungkinkan kita untuk menghitung banyaknya volume galian dan timbunan. Langkah-langkah perhitungan galian dan timbunan :

- a. Penentuan stasioning sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinyemen horizontal (trase).
- b. Gambarkan profil memanjang (alinyemen vertikal) untuk memperlihatkan perbedaan tinggi muka tanah asli dengan tinggi muka perkerasan yang akan direncanakan.
- c. Gambarkan profil melintang pada tiap titik stasioning sehingga dapat luas penampang galian dan timbunan.

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

Tabel 2.23 Contoh Perhitungan Galian Dan Timbunan

STA	Luas (m ²)		Jarak (m)	Volume (m ³)	
	Galian	Timbunan		Galian	Timbunan
0+000	A	B	L	$\frac{A + C}{2} \times L$ $= E$	$\frac{B + D}{2} \times L = F$
0+100	C	D			
JUMLAH				ΣE	ΣF

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

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasann

Perkerasan jalan adalah kontruksi yang dibangun diatas lapisan tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk menopang beban lalu lintas.

(Shirley, 2000). Jenis kontruksi perkerasan pada umumnya ada dua jenis, yaitu :

1) Perkerasan lentur (*flexible pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

2) Perkerasan kaku (*rigid pavement*)

Yaitu perkerasan yang menggunakan semen (PC) sebagai bahan pengikat. Plat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah. Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh plat beton.

3) Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur,

dimana dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur (Sukirman, 1999).

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a) Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b) Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c) Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d) Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (subbase) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.8.1 Jenis dan Fungsi Lapis Perkerasan Lentur

- a) Perkerasan lentur pada permukaan tanah asli



Gambar 2.17 Perkerasan Lentur Pada Permukaan Tanah Asli

b) Perkerasan lentur pada timbunan



Gambar 2.18 Perkerasan Lentur pada timbunan

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Lapis permukaan merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, stabilitas tinggi dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

- a) Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan mempunyai stabilitas tinggi menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b) Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap kelapisan dibawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c) Lapis aus (*wearing course*), yaitu lapisan yang langsung mengalami gesekan akibat rem kendaraan, sehingga mudah aus.
- d) Lapisan yang menyebarkan beban kelapisan bawah.

2. Lapisan pondasi (*Base Course*)

Lapis pondasi adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Jika tidak digunakan lapis pondasi bawah, maka lapis pondasi diletakkan langsung diatas permukaan tanah dasar.

Adapun fungsi dari lapisan pondasi yaitu sebagai:

- a) Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya vertikal dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b) Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c) Bantalan atau perletakan lapis permukaan.

Material yang digunakan untuk lapis pondasi adalah material yang cukup kuat dan awet sesuai syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan. Lapis pondasi dapat dipilih lapis berbutir tanpa pengikat atau lapis dengan aspal sebagai pengikat.

3. Lapisan pondasi bawah (*Sub Base Course*)

Lapis pondasi bawah adalah lapis perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar.

Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah :

- a) Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b) Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif mudah agar lapisan-lapisan diatasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
- c) Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapisan pondasi.

Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

4. Lapisan tanah dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah (*subgrade*) merupakan 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.

Mutu persiapan lapis tanah dasar sebagai perletakan struktur perkerasan jalan sangat menentukan ketahanan struktur dalam menerima beban lalu lintas selama masa pelayanan.

Masalah-masalah yang sering ditemui terkait dengan lapis tanah dasar adalah :

1. Perubahan bentuk tetap dan rusaknya struktur perkerasan jalan secara menyeluruh.
2. Sifat mengembang dan menyusut pada jenis tanah yang memiliki sifat plastisitas tinggi. Perubahan kadar air tanah dasar dapat berakibat terjadinya retak dan atau perubahan bentuk.
3. Perbedaan daya dukung tanah akibat perbedaan jenis tanah.
4. Perbedaan penurunan akibat terdapatnya lapis tanah lunak dibawah lapisan tanah dasar.

Kondisi geologi yang dapat berakibat terjadinya patahan.

2.8.2 Kriteria Perancangan

- 1) Lalu lintas
 - a. Jumlah lajur dan tebal 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 tabel lebar perkerasan berikut :

Tabel 2.24 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur
$L < 4,5 \text{ m}$	1
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00 \text{ m}$	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 demikian, koefisien distribusi kendaraan (D_L) dapat menggunakan pendekatan sesuai pada tabel berikut:

Tabel 2.25 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

Keterangan : *) Mobil Penumpang

***) Truk dan Bus

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

c. Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (LEF)

Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan (*Load Equivalency Factor*, LEF) setiap kelas kendaraan adalah sesuai dengan beban sumbu setiap kelas kendaraan, yaitu konfigurasi sumbu tunggal, sumbu ganda (tandem), dan sumbu tiga (triple). Faktor ekuivalen beban sumbu kendaraan dapat dihitung sesuai persamaan dibawah ini

$$LEF = \frac{W_{t18}}{W_{tx}}$$

$$\text{Log} \left(\frac{W_{tx}}{W_{t18}} \right) = 4,79 \log (18+1) - 4,79 \log (Lx + L2) + 4,33 \log L2 +$$

$$\frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(Lx+L2)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19} \cdot L2^{3,23}}} - \frac{\text{Log} \left(\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right)}{0,40 + \frac{0,081(18+1)^{3,23}}{(SN+1)^{5,19}}}$$

Keterangan :

- LEF : Angka yang menyatakan perbandingan tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh suatu lintasan beban sumbu kendaraan terhadap tingkat kerusakan yang ditimbulkan oleh satu lintasan beban sumbu standar.
- Wtx : Angka beban sumbu x pada akhir waktu t
- Wt18 : Angka 18-kip (80 Kn) beban sumbu tunggal untuk waktu t
- Lx : Beban dalam kip pada satu sumbu tunggal atau pada sumbu ganda (tandem), atau satu sumbu tridem
- L2 : Kode beban (1 untuk poros tunggal, 2 untuk poros tandem, 3 untuk as roda tridem)
- SN : Nilai structural, yang merupakan fungsi dari ketebalan dan modulus setiap lapisan dan kondisi drainase dari fondasi dan fondasi bawah
- ΔIP : Perbedaan antara indeks pelayanan awal pada umur rencana (IPO) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)
- IPf : Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

d. Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w18)

Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana (w18) diberikan dalam komulatif beban sumbu standar. Untuk mendapatkan lalu lintas pada lajur rencana ini, digunakan persamaan berikut :

$$w18 = 365 \cdot DL \cdot \hat{w}18$$

Keterangan :

- w18 : Akumulasi lalu lintas pada lajur rencana per tahun
- DL : Faktor distribusi lajur pada lajur rencana
- $\hat{w}18$: Akumulasi beban sumbu standar komulatif per hari, sesuai persamaan dibawah ini

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

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 :

$$W_t = W_{18} = w_{18} \cdot \left(\frac{(1+g)^n - 1}{g} \right)$$

Keterangan :

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

w_{18} : Beban sumbu standar komulatif selama 1 tahun pada lajur rencana

n : Umur rencana pelayanan (tahun)

g : Perkembangan lalu lintas (%)

2) Tingkat kepercayaan (*reliabilitas*)

Penyertaaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian ke dalam proses perancangan, yaitu dalam rangka memastikan bahwa berbagai alternatif 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 (*survive*) selama umur rencana yang ditetapkan.

Pada umumnya, dengan meningkatnya volume lalu-lintas dan kesukaran untuk mengalihkan lalu-lintas, resiko tidak memperlihatkan kinerja yang diharapkan harus ditekan. Hal ini dapat diatasi dengan memilih tingkat *reliabilitas* yang lebih tinggi. **Tabel 2.26** memperlihatkan rekomendasi tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan.

Perlu dicatat bahwa tingkat reliabilitas yang lebih tinggi menunjukkan jalan yang melayani lalu-lintas paling banyak, sedangkan tingkat yang paling rendah, 50 % menunjukkan jalan lokal.

Reliabilitas kinerja perancangan dikontrol dengan faktor reliabilitas (FR) 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 standar deviation, S_0) yang memperhitungkan kemungkinan variasi perkiraan lalu lintas dan perkiraan kinerja untuk w_{18} yang diberikan. Dalam persamaan perancangan perkerasan lentur, tingkat kepercayaan (R) diakomodasi dengan parameter deviasi normal standar (standard normal deviate, ZR). **Tabel 2.27** memperlihatkan nilai ZR untuk tingkat pelayanan tertentu. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.26 Rekomendasi Tingkat Reliabilitas Untuk Berbagai 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 reliability harus memperhatikan langkah-langkah berikut ini :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.23
- Deviasi standar (S_0) harus dipilih yang mewakili kondisi setempat
Rentang nilai s_0 adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.27 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

Klasifikasi drainase pada perkerasan jalan lentur berdasarkan fungsinya adalah drainase permukaan (surface drainage) dan drainase bawah permukaan (sub surface drainage).

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 maupun NCHRP 1-37A 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 dibawah ini :

$$t = T50 \cdot md \cdot 24$$

Keterangan :

t : Time-to-drain (jam)

T50 : Time factor

md : faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tebal lapisan drainase

Nilai time faktor (T50) ditentukan oleh geometrik dari lapisan drainase. Geometrik lapisan drainase terdiri atas resultan kemiringan (resultan slope, SR), resultan panjang pengaliran (*resultant length*, LR) dan ketebalan dari lapisan drainase. Nilai SR dan LR diperoleh berdasarkan pada panjang nyata dari lapisan drainase dan dihitung dengan menentukan terlebih dahulu kemiringan melintang (S_x) dan kemiringan memanjang (S). (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012) Faktor-faktor geometri tersebut dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringan (*slope factor*, S1) dengan persamaan berikut :

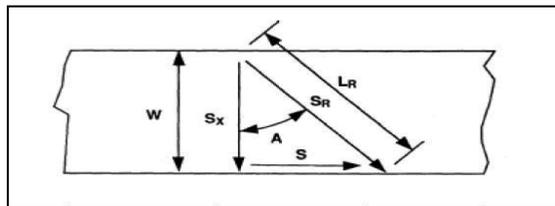
$$S1 = \frac{L_R \cdot S_R}{H}$$

Keterangan :

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

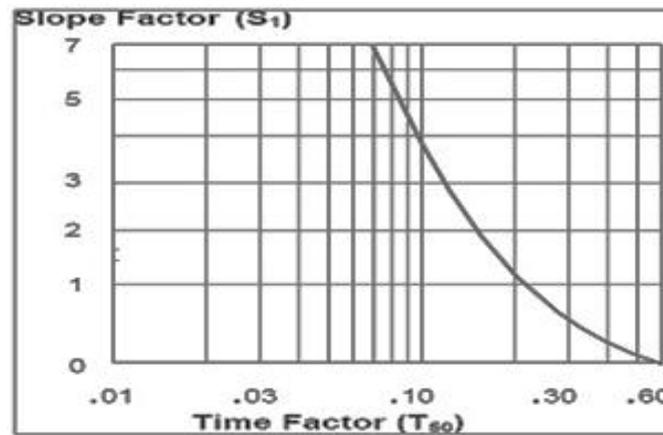
$$L_R = W \left(1 + \left(\frac{S}{S_x} \right)^2 \right)^{1/2}$$

H : Tebal dari lapisan permeable (ft)



Gambar 2.19 Geometri Jalan (ERES-1999 Dalam LRRB-2009)

Untuk menentukan nilai T digunakan suatu grafik T_{50} seperti pada **Gambar 2.20**, grafik ini hanya dapat digunakan untuk satu derajat kejenuhan saja yaitu derajat kejenuhan 50%.



Gambar 2.20 Grafik Time Factor Untuk Derajat Kejenuhan 50%

Nilai “ m_d ” pada dihitung dengan persamaan berikut :

$$m_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{k \cdot H}$$

Keterangan :

- n_e : Porositas efektif lapisan drainase
- k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai Persamaan 2.8 atau Gambar 2.24.
- L_R : Resultan panjang (feet)
- H : tebal lapisan drainase dalam feet

$$k = \frac{6,214 \cdot 10^5 \cdot D_{10}^{1,478} \cdot n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}}$$

Keterangan :

- k : Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari
 P₂₀₀ : Berat agregat yang lolos saringan no 200 dalam persen
 D₁₀ : Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan
 n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relative dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup:

- a) Menghitung porositas material.

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right)$$

Keterangan:

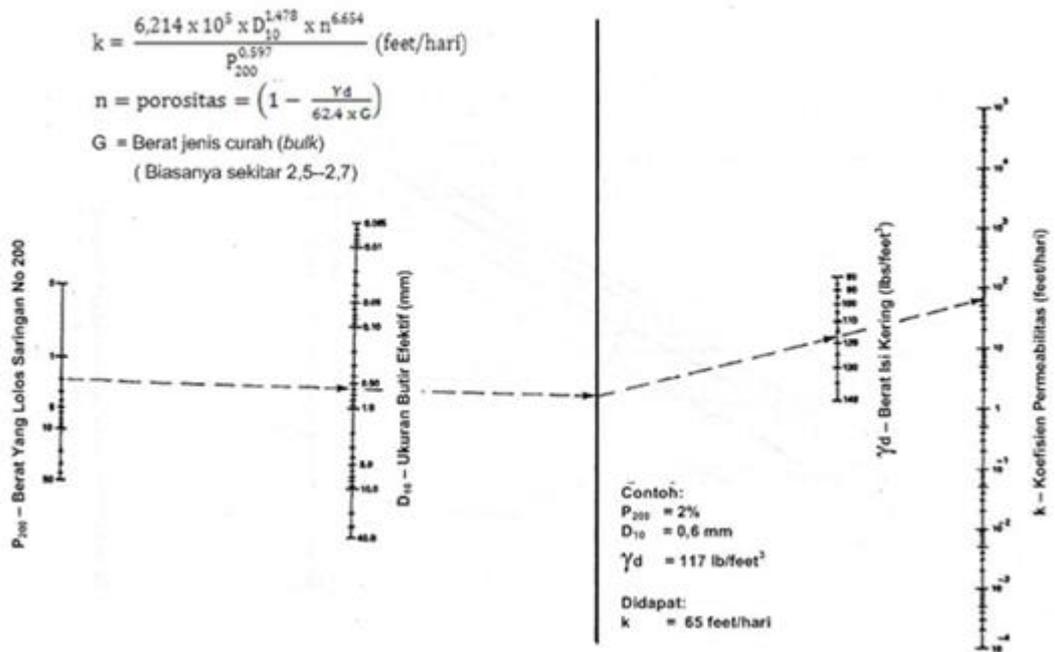
- n : Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total berat.

γ_d : Kepadatan kering dalam lb/ft³

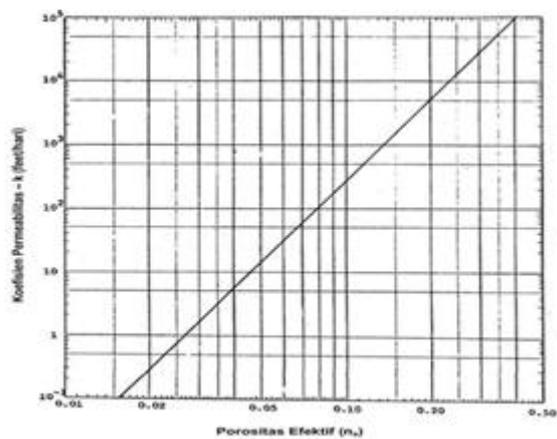
G : Berat jenis curah (*bulk*), biasanya sekitar 2,5-2,7

b) Menghitung porositas efektif lapisan drainase.

Nilai porositas efektif (n_e) dapat menggunakan **Gambar 2.22**



Gambar 2.21 Grafik Untuk Mengestimasi Koefisien Permeabilitas Drainase Granual Dan Material Filter (FHWA, 1990)



Gambar 2.22 Grafik Untuk Menetapkan Porositas Efektif, N_e (FHWA, 1990)

c) Menghitung resultan kemiringan (slope resultant).

$$SR = (S^2 + Sx^2)^{1/2}$$

Keterangan :

S_R : Resultan kemiringan (%)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_X : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

d) Menghitung resultan panjang (*length resultant*)

$$LR = W \left(1 + \left(\frac{S}{Sx} \right)^2 \right)^{1/2}$$

Keterangan :

L_R : Resultan panjang (feet)

W : Lebar lapisan drainase (feet)

S : Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_X : Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

Koefisien drainase untuk mengakomodasi kualitas system drainase yang dimiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas drainase disajikan pada **Tabel 2.28**.

Tabel 2.28 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 mengalir

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Kualitas drainase pada perkerasan lentur diperhitungkan dalam perancangan dengan menggunakan koefisien kekuatan relatif yang dimodifikasi. Faktor untuk memodifikasi koefisien kekuatan relatif ini adalah koefisien drainase (m) dan disertakan ke dalam Persamaan Nilai Struktural (*Structural Number*, SN) bersama-sama dengan koefisien kekuatan relatif (a) dan ketebalan (D).

Tabel 2.29 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.

Tabel 2.29 Koefisien Drainase (M)

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

Pada metode ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan “indeks pelayanan (IP) saat ini” (*present serviceability index*, PSI), yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*roughness*) dan kerusakan (alur, retak dan tambalan). Nilai PSI berkisar antara 0 sampai 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 indeks pelayanan akhir.

Indeks pelayanan awal (IP_0) 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 (IP_t) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat atau direkonstruksi. Untuk jalan- jalan utama, indeks pelayanan akhir yang 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 (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.7.

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0), perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana. Pada Tabel 2.27 disajikan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk beberapa jenis lapis perkerasan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.30 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Akhir Umur Rencana (Ipt)
Bebas Hambatan	>2,5
Arteri	>2,5
Kolektor	>2,0

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.31 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IP₀)

Jenis lapis Perkerasan	IP ₀
Lapis beton aspal (Laston/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (laston Modifikasi /AC-mod)	> 4
Lapis tipis beton aspal (Laston /HRS)	> 4

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

5) Daya dukung tanah dasar

Karakteristik bahan perkerasan pada pedoman ini ditetapkan berdasarkan modulus elastis atau modulus resilien. Untuk tanah dasar, modulus resilien harus ditentukan melalui pengujian di laboratorium (menurut AASHTO T 274) terhadap contoh yang representatif pada tekanan dan kondisi kadar air yang mencerminkan tekanan dan kadar air di lapangan.

– CBR segmen jalan

Jalan dalam arah memanjang cukup panjang dibandingkan dengan jalan dengan arah melintang. Jalan tersebut dapat saja melintasi jenis tanah dan keadaan medan yang berbeda-beda. Kekuatan tanah 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 mempunyai satu nilai CBR yang mewakili daya dukung tanah dasar dan digunakan untuk perancangan tebal lapisan perkerasan dari segmen tersebut. Nilai CBR segmen dapat ditentukan dengan mempergunakan cara analitis sesuai Manual for Design and

Construction of Asphalt Pavement-Japan Road Association, JRA (1980), yaitu seperti disajikan pada persamaan di bawah ini.

$$\text{CBR segmen} = \text{CBR rata-rata} - \frac{\text{CBR maks} - \text{CBR min}}{F}$$

Keterangan :

CBRsegmen : Nilai CBR yang mewakili pada segmen yang ditinjau

CBRmaksimum : Nilai CBR tertinggi pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRminimum : Nilai CBR terendah pada sepanjang segmen yang ditinjau

CBRrata-rata : Nilai CBR rata-rata pada sepanjang segmen yang ditinjau

F : Koefisien yang disajikan pada **Tabel 2.29**.

Tabel 2.32 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)

Modulus resilien (M_R) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR dan hasil atau nilai tes *soil index*. Korelasi Modulus Resilien dengan nilai CBR (Heukelom & Klomp) berikut ini dapat digunakan untuk tanah berbutir halus (*fine-grained soil*) dengan nilai CBR terendam 10 % atau lebih kecil. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

$$M_R \text{ (psi).} = 1.500 \times \text{CBR}$$

Untuk tanah berbutir dengan nilai CBR terendam di atas 10%, gunakan

persamaan berikut ini.

$$M_R \text{ (psi)} = 3.000 \times \text{CBR}^{0,65}$$

6) Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.30. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

Tabel 2.33 Koefisien Kekuatan Relatif Bahan Jalan (A)

Jenis bahan	Kekuatan bahan					Koefisien kekuatan relatif			
	Modulus elastis		Stabilitas marshal (kg)	Kuat tekan bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
- Laston modifikasi									
-Lapisaus modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
-Lapisantara modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
-Laston									
-lapis aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
-lapis antara	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
-lataston									
-lapis aus	2300 ⁽⁵⁾	340	800				0,350		
2. lapis Pondasi									
Lapis pondasi laston modifikasi	3700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,305	
Lapis pondasi laston	3300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,290	
Lapis pondasi lataston	2400 ⁽⁵⁾	350	800						
Lapis pondasi lapen								0,190	
CMRFB (Cold Mix Recycling Foam Bitumen)					300			0,270	
Beton padat giling	5900	850		70 ⁽³⁾				0,230	

CTB	5350	776		45				0,210	
CTRB	4450	645		35				0,170	
CTSB	4450	645		35				0,170	
CTRSB	4270	619		30				0,160	
Tanah semen	4000	580		24 ⁽⁴⁾				0,145	
Tanah kapur	3900	566		20 ⁽⁴⁾				0,140	
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	84	12				10			0,080

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Keterangan :

- Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang dimodifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditive campuran seperti asbuton butir), termasuk asbuton campuran panas.
- Diameter benda uji 60 inchi
- Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
- Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
- Pengujian modulus elastis menggunakan alat UMMATTA pada temperature 25° c, bebas 2500 N dan rise time 60 ms serta pembuatan benda uji dikondisikan sesuai AASHTO *designation* R 30 – 02 (2006).

7) Pemilihan tipe lapisan beraspal

Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalulintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk). Pada tabel 2.31 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas

rencana dan kecepatan kendaraan. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.34 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalulintas 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 – 1,0	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Laston/HRS)
10 – 30	Lapis beton aspal (Laston/AC)	Lapis beton aspal (Laston/AC)
\geq 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis beton aspal (Laston/AC)

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Catatan : untuk lokasi setempat dengan kecepatan kendaraan <20 km/jam sebaiknya menggunakan perkerasan kaku.

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. Pada **Tabel 2.35** disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis fondasi dan lapis fondasi bawah. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

Tabel 2.35 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(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
- lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- lapis pondasi lapen	2,5	6,5
- Agregat Kelas A	4,0	10,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- CTSB (<i>Cement Treated Subbase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling Subbase</i>)	6,0	15,0
- Beton Padat Giling	6,0	15,0
- Beton Kurus (CBK) atau <i>Lean Mix Concrete (LC)</i>	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(Inchi)	(cm)
- Tanah kapur	6,0	15,0
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

(Sumber : Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012)

2.8.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Metode perencanaan yang diambil untuk menentukan tebal lapisan perkerasan didasarkan perkiraan sebagai berikut :

- a. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus Reaksi Tanah Dasar (k).
- b. Kekuatan beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
- c. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
- d. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*subbase*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yang seragam dibawah dasar beton.

2.8.4 Prosedur perancangan perkerasan lentur

1) Persamaan Dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (*Indeks Tebal Perkerasan*, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned} \text{Log} (W_{18}) = & Z_R \cdot S_0 + 9,36 \times \log_{10} (SN + 1) - 0,2 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \cdot \log_{10} (MR) - 8,07 \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan diatas, penentuan nilai struktural mencakup penentuan besaran-besaran sebagai berikut :

W_{18} (W_t) : yaitu volume kumulatif lalulintas selama umur rencana

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

S_0 : yaitu gabungan standar error untuk perkiraan lalulintas dan kinerja.

ΔIP : yaitu perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur

rencana (IP_0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (Ip_f).

Mr : yaitu modulus resilien tanah dasar efektif (Psi)

Ip_f : yaitu indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

2) Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W_{18}) adalah sesuai prosedur.

3) Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

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

4) Modulus Resilien tanah dasar efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat variasi musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR lapangan kemudian dikorelasikan dengan nilai modulus resilien.

5) Pemilihan tebal lapisan

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

Keterangan :

a_1, a_2, a_3 : koefisien kekuatan lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

$D_1 D_2 D_3$: Tebal lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis Pondasi bawah (inchi) dan tebal minimum untuk setiap jenis bahan.

$m_1 m_2$: koefisien *drainase* lapis permukaan, lapis pondasi atas dan lapis pondasi bawah.

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

6) Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri dari beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan

seksama. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan dibangun.
- Tetapkan indeks pelayanan akhir (Ipt) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR).
- Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang telah ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas 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 relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas.

Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan diatas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah dan diatas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan diatas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai struktural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan diatas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan diatas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan. Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak diatas lapis pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus

resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan diatas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis. (Pedoman perancangan tebal perkerasan lentur, 2012).

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

2.9.1 Rencana Kerja dan Syarat-Syarat

Rencana kerja dan syarat-syarat adalah segala ketentuan dan formasi yang diperlukan terutama hal-hal yang tidak dapat dijelaskan dengan gambar-gambar yang harus dipenuhi oleh parah kontraktor pada saat mengikuti pelelangan maupun pada saat melaksanakan pekerjaan yang akan dilakukan olehnya. Rencana kerja dan syarat-syarat terdiri dari :

- a. Syarat umum
- b. Syarat administrasi
- c. Syarat teknis
- d. Syarat teknis khusus

2.9.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan baik upah maupun bahan dalam sebuah pekerjaan proyek konstruksi, membangun rumah, atau meningkat rumah, gedung, jembatan, masjid, dan lain-lain.

Rencana Anggaran Biaya dibuat berdasarkan uraian pekerjaan

yang disusun menurut jenis pekerjaan yang ada dalam pelaksanaan konstruksi dan disusun berdasarkan gambar kerja dan RKS (Rencana Kerja dan Syarat) dengan memperhitungkan segala biaya pengadaan bahan maupun alat. RAB sendiri terdiri dari :

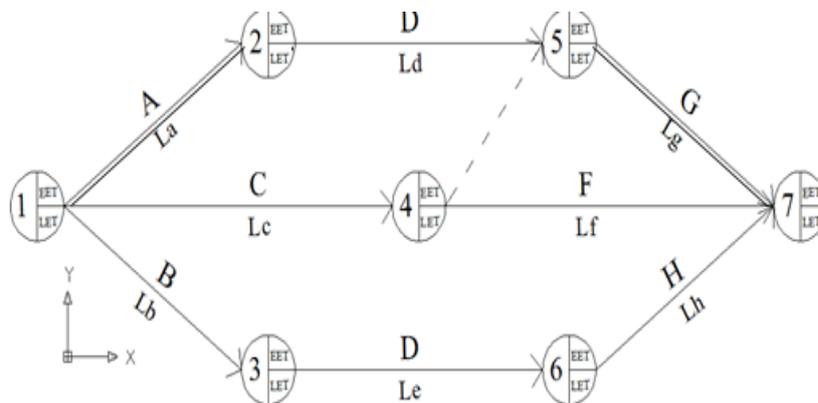
- a. Perhitungan Kuantitas Pekerjaan
- b. Analisa Harga Satuan
- c. Rencana Anggaran Biaya
- d. Rekapitulasi

2.9.3 Network Planning

Network Planning adalah alat manajemen yang memungkinkan dengan lebih luas dan lengkap dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Proyek secara umum didefinisikan sebagai suatu rangkaian kegiatan-kegiatan (aktivitas) yang mempunyai saat permulaan dan yang harus dilaksanakan serta diselesaikan untuk mendapat satu tujuan tertentu. Ini penting untuk digunakan oleh orang yang bertanggung jawab atas bidang-bidang engineering, produksi, marketing administrasi dan lain-lain, di mana setiap kegiatan tersebut tidak merupakan kegiatan rutin. Cara membuat network planning bisa dengan cara manual atau menggunakan software komputer seperti *Ms. Project*. Untuk membuatnya kita membutuhkan data-data yaitu :

- a. 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.
- b. Durasi waktu masing-masing pekerjaan, dapat ditentukan berdasarkan pengalaman atau menggunakan rumus analisa bangunan yang sudah ada.

- c. Jumlah total waktu pelaksanaan pekerjaan.
- d. Metode pelaksanaan konstruksi sehingga dapat diketahui urutan pekerjaan.



Gambar 2.23 Sketsa Network Planning

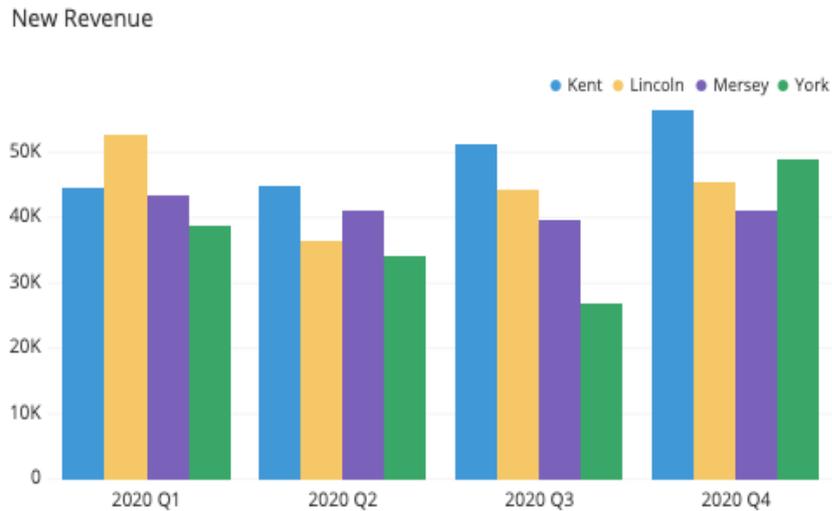
Keterangan :

- a. \longrightarrow (*Arrow*), bentuk ini merupakan anak panah yang artinya aktifitas atau kegiatan. Simbol ini merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan resources tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah nodes, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.
- b. \bigcirc (*Node/event*), bentuknya merupakan lingkaran bulat yang artinya saat peristiwa atau kejadian. Simbol ini adalah permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
- c. \Longrightarrow (*Double arrow*), anak panah sejajar merupakan kegiatan dilintasi kritis (*critikcal path*).
- d. (*Dummy*), bentuknya merupakan anak oanah putus-putus yang artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud dengan aktifitas semu adalah aktifitas

- yang tidak menekan waktu.
- e.  1 = Nomor Kejadian
- EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
- LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan mengambil angka terkecil.
- f. A, B, C, D, E, F, G, H merupakan kegiatan, sedangkan La, Lb, Lc, Ld, Le, Lf, Lg dan Lh merupakan durasi dari kegiatan tersebut.

2.9.4 Barchart

Barchart adalah suatu diagram yang terdiri dari batang-batang yang menunjukkan saat dimulai dan saat selesai yang direncanakan untuk kegiatan-kegiatan pada suatu proyek. Disamping itu juga dapat menunjukkan lamanya pemakaian alat dan bahn-bahan yang diperlukan serta pengaturan hal-hal tersebut tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan. (Wulfram I. Ervianto 2002).



Gambar 2.24 Barchart

2.9.5 Kurva S

Kurva S dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lama waktu yang diperlukan untuk setiap pekerjaan dari tahap pertama sampai berakhirnya pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan dan jumlah harga penawaran. (Wulfram I. Ervianto 2002).

WAKTU PELAKSANAAN (TIME SCHEDULE)																					
PROYEK PEMBANGUNAN insinyurgoblog.com																					
NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA (RP.)	BOBOT (%)	WAKTU PELAKSANAAN																	
				JANUARI				FEBRUARI				MARET				APRIL				KET	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
1	Pekerjaan Pendahuluan	25.697.028,00	6,91	3,5	3,5																
2	pekerjaan Pondasi	64.896.432,00	17,45			5,8	5,8	5,8													
3	Pekerjaan Struktur	120.000.000,00	32,27					8,1	8,1	8,1	8,1										
4	Pekerjaan Dinding Bata	4.300.000,00	1,16						0,3	0,3	0,3	0,3									
5	Pekerjaan Pintu, Kusen, dan Jendela	26.000.000,00	6,99						1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2							
6	Pekerjaan Instalasi Listrik	13.000.000,00	3,50									0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
7	Pekerjaan Sanitasi	18.000.000,00	4,84									0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6		
8	Pekerjaan Atap	75.000.000,00	20,17										4	4	4	4	4	4	4		
9	Perkerjaan finishing	25.000.000,00	6,72													1,3	1,3	1,3	1,3		
	Jumlah	371.893.460,00	100,00																		
	RENCANA PROGRES MINGGUAN (%)			3,5	3,5	5,8	5,8	14	9,5	9,5	11	6,6	6,30	6,30	6,5	6,5	2,4	1,9	1,3		
	KOMULATIF PROGRES MINGGUAN (%)			3,5	6,9	13	19	32	42	51	62	69	75,0	81	88	94	97	99	100		

Gambar 2.35 Kurva S