

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perencanaan Geometrik Jalan

Perencanaan geometrik jalan merupakan bagian dari perencanaan jalan yang dititik beratkan pada perencanaan bentuk fisik sehingga dapat memenuhi fungsi dasar dari jalan yaitu memberikan akses pelayanan yang optimal pada arus lalu lintas sesuai dengan kecepatan yang direncanakan. Tujuan dari perencanaan geometrik adalah menghasilkan infrastruktur yang aman, efisiensi pelayanan arus lalu lintas, dan memaksimalkan ratio tingkat penggunaan atau biaya pelaksanaan. (Sukirman, 1999)

Perencanaan geometrik merupakan bagian dari suatu perencanaan konstruksi jalan, yang meliputi bagian dari suatu perencanaan konstruksi jalan, yang meliputi rancangan pola arah dan visualisasi dimensi nyata dari suatu trase jalan beserta bagian-bagiannya, disesuaikan dengan persyaratan parameter pengendara, kendaraan dan lalu lintas. Melalui perencanaan geometrik, diusahakan untuk dapat menciptakan hubungan serasi antara faktor-faktor yang berkaitan dengan parameter tersebut, sehingga akan dihasilkan suatu efisiensi, keamanan, serta kenyamanan yang paling optimal, dalam batas-batas pertimbangan toleransi yang masih dianggap layak. (Saodang,2004)

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Berdasarkan klasifikasi menurut fungsi jalan terbagi atas:

1. 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.
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.

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

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan sumbu terberat (MST) dalam satuan ton. Klasifikasi menurut kelas jalan dan ketentuannya dapat dilihat dalam tabel 2.1 (Pasal 11, PP No. 43/1993).

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Menurut Kelas Jalan

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

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur. Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Klasifikasi Jalan Menurut Medan Jalan

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

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.2.4 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

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

Tabel 2.3 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

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	< 2.000
3.	Jalan Penghubung	III	-

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

a. Kelas I

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani arus lalu lintas cepat dan berat. Dalam komposisi lalu lintasnya mengabaikan jenis kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor. Konstruksi yang dipakai dari jenis yang terbaik dalam artian tinggi tingkatan pelayanan lalu lintas, sehingga dapat memberikan pelayanan sebaik mungkin. Jalan jenis ini mempunyai sejumlah jalur yang cukup banyak.

b. Kelas II

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

1) Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan raya sekunder dengan dua jalur atau lebih. Kelas jalan ini melayani lalu lintas yang tingkat kecepatannya sedang dan lambat, juga melayani pula kendaraan tak bermotor, Biasanya konstruksi permukaan jalan ini menggunakan aspal beton (hotmix).

2) Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua jalur. Jalan kelas ini melayani kendaraan cepat atau lambat dan tidak bermotor. Biasanya konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau setaraf.

3) Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan raya sekunder dengan jumlah jalur lalu lintas sebanyak dua lajur. Jalan kelas ini melayani kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor, seperti : sepeda motor, kereta dorong, dan kendaraan tak bermotor lainnya. Jalan kelas ini secara umum masih memakai pelaburan aspal biasa atau penetrasi tunggal.

c. Kelas III

Kelas jalan mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalur berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

Untuk menilai setiap kendaraan ke dalam satuan mobil penumpang (smp), bagi jalan-jalan didaerah datar digunakan koefisien dibawah ini sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No.13/1970:

- Sepeda : 0,5
- Mobil Penumpang / Sepeda Motor : 1
- Truk Ringan (Berat Kotor < 5 ton) : 2
- Truk Sedang (Berat Kotor > 5 ton) : 2,5
- Bus : 3
- Truk Berat (Berat Kotor > 10 ton) : 3
- Kendaraan Tak Bermotor : 7

Didaerah perbukitan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedang untuk kendaraan tak bermotor tidak perlu dihitung.

2.2.5 Klasifikasi Menurut Wewenang Pembinaan Jalan

Klasifikasi jalan menurut wewenang pembinaan jalan diatur menjadi beberapa golongan, yaitu:

a. Jalan Nasional

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

b. Jalan Provinsi

Jalan provinsi merupakan jalan kolektor dalam sistem jaringan primer yang menghubungkan ibukota provinsi dengan ibukota kabupaten/kota, atau antar ibukota kabupaten/kota, dan jalan strategis provinsi.

c. Jalan Kabupaten

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

d. Jalan Kota

Jalan kota adalah jalan umum dalam sistem jaringan sekunder yang menghubungkan antarpusat pelayanan dalam kota, menghubungkan pusat pelayanan dengan persil, menghubungkan antara persil, serta menghubungkan antarpusat permukiman yang berada di dalam kota.

e. Jalan Desa

Jalan desa merupakan jalan umum yang menghubungkan kawasan dan/atau antar permukiman di dalam desa, serta jalan lingkungan.

f. Jalan Khusus

Jalan khusus adalah jalan yang dibangun dan dipelihara oleh instansi/badan hukum/perorangan untuk melayani kepentingan

masing-masing. Penetapan status suatu ruas jalan khusus dilakukan oleh instansi/badan hukum/perorangan yang memiliki ruas jalan khusus tersebut dengan memperhatikan pedoman yang ditetapkan oleh Menteri Pekerjaan Umum.

2.3 Karakteristik Geometrik

2.3.1 Tipe Jalan

Tipe jalan menentukan jumlah lajur dan arah pada suatu segmen jalan, untuk jalan-jalan luar kota sebagai berikut:

- a. 2 lajur 1 arah (2/1)
- b. 2 lajur 2 arah tak-terbagi (2/2 TB)
- c. 4 lajur 2 arah tak-terbagi (4/2 TB)
- d. 4 lajur 2 arah terbagi (4/2 TB)
- e. 6 lajur 2 arah terbagi (6/2 TB)

2.3.2 Bagian - Bagian Jalan

1. Lebar Jalur (W_c)

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

2. Lebar Bahu (W_s)

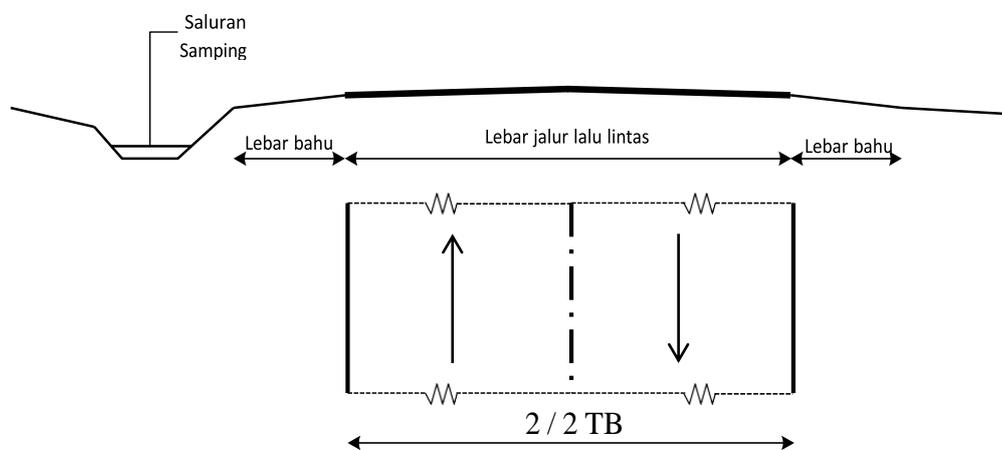
Lebar bahu yaitu terletak disamping jalur lalu lintas direncanakan sebagai ruang untuk kendaraan yang sekali-sekal berhenti, pejalan kaki dan kendaraan lambat.

3. Median (M)

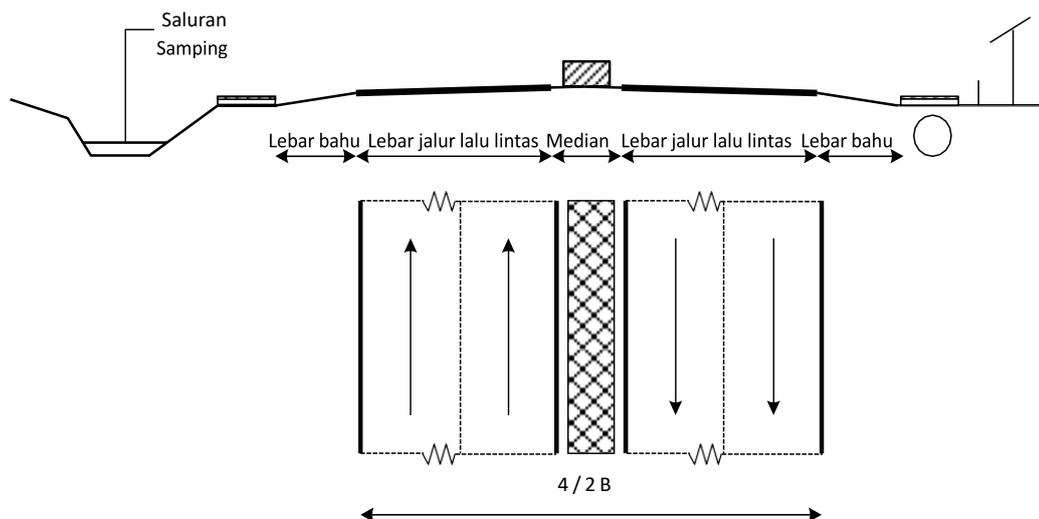
Median yaitu daerah yang memisahkan arah lalu lintas pada suatu segmenjalan, terletak pada bagian tengah (direndahkan / ditinggikan).

Penampang melintang jalan merupakan bagian-bagian jalan yang terdiri dari:

- a. Jalur Lalu Lintas
- b. Median
- c. Bahu Jalan
- d. Jalur Pejalan Kaki
- e. Selokan



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



Gambar 2.2 Tipikal Potongan Melintang Normal dan Denah Untuk 4 / 2 B

Tabel 2.4 Penentuan Lebar Jalur dan Bahu Jalan

VLHR Smp/Hari	Arteri				Kolektor				Lokal			
	Ideal		Minimum		Ideal		Minimum		Ideal		Minimum	
	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu	Jalur	Bahu
< 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	MENGACU PADA		TIDAK DITENTUKAN			
> 25.000	2n x 3,5	2,5	2 x 7,0	2,0	2n x 3,5	2,0	PERSYARAT- AN IDEAL					

$2n \times 3,5 \gg 2 = 2$ jalur; n = jumlah lajur per jalur; $n \times 3,5$ = lebar per lajur

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.3.3 Ruang Penguasaan Jalan

1. Ruang Manfaat Jalan (RUMAJA)

Dibatasi oleh :

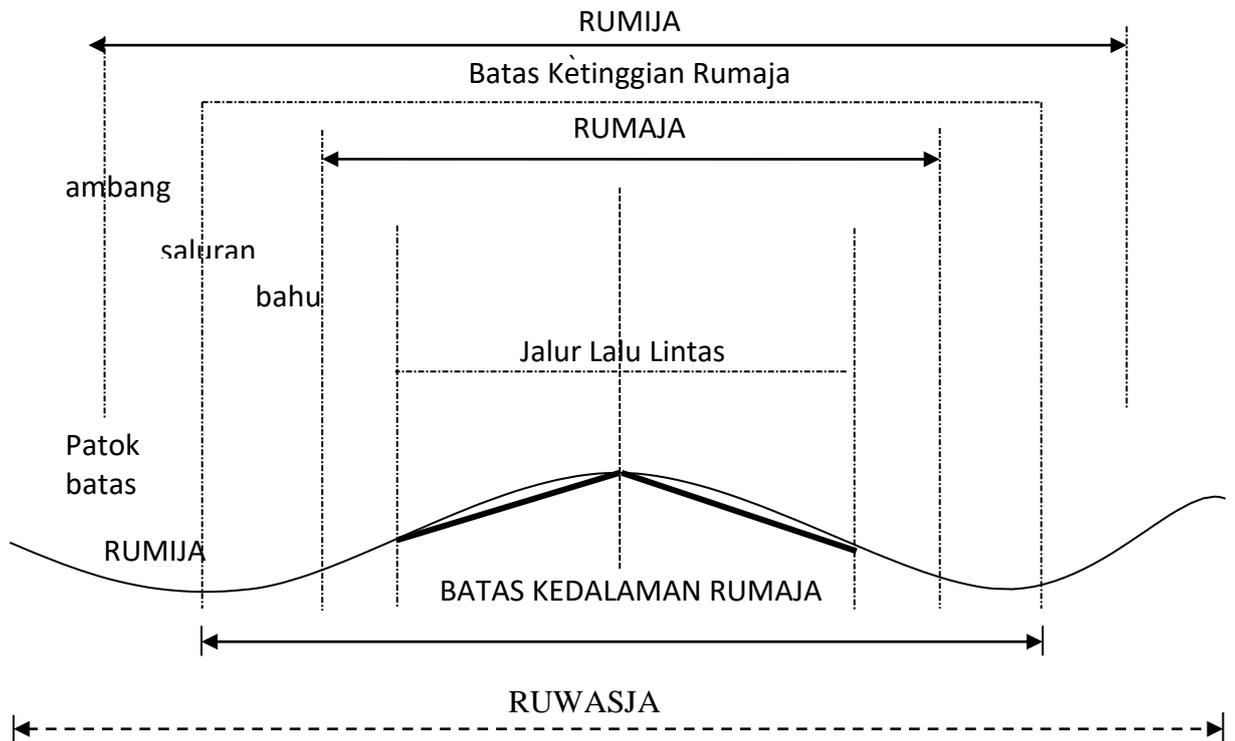
- Lebar antara batas ambang pengaman konstruksi jalan di kedua sisi jalan
- Tinggi 5 meter di atas permukaan perkerasan pada sumbu jalan
- Kedalaman ruang bebas 1,5 meter di bawah muka jalan.

2. Ruang Milik Jalan (RUMIJA)

Ruang Milik Jalan adalah ruang yang dibatasi oleh lebar yang sama dengan rumaja ditambah ambang pengaman konstruksi jalan dengan tinggi 5 meter dan kedalaman 1,5 meter.

3. Ruang Pengawasan Jalan (RUWASJA)

Ruang Pengawasan Jalan adalah ruang sepanjang jalan di luar rumaja yang dibatasi oleh tinggi dan lebar tertentu.



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 :

1. Kendaraan Ringan/Kecil (LV)

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

2. 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).

3. Kendaraan Berat/Besar (LB - LT)

a. Bus Besar (LB)

Bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak asm 5,0 - 6,0 m.

b. Truk Besar (LT)

Truk tiga gandar dan kombinasi tiga, jarak gandar (gandar pertama kedua) < 3,5 m (sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

c. Sepeda Motor (MC)

Kendaraan bermotor dengan 2 atau 3 roda (meliputi : sepeda motor dan kendaraan roda 3 sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

d. Kendaraan Tak Bermotor (UM)

Kendaraan dengan roda yang digerakkan oleh orang atau hewan (meliputi : sepeda, becak, kereta kuda dan kereta dorong sesuai sistem klasifikasi Bina Marga).

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar (cm)		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	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: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.4.2 Komposisi Lalu Lintas

Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR), adalah perkiraan volume lalu lintas pada akhir tahun rencana lalu lintas dinyatakan dalam smp/hari.

1. Satuan Mobil Penumpang (SMP)

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

2. Ekuivalensi 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 2.6 Ekuivalensi Mobil Penumpang

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 Truk Besar	1,2 - 5,0	2,2 - 6,0

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3. Faktor (F)

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

4. Fakor VLHR (K)

Faktor untuk mengubah volume yang dinyatakan dalam VLHR menjadi lalu lintas jam sibuk.

5. Volume Jam Rencana (VJR)

Volume Jam Rencana (VJR) adalah perkiraan volume lalu lintas pada jam sibuk tahun rencana lalu lintas, dinyatakan dalam smp/jam, dihitung dengan rumus :

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

VJR digunakan untuk menghitung jumlah lajur jalan dan fasilitas lalu lintas lainnya yang diperlukan.

Tabel 2.7 Penentuan K dan F Berdasarkan Volume Lalu Lintas Harian Rata-Rata

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: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

6. Kapasitas (C)

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

7. Derajat Kejenuhan (DS)

Rasio volume lalu lintas terhadap kapasitas.

Salah satu satuan volume lalulintas yang umum dipergunakan sehubungan dengan penentuan jumlah dan lebar jalur adalah Lalulintas Harian Rata-rata. Lalulintas Harian Rata-Rata adalah volume lalulintas rata-rata dalam satu hari. Dari cara memperoleh data tersebut dikenal 2 jenis Lalulintas Harian Rata-Rata, yaitu Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT) dan Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR).

a. Lalulintas Harian Rata-Rata Tahunan (LHRT)

LHRT adalah jumlah lalulintas kendaraan rata-rata yang melewati satu jalur jalan selama 24 jam dan diperoleh dari data satu tahun penuh.

Rumus umum :

$$\text{LHRT} = \frac{\text{jumlah lalulintas dalam satu tahun}}{365}$$

LHRT dinyatakan dalam SMP/hari/2 arah atau kendaraan/hari/2arah untuk jalan 2 jalur 2 arah, SMP/hari/1 arah atau kendaraan/hari/1 jalan berjalur banyak dengan median.

b. Lalulintas Harian Rata-Rata (LHR)

LHR adalah hasil bagi jumlah kendaraan yang diperoleh selama pengamatan dengan lamanya pengamatan.

Rumus umum :

$$\text{LHR} = \frac{\text{jumlah lalu lintas selama pengamatan}}{\text{lamanya pengamatan}}$$

2.4.3 Tingkat Pelayanan Jalan

Lebar dan jumlah lajur yang dibutuhkan tidak dapat direncanakan dengan baik walaupun LHR telah ditentukan. Hal ini disebabkan oleh tingkat keamanan dan kenyamanan yang akan diberikan oleh jalan rencana belum ditentukan. Lebar jalur yang dibutuhkan akan lebih lebar jika pelayanan dari jalan diharapkan lebih tinggi. Kebebasan bergerak yang dirasakan oleh pengemudi akan lebih baik pada jalan-jalan dengan kebebasan samping yang memadai, tetapi hal tersebut menuntut daerah manfaat jalan yang lebar pula.

Highway Capacity Manual membagi tingkat pelayanan jalan atas enam keadaan yaitu :

1. Tingkat pelayanan A, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas beban tanpa hambatan.
 - b. Volume dan kepadatan lalulintas rendah.
 - c. Kecepatan kendaraan merupakan pilihan pengemudi.
2. Tingkat pelayanan B, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas stabil.

- b. Kecepatan mulai dipengaruhi oleh keadaan lalulintas, tetapi tetap dapat dipilih sesuai kehendak pengemudi.
3. Tingkat pelayanan C, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas stabil.
 - b. Kecepatan perjalanan dan kebebasan bergerak sudah dipengaruhi oleh besarnya volume lalulintas, sehingga pengemudi tidak dapat lagi memilih kecepatan yang diinginkan.
 4. Tingkat pelayanan D, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas sudah mulai tidak stabil.
 - b. Perubahan volume lalulintas sangat mempengaruhi besarnya kecepatan perjalanan.
 5. Tingkat pelayanan E, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas sudah tidak stabil.
 - b. Volume kira-kira sama dengan kapasitas.
 - c. Sering terjadi kemacetan.
 6. Tingkat pelayanan F, dengan ciri-ciri :
 - a. Arus lalulintas tertahan pada kecepatan rendah.
 - b. Sering kali terjadi kemacetan dan Arus lalulintas rendah.

2.4.4 Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana adalah kecepatan yang dipilih untuk keperluan perencanaan setiap bagian jalan raya seperti tikungan, kemiringan jalan, jarak pandang dan lain-lain. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti tikungan horizontal, kemiringan melintang ditikungan, jarak pandangan maupun secara tak langsung seperti lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang dan lain-lain. Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut.

Kecepatan rencana untuk masing-masing fungsi jalan yang ditetapkan dari tabel 2.8 untuk kondisi medan yang sulit, kecepatan rencana suatu segmen jalan dapat diturunkan dengan syarat bahwa penurunan tersebut tidak lebih dari 20 km/jam.

Tabel 2.8 Kecepatan Rencana Sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan Jalan

FUNGSI JALAN	KECEPATAN RENCANA, V_r (Km/Jam)		
	DATAR	BUKIT	GUNUNG
Arteri	70 - 120	60 - 80	40 - 70
Kolektor	60 - 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 - 70	30 - 50	20 - 30

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.4.5 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan, pengemudi dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman. Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam suatu perencanaan jalan raya untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas adalah sebagai berikut :

1. Jarak Pandang Henti (J_h)

a. Jarak Minimum

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.

b. Asumsi Tinggi

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

c. Elemen

Jarak pandang henti terdiri atas 2 (dua) elemen jarak, yaitu :

- Jarak Tanggap (J_{ht}) adalah jarak yang ditempuh oleh kendaraan sejak pengemudi melihat suatu halangan yang menyebabkan harus berhenti sampai pemengemudi menginjak rem.
- Jarak Pengereman (J_{hr}) adalah jarak yang dibutuhkan untuk menghentikan kendaraan sejak pengemudi menginjak rem sampai kendaraan berhenti.

Tabel 2.9 Jarak Pandang Henti (J_h) Minimum

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

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Jarak Pandang Henti (J_h) dalam satuan meter dapat dihitung dengan rumus:

$$Jh = 0,694 Vr + 0,004 \frac{Vr^2}{Fp}$$

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:

$$Jh = 0,694 Vr + 0,004 \frac{Vr^2}{Fp \pm L}$$

Dimana:

J_h = Jarak pandang henti (m)

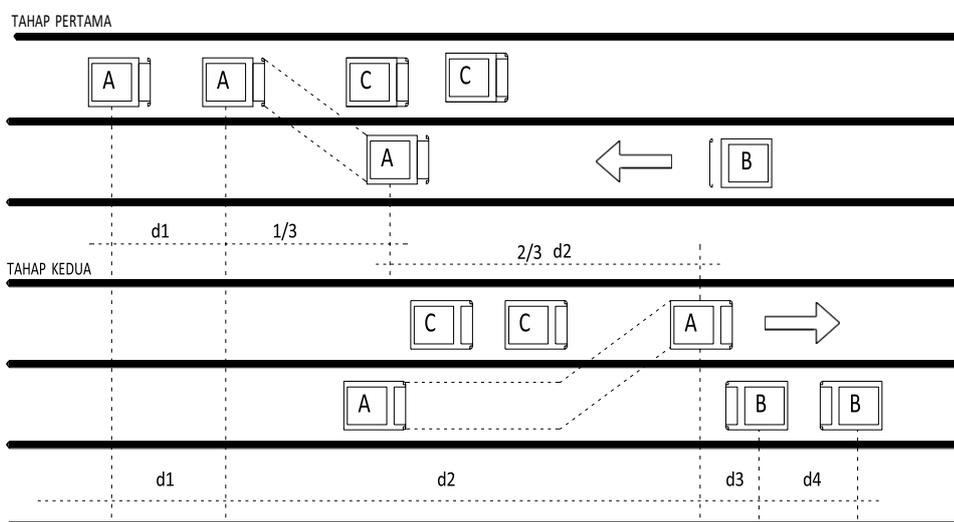
V_R = Kecepatan rencana (km/jam)

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

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

2. Jarak Pandang Mendahului

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke jalur semula. Jarak pandang mendahului di ukur berdasarkan asumsitinggi 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 2.10 dan 2.11



Gambar 2.4 Jarak Pandang Mendahului

Ket :

A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Tabel 2.10 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: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Tabel 2.11 Jarak Pandang Mendahului berdasarkan V_R

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

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

Jarak pandang mendahului (Jd), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$Jd = d_1 + d_2 + d_3 + d_4$$

$$d_1 = 0,278 T_1 \left(V - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V \cdot T_2$$

$$d_3 = \text{diambil } 30 - 100 \text{ meter}$$

(berdasarkan buku dasar-dasar geometrik jalan, penerbit Nova)

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

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 $\frac{2}{3} d_2$ (m)

T_1 = waktu dalam detik, $\infty 2,12 + 0,026 V_R$

T_2 = waktu kendaraan berada di jalur lawan, (detik), $\infty 6,56 + 0,048 V_R$

a = perbedaan rata-rata, $\infty 2,052 + 0,0036 V_R$

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

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan mana situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lurus yang dihubungkan dengan garis lengkung. Garis lengkung tersebut terdiri dari busur lingkaran ditambah busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Sukirman, 1999).

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, di tinjau 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 2.12

Tabel 2.12 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3.000	2.500	2.000
Kolektor	2.000	1.750	1.500

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

2.5.2 Ketentuan Komponen Tikungan

1. Jari-Jari Minimum

Kendaraan pada saat melalui tikungan dengan kecepatan (V) akan menerima gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Untuk mengimbangi gaya sentrifugal tersebut, perlu dibuat suatu kemiringan melintang jalan pada tikungan yang disebut dengan superelevasi (e).

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 2.13

Tabel 2.13 Panjang Jari-Jari Minimum untuk $e_{maks} = 10\%$

V (km/jam)	120	100	90	80	60	50	40	30	20
Jari-Jari Minimum (m)	600	370	280	210	110	80	50	30	15

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

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

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

Keterangan:

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

V = Kecepatan rencana (km/jam)

e_{maks} = Superelevasi maksimum

f = Koefisien

2. 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 2.14 Jari-Jari yang Diizinkan Tanpa Superelevasi

Kecepatan Rencana, V_R (km/jam)	R (m)
60	700
80	1250
100	2000
120	5000

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

3. Lengkung Peralihan

Lengkung peralihan dibuat untuk menghindari terjadinya perubahan alinyemen yang tiba-tiba dari bentuk lurus ke bentuk lingkaran ($R = \infty \rightarrow R = R_c$), jadi lengkung peralihan ini diletakkan antara bagian lurus dan bagian lingkaran (*circle*), yaitu pada sebelum dan sesudah tikungan berbentuk busur lingkaran.

Lengkung peralihan dengan bentuk spiral(*clothoid*) banyak digunakan juga oleh Bina Marga. Dengan adanya lengkung peralihan, maka tikungan menggunakan jenis S-C-S. panjang lengkung peralihan (L_s), menurut Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 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 antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus Modifikasi Shortt, sebagai berikut:

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

- c. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian:

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

Keterangan:

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/det³

R_c = Jari-jari busur lingkaran (m)

e_m = Superelevasi maksimum

e_n = Superelevasi normal

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kemiringan melintang jalan
(m/m/det)

Untuk $V_R \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/det

Untuk $V_R \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/det

Tabel 2.15 Jari-Jari Tikungan yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

V_R (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
R_{\min} (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)

4. 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:

a. 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 :

1. Lengkung peralihan
2. Kemiringan melintang (superelevasi)
3. Pelebaran Perkerasan Jalan
4. 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 pengemudi 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.

Untuk tikungan yang jari-jari lebih kecil dari harga diatas, maka bentuk tikungan yang dipakai adalah *spiral-circle-spiral*.

Disamping ketentuan jari-jari lengkung minimum diatas ada ketentuan lain yang harus kita penuhi, yaitu :

$$T_c = R_c \tan \frac{1}{2} \Delta$$

$$E_c = T_c \tan \frac{1}{4} \Delta$$

$$T_c = \frac{\Delta 2 \pi R_c}{360^\circ}$$

Keterangan:

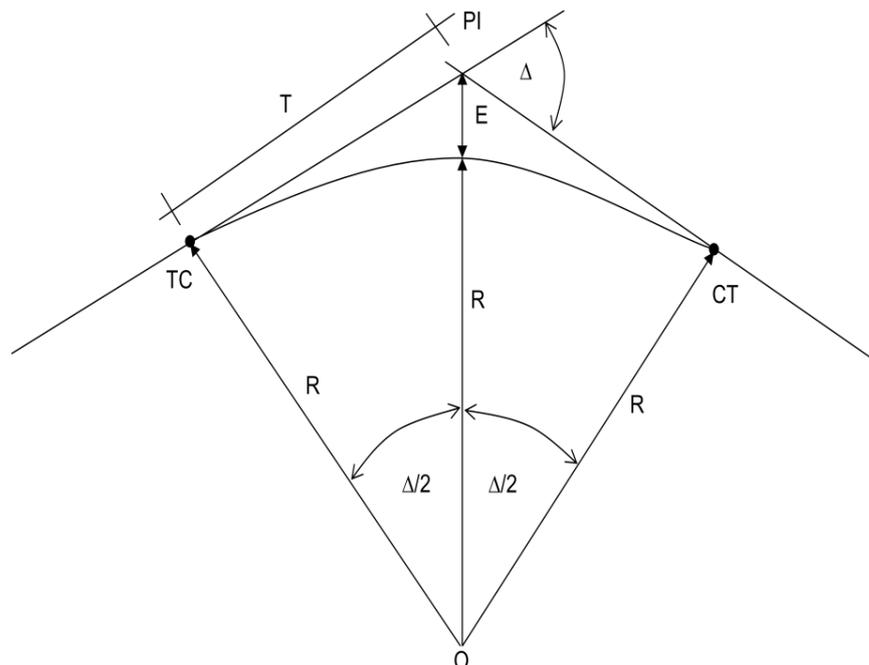
Δ = Sudut tikungan ($^\circ$)

T_c = Jarak TC ke PI (m)

R_c = Jari-jari lingkaran (m)

L_c = Panjang tikungan (m)

E_c = Jarak PI ke lengkung peralihan



Gambar 2.5 Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

Δ = sudut tikungan

T_c = panjang tangen jarak dari TC ke P1 atau P1 ke CTR = jari-jari lingkaran

L' = panjang busur lingkaran

E_c = jarak luar dari P1 ke busur lingkaran

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)

Spiral circle spiral adalah bentuk tikungan dari bagian lurus ke *circle* yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal.

Jenis alinyemen horizontal ini sering dipakai dalam perencanaan suatu jalan, karena tikungan ini memiliki tingkat keamanan dan kenyamanan yang paling tinggi dibandingkan dengan jenis tikungan yang lainnya.

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

Rumus:

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

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

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

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

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

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

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

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

$$L = L + 2L_s$$

Keterangan:

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

Y_s = ordinat titik SC pada garis tegak lurus garis tangen, (m)

L_s = panjang lengkung peralihan (jarak TS-SC atau CS-ST), (m)

L_c = panjang busur lingkaran (jarak SC-CS), (m)

T_s = jarak tangen dari PI ke TS atau ST, (m)

E_s = jarak dari PI ke puncak busur lingkaran, (m)

Δ = sudut tikungan, ($^{\circ}$)

Δ_c = sudut lengkung *circle* ($^{\circ}$)

θ_s = sudut lengkung spiral, ($^{\circ}$)

R = jari-jari tikungan, (m)

p = pergeseran tangen terhadap spiral, (m)

k = absis p pada garis tangen spiral, (m)

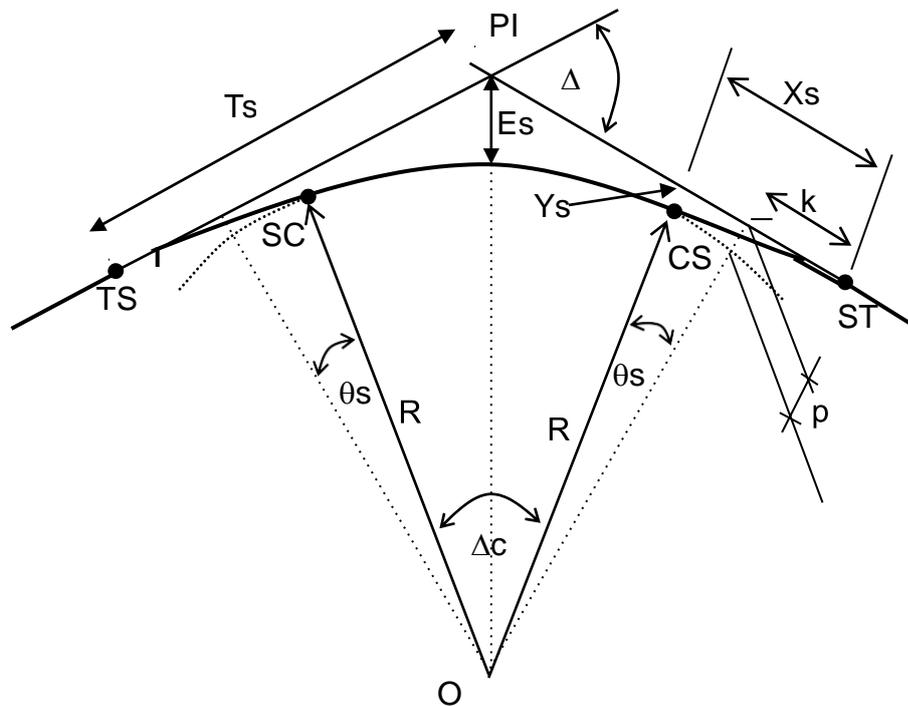
L = panjang tikungan SCS, (m)

Kontrol:

Jika diperoleh $L_c < 25$ m , maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS, yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika P yang di hitung dengan

rumus :

$$P = \frac{Ls^2}{24 Rc} < 0,25 \text{ maka digunakan tikungan jenis FC}$$



Gambar 2.6 Tikungan *Spiral Circle Spiral*

Keterangan :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dan titik TS ke SC

Y_s = Koordinat titik SC pada garis tegak lurus pada garis tangen

L_s = Panjang Lengkung Peralihan

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

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

TS = Titik dari tangen ke *spiral*

SC = Titik dari *spiral* ke lingkaran

E_s = Jarak dari P1 ke lingkaran

R = Jari-jari Lingkaran

P = Pergesekan tangen terhadap *spiral*

K = Absis dari P pada garis tangen *spiral*

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen

θ_s = Sudut lengkung *spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)

Bentuk tikungan ini digunakan pada keadaan yang sangat tajam. Lengkung Horizontal berbentuk *spiral-spiral* adalah lengkung tanpa busur lingkaran, sehingga SC terhimpit dengan titik CS. Adapun semua rumus dan aturannya sama seperti rumus *Spiral Circle Spiral*, yaitu :

Rumus:

$$L_s = \frac{\theta_s \cdot R}{28,648}$$

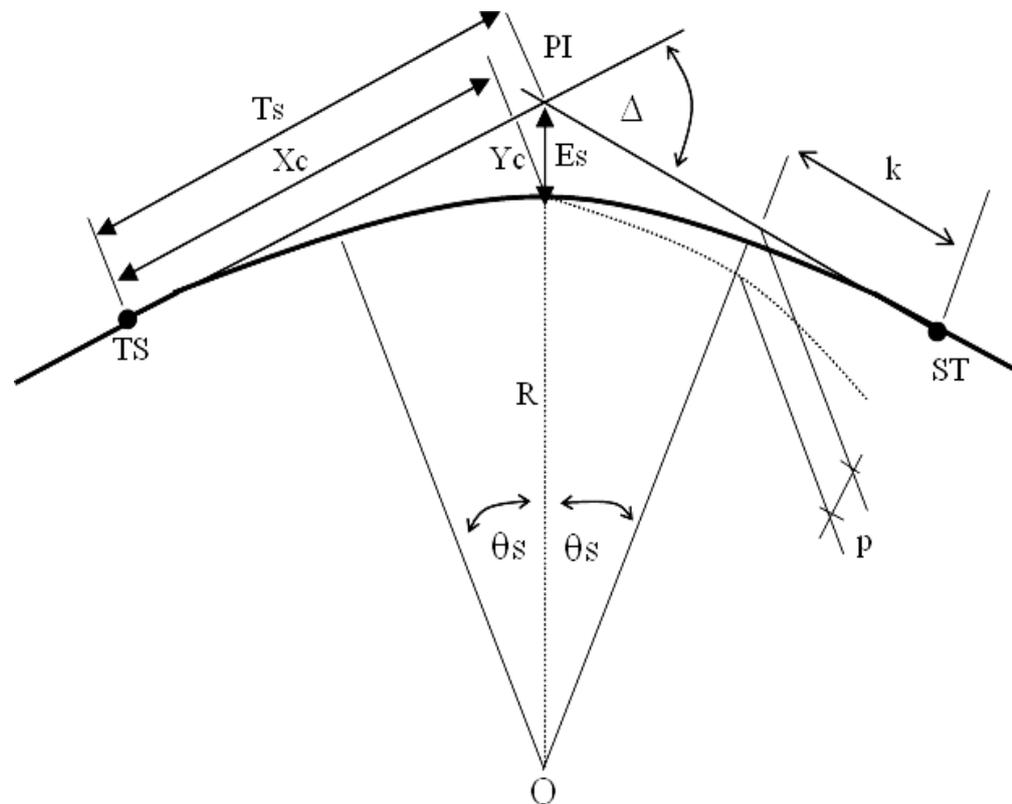
$$T_s = (R + P) \tan \frac{1}{2} \Delta + K$$

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

$$L = 2 \cdot L_s$$

$$K = k^* \cdot L_s$$

$$P = p^* \cdot L$$



Gambar 2.7 Tikungan *Spiral Spiral*

Keterangan :

E_s = Jarak dari P1 ke lingkaran

TS = Titik dari tangen ke *spiral*

T_s = Panjang Tangen dari titik P1 ke titik TS atau ke titik ST

S_c = Titik dari *spiral* ke lingkaran

R = Jari-jari Lingkaran

K = Absis dari P pada garis tangen *spiral*

P = Pergesekan tangen terhadap *spiral*

Tabel 2.16 Besaran p^* dan k^* untuk $L_s = 1$ m

q_s (*)	P^*	K^*	q_s (*)	P^*	K^*	q_s (*)	P^*	K^*
0,5	0,0007272	0,4999987	14.0	0.0206655	0.4989901	27.5	0.0422830	0.4959406
1,0	0,0014546	0,4999949	14.5	0.0214263	0.4989155	28.0	0.0431365	0.4957834
1,5	0,0021820	0,4999886	15.0	0.0221896	0.4988381	28.5	0.0439946	0.4956227
2,0	0,0029098	0,4999797	15.5	0.0229553	0.4987580	29.0	0.0448572	0.4954585
2,5	0,0036378	0,4999683	16.0	0.0237236	0.4986750	29.5	0.0457245	0.4952908
3,0	0,0043663	0,4999543	16.5	0.0244945	0.4985892	30.0	0.0465966	0.4951196
3,5	0,0050953	0,4999377	17.0	0.0252681	0.4985005	30.5	0.0474735	0.4949448
4,0	0,0058249	0,4999187	17.5	0.0260445	0.4984090	31.0	0.0483550	0.4947665
4,5	0,0065551	0,4998970	18.0	0.0268238	0.4983146	31.5	0.0492422	0.4945845
5,0	0,0072860	0,4998728	18.5	0.0276060	0.4982172	32.0	0.0501340	0.4943988
5,5	0,0080178	0,4998461	19.0	0.0283913	0.4981170	32.5	0.0510310	0.4942094
6,0	0,0094843	0,4998167	19.5	0.0291797	0.4980137	33.0	0.0519333	0.4940163
6,5	0,0102191	0,4997848	20.0	0.0299713	0.4979075	33.5	0.0528408	0.4938194
7,0	0,0109550	0,4997503	20.5	0.0307662	0.4977983	34.0	0.0537536	0.4936187
7,5	0,0116922	0,4997132	21.0	0.0315644	0.4976861	34.5	0.0546719	0.4934141
8,0	0,0124307	0,4997350	21.5	0.0323661	0.4975708	35.0	0.05559557	0.4932057
8,5	0,0131706	0,4993120	22.0	0.0331713	0.4974525	35.5	0.0562500	0.4929933
9,0	0,0139121	0,4995862	22.5	0.0339801	0.4973311	36.0	0.0574601	0.4927769
9,5	0,0146551	0,4995387	23.0	0.0347926	0.4972065	36.5	0.0584008	0.4925566
10,0	0,0153997	0,4994884	23.5	0.0356088	0.490788	37.0	0.0593473	0.4923322

10,5	0,0161461	0,4994356	24.0	0.0364288	0.496979	37.5	0.0602997	0.4921037
11,0	0,0161461	0,4993800	24.5	0.0372528	0.4968139	38.0	0.0612581	0.4918711
11,5	0,0168943	0,4993218	25.0	0.0380807	0.4966766	38.5	0.0622224	0.4916343
12,0	0,0176444	0,4992609	25.5	0.0389128	0.495360	39.0	0.0631929	0.4913933
12,5	0,0183965	0,4991973	26.0	0.0397489	0.4963922	39.5	0.0641694	0.4911480
13,0	0,0191507	0,4991310	26.5	0.0405893	0.4962450	40.0	0.0651522	0.4908985
13,5	0,0199070	0,4990619	27.0	0.0414340	0.4960945			

(Sumber: Sukirman, 1994)

d. 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 *Full Circle* , 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 lereng normal (LN)

Tabel 2.17 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang
Dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

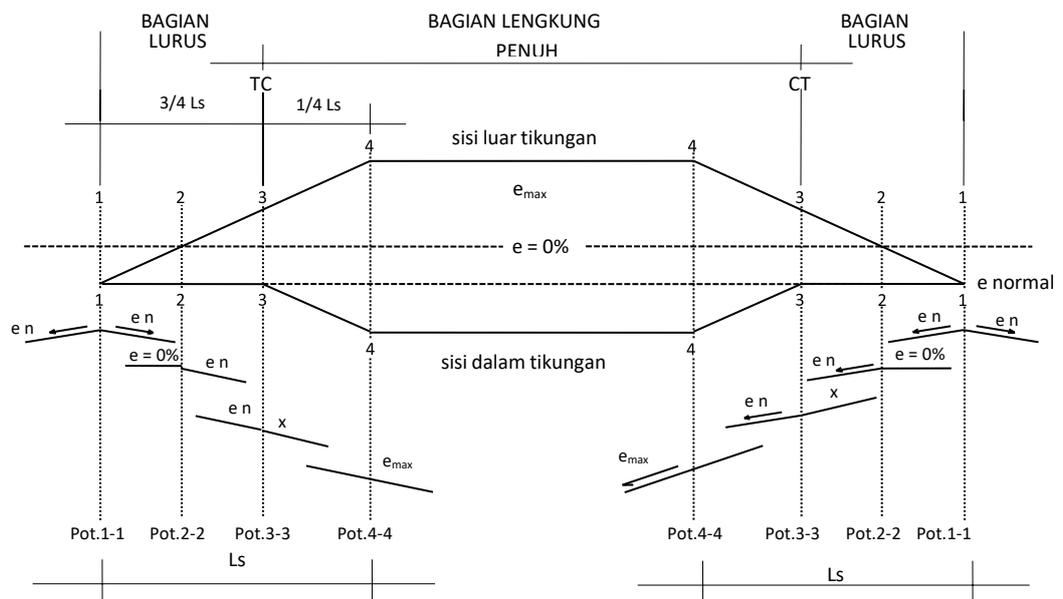
D	R	V=50 km/jam		V=60 km/jam		V=70 km/jam		V=80 km/jam		V= 90 km/jam	
		Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls	Ls
0.250	5730	Ln	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0.500	2865	Ln	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0.750	1910	Ln	45	LP	50	LP	60	0.020	70	0.025	75
1.000	1432	Lp	45	LP	50	0.021	60	0.027	70	0.033	75
1.250	1146	Lp	45	LP	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: Sukirman, 1994)

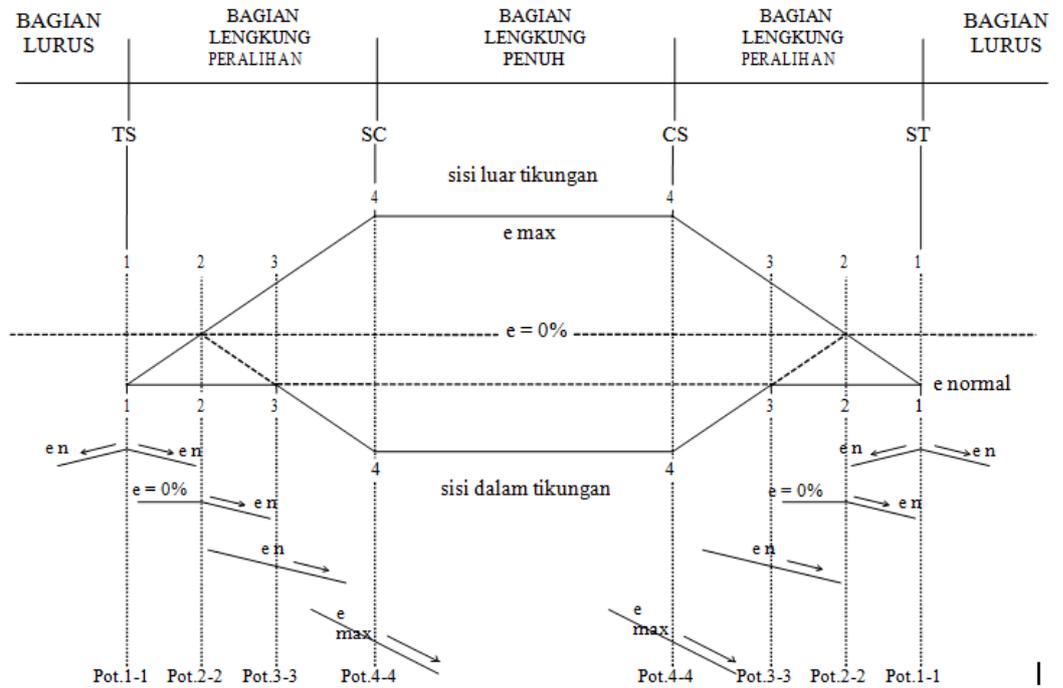
Diagram Superelevasi

a. Tikungan *Full Circle* (FC)



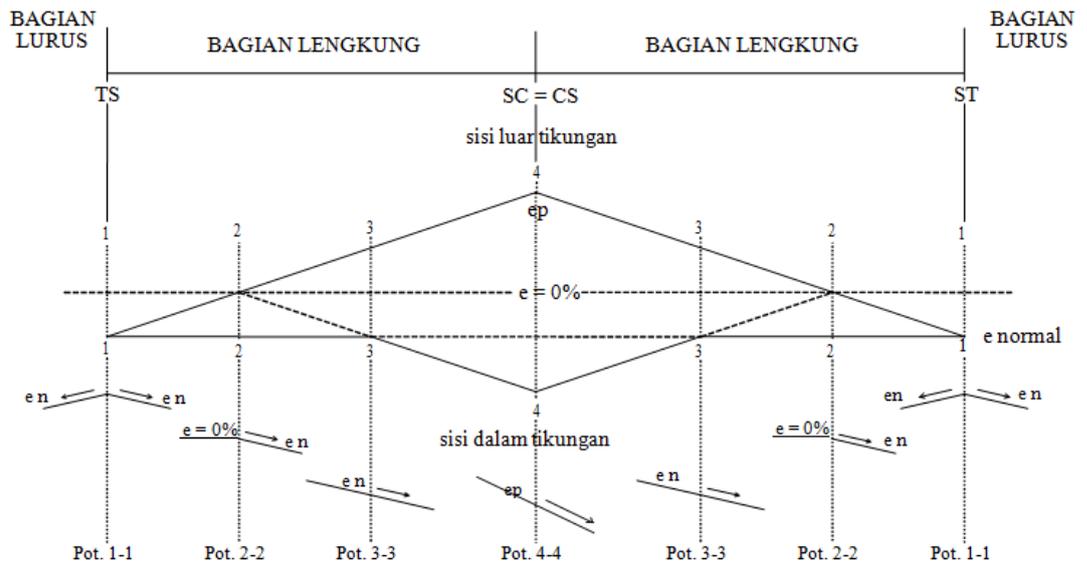
Gambar 2.8 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Full Circle*

b. Tikungan *Spiral Circle Spiral* (SCS)



Gambar 2.9 Pencapaian Superelevasi Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

c. Tikungan *Spiral Spiral* (SS)



Gambar 2.10 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 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 $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right)$$

Dimana:

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

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

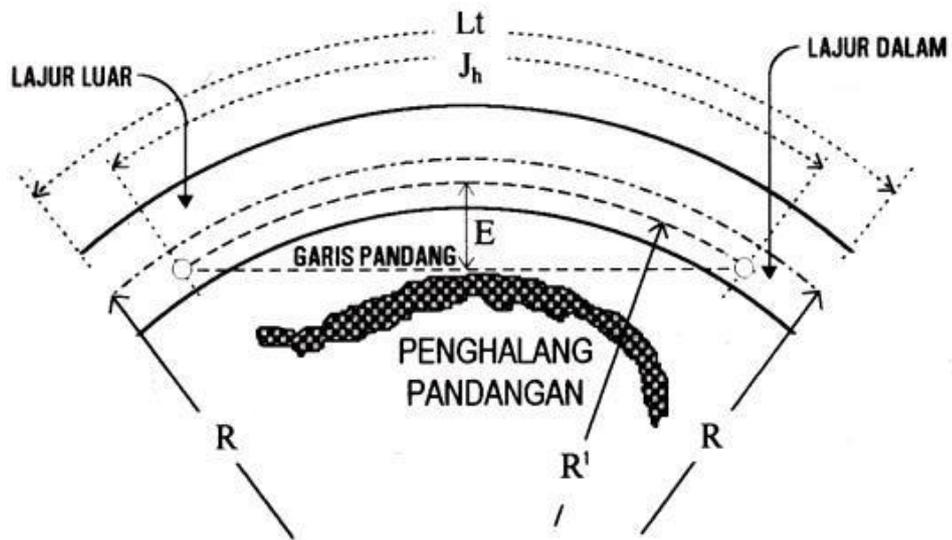
J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang Tikungan (m)

Tabel 2.18 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J = 16$	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	$R_{\max} \times = 50$					
30		$R_{\max} = 30$						
20	1,6							
15	2,1							
	$R_{\max} = 15$							

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)



Gambar 2.11 Daerah Bebas Samping Di Tikungan Untuk $J_h < L_t$

b. Jika $J_h > L_t$

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

Dimana:

E = jarak bebas samping (m)

R = jari-jari tikungan (m)

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

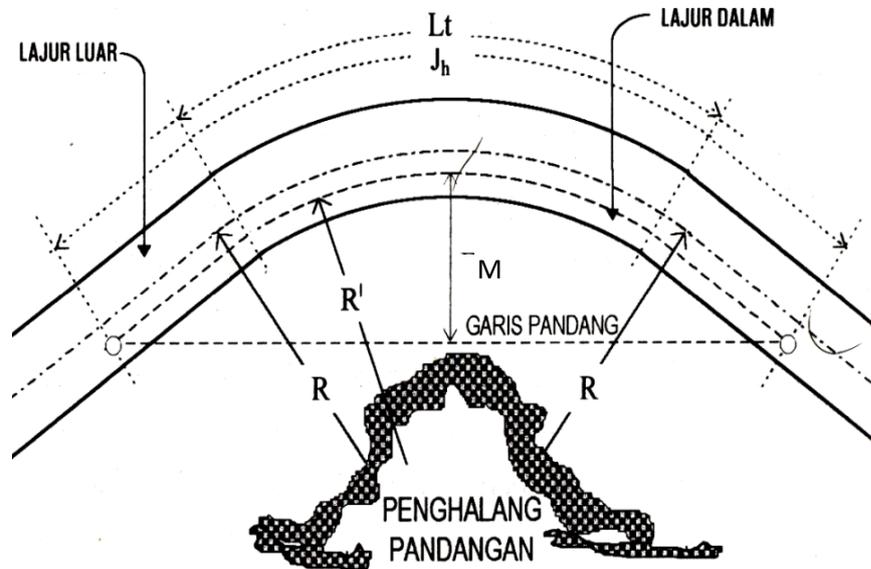
J_h = jarak pandang henti (m)

L_t = panjang Tikungan (m)

Tabel 2.19 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R (m)	$V_R = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J = 16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	$R_{max} = 500$
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{max} = 350$	
250			1,8	2,9	4,7	10,1		
200			2,2	3,6	5,8	$R_{max} = 210$		
175		1,5	2,6	4,1	6,7			
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	$R_{max} = 115$			
100		2,6	4,5	7,2				
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{max} = 80$				
60	2,2	4,3	7,4					
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{max} \times = 50$					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{max} = 30$						
15	8,4							
	$R_{max} = 15$							

(Sumber: Direktorat Jendral Bina Marga, 1997)



Gambar 2.12 Daerah Bebas Sampung Di Tikungan Untuk $J_h > L_t$

Keterangan Rumus:

$$M = R (1 - \cos \theta) + \frac{1}{2} (S - L) \sin \theta$$

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)

S = jarak pandangan (m)

L = panjang tikungan (m)

2.5.4 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:

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

Keterangan:

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 (Rc) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini:

$$Rc = R - \frac{1}{4} Bn + \frac{1}{2} b$$

Keterangan:

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

Bn = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$Bt = n (B + C) + Z$$

Keterangan:

n = Jumlah jalur lalu lintas

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

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

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi ditikungan (m)

$$\Delta b = Bt - Bn$$

Δb = Tambahan lebar perkerasan ditikungan (m)

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

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}}$$

Keterangan:

V = Kecepatan Rencana (km/jam)

R = Jari-jari tikungan

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

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah bidang tegak yang melalui sumbu jalan atau proyeksi tegak lurus bidang gambar. Profil ini menggambarkan tinggi rendahnya jalan terhadap muka tanah asli, sehingga memberikan gambaran terhadap kemampuan kendaraan dalam keadaan naik dan bermuatan penuh.

Alinyemen vertikal sangat erat hubungan dengan besarnya biaya pembangunan, biaya penggunaan kendaraan serta jumlah lalulintas. Kalau pada alinyemen horizontal (bagian tikungan) maka pada alinyemen vertikal yang merupakan bagian kritis justru pada bagian lurus. Kemampuan pendakian dari kendaraan truck dipengaruhi oleh panjang pendakian (panjang kritis landai) dan besarnya landai.

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: Direktorat Jendral Bina Marga, 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 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 : Saodang, 2004)

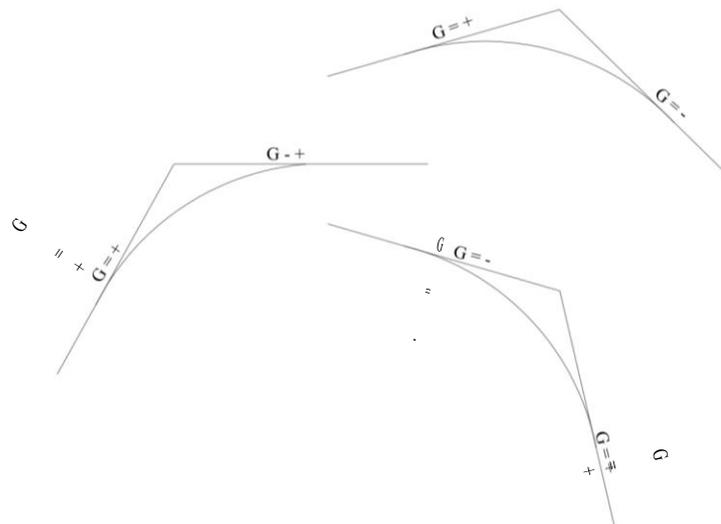
2.6.2 Lengkung Vertikal

Pada setiap penggantian landai harus dibuat lengkung vertikal yang memenuhi keamanan, kenyamanan dan drainase yang baik. Lengkung vertikal adalah lengkung yang dipakai untuk mengadakan peralihan secara berangsur-angsur dari suatu landai ke landai berikutnya.

Lengkung vertikal dibagi dua macam, yaitu :

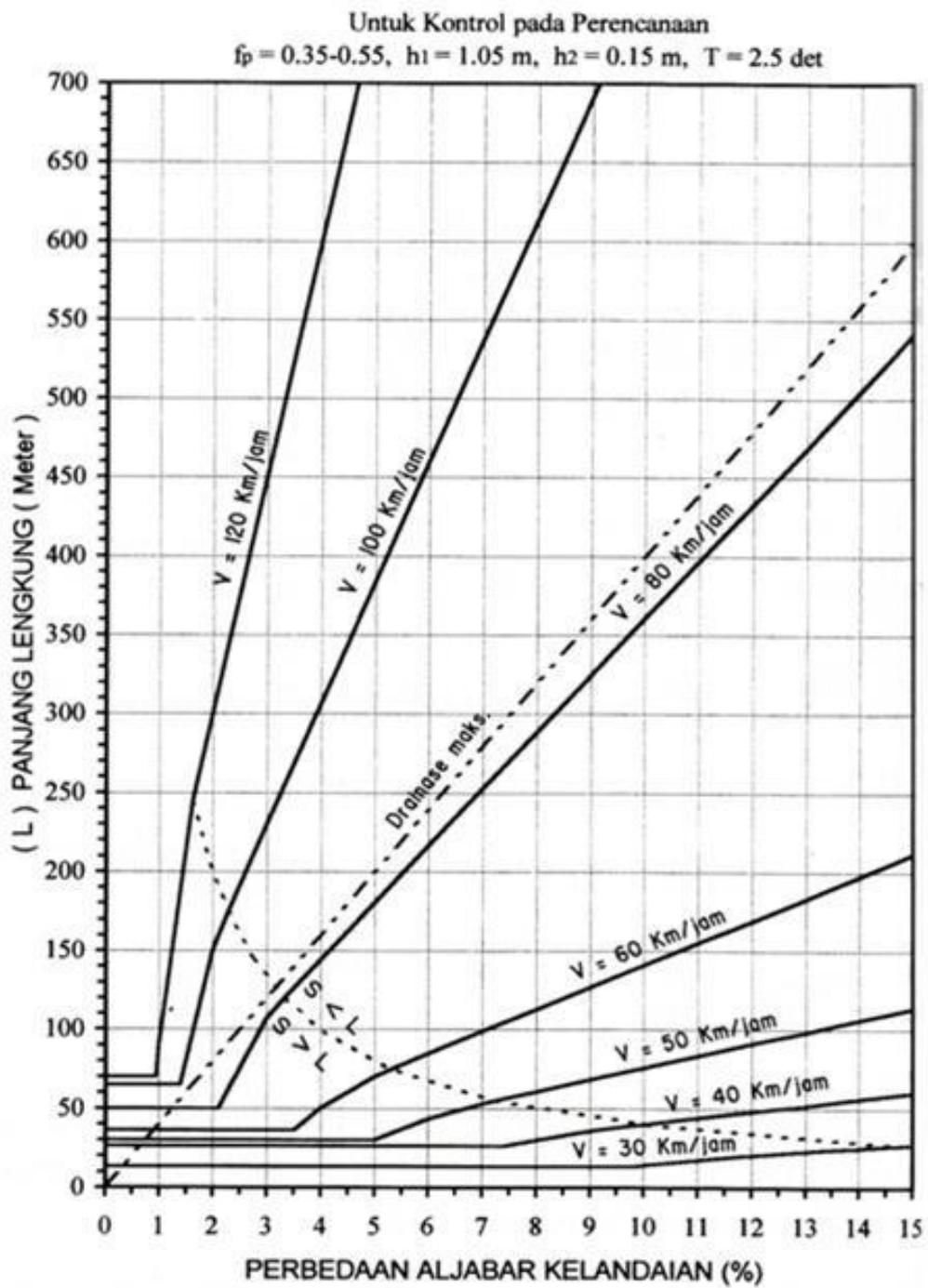
a. Lengkung vertikal cembung

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

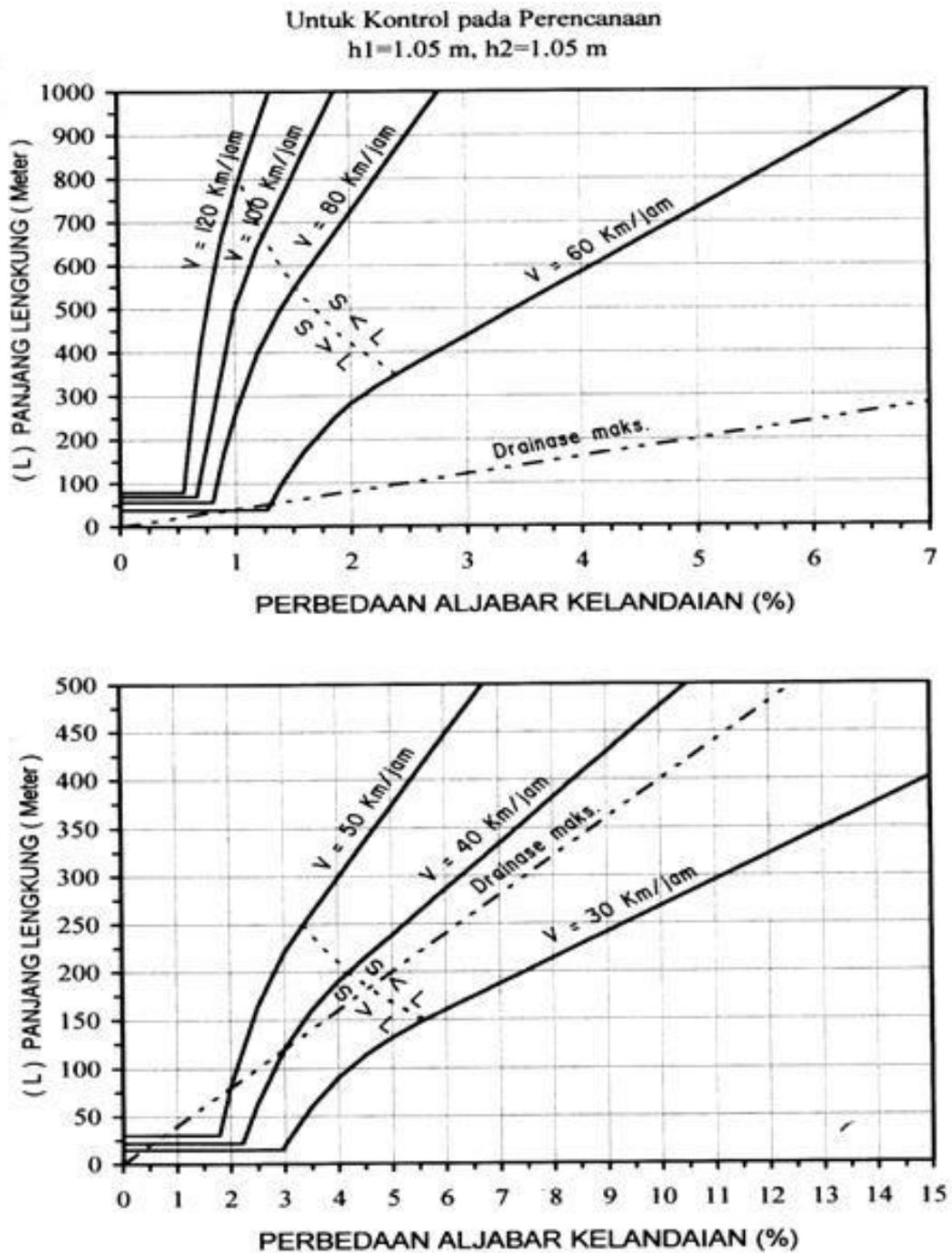


Gambar 2.14 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.15 (untuk jarak pandang henti).



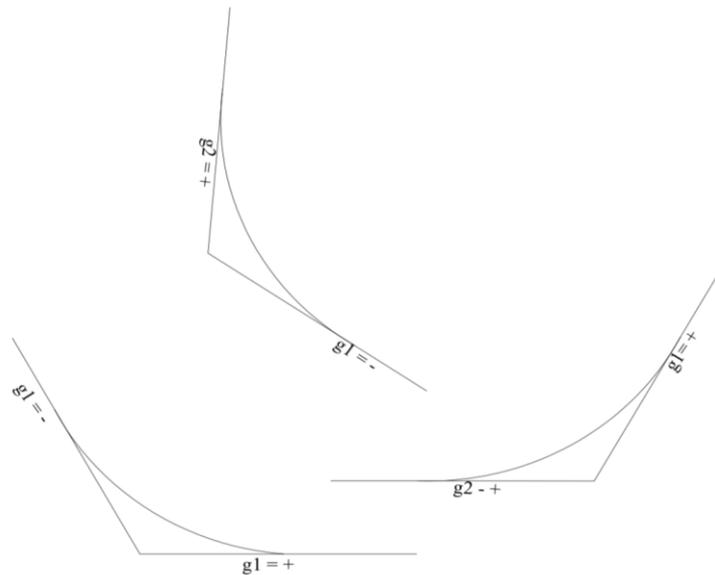
Gambar 2.15 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Henti (Jh).



Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (Jd).

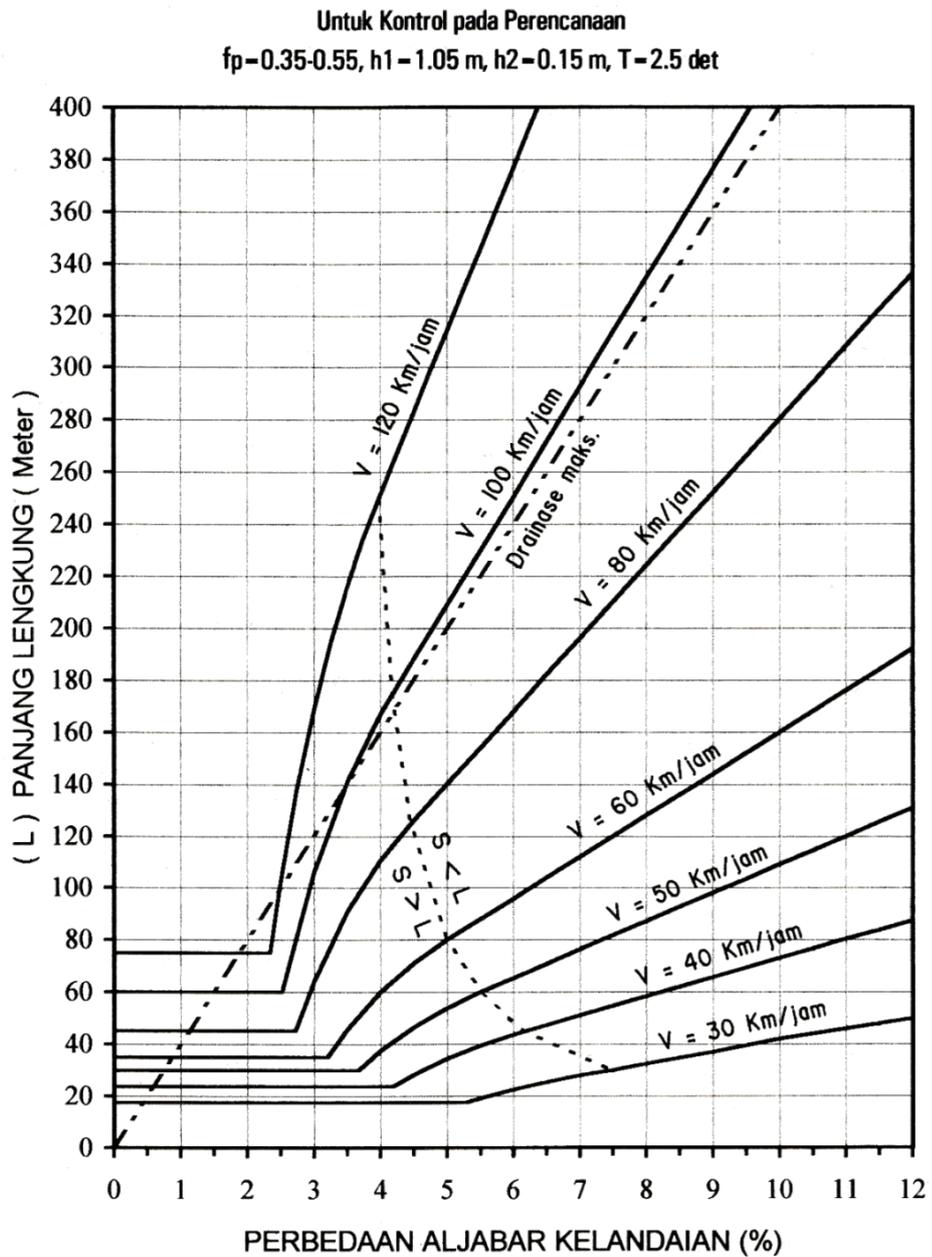
b. Lengkung Vertikal Cekung

Titik perpotongan antara ke 2 tangen berada dibawah permukaan jalan.



Gambar 2.17 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandangan pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam Grafik pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Tebal Perkerasan

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

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan ikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi duakategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton bertulang, atau bahan-bahan yang bersifat kaku.

2. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yaitu suatu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dan agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku/lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.7.1 Kriteria Perancangan

- 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 2.22 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: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

b. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Tabel 2.23 Koefisien Distribusi Kendaraan per Lajur Rencana (DL)

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

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

Keterangan : *) Mobil Penumpang

**) Truk dan Bus

c. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Tabel 2.24 Tingkat Reliabilitas untuk Berbagai 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
Lokal	50 – 80	50 – 80

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

Penerapan konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
2. Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.25
3. Pilih deviasi standar (S_0) yang harus mewakili kondisi setempat. Rentang nilai S_0 adalah 0,35 – 0

Tabel 2.25 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	-2,090
85,00	-1,037	95,00	-1,645	99,99	-3,750

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

d. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar, pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur pelayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Untuk mengurangi masalah yang disebabkan oleh air adalah dengan melakukan perancangan yang baik, yaitu perancangan struktur perkerasandengan dilengkapi perancangan drainasenya. Tujuan utamanya adalah menjaga agar lapisan pondasi, lapisan pondasi bawah dan tanah dasar terhindar dari kondisi jenuh.

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 ENCHRP 1-37A adalah berdasarkan pada metode *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 :

$$t = T_{50} \times m_d \times 24$$

Dimana :

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

T_{50} = *time* faktor

m_d = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif,

permeabilitas, resultanpanjang serta tebal lapisan *drainase*.

Faktor-faktor geometrik yang dipakai untuk menghitung nilai faktor kemiringanslope faktor (S_1) dengan persamaan berikut :

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

Dimana :

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

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

H = Tebal dari lapisan permeable (ft)

Nilai “M_d” dihitung dengan persamaan :

$$M_d = \frac{N_e \cdot L_R^2}{K \cdot H}$$

Dimana :

N_e = Porositas efektif lapisan *drainase*

k = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet/hari*

L_R = Resultan panjang (*feet*)

H = Tebal lapisan *drainase* dalam *feet*

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

Dimana :

K = Permeabilitas lapisan *drainase* dalam *feet/hari*

P₂₀₀ = Berat agregat yang lolos saringan no.200 dalam %

D₁₀ = Ukuran efektif ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien *drainase* yang akan digunakan mencakup :

1. Menghitung Porositas Material

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

Dimana :

n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume dan total volume

γ_d = Kepadatan kering dalam lb/ft^3

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

2. Menghitung Resultan Kemiringan (*Slope Resultant*)

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

Dimana :

S_R = Resultan Kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

3. Menghitung Resultan Panjang (*Length Resultant*)

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

Dimana :

L_R = Resultant Panjang (*feet*)

W = Lebar Lapisan *Drainase* (*feet*)

S = Kemiringan memanjang lapisan *Drainase* (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan *Drainase* (%)

Koefisien *drainase* untuk mengakomodasikan kualitas sistem *drainase* yang memiliki perkerasan jalan dan definisi umum mengenai kualitas *drainase* disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.26 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air Hilang Dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek Sekali	Air tidak akan mengalir

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 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 dibawah ini 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.

Penilaian koefisien drainase (m) dapat juga menggunakan pendekatan berdasarkan kondisi lapangan, terutama untuk perancangan rekonstruksi perkerasan lentur yang ada (*Indonesia Infrastructure Initiative*, 2011).

Tabel 2.27 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: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

e. Kinerja Perkerasan

Dalam menentukan indeks pelayanan perkerasan lentur pada akhir umurrencana (IP_t), perlu dipertimbangkan faktor-faktor klasifikasi fungsional jalan sebagaimana diperlihatkan pada tabel 2.28 dibawah ini :

Tabel 2.28 Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur pada Akhir Umur Rencana

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

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

Dalam menentukan indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) perlu diperhatikan jenis lapis permukaan perkerasan lentur pada awal umur rencana, indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP_0) untuk berapa lapisan perkerasan dapat dilihat pada tabel 2.29 dibawah ini :

Tabel 2.29 Indeks Pelayanan pada Awal Umur Rencana (IP_0)

Jenis lapis perkerasan	IP_0
Lapis beton aspal (Laton/AC) dan lapis beton aspal modifikasi (Laston Modifikasi/AC-mod)	≥ 4
Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	≥ 4

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

2.7.2 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

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

1. Kekuatan lapisan tanah dasar yang dinamakan nilai CBR atau Modulus ReaksiTanah Dasar (k).
2. Kekuatan Beton yang digunakan untuk lapisan perkerasan.
3. Prediksi volume dan komposisi lalu lintas selama usia rencana.
4. Ketebalan dan kondisi lapisan pondasi bawah (*sub base*) yang diperlukan untuk menopang konstruksi, lalu lintas, penurunan akibat air dan perubahan volume lapisan tanah dasar serta sarana perlengkapan daya dukung permukaan yangseragam di bawah dasar beton.

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai Negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

- a. Metode AASHTO, Amerika Serikat
Yang secara terus menerus mengalami perubahan sesuai dengan penelitian yang telah diperoleh. Perubahan terakhir dilakukan pada edisi 1986 yang dapat dibaca pada buku “AASHTO – *Guide For Design of Pavement Structure, 1986*”.
- b. Metode NAASRA, Australia Yang dapat dibaca “*Interin Guide to Pavement Thicknexe Design*”.
- c. Metode Road Note 29 dan Road Note 21
Road Note 29 diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di Inggris, sedangkan *Road Note 31* diperuntukan bagi perencanaan tebal perkerasan di negara-negara beriklim subtropis dan tropis.
- d. Metode Asphalt Institute
Yang dapat dibaca pada *Thickness Design Asphalt Pavement for Highways and streets, MS-1*.
- e. Metode Bina Marga, Indonesia
Yang merupakan modifikasi dari metode AASHTO 1972 revisi 1981. Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI-2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).
(Sukirman, 1999)

2.7.3 Koefisien Perencanaan Tebal Perkerasan

1. Koefisien Kekuatan Relative (a)

Koefisien kekuatan *relative* bahan jalan , baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan (lapis aus dan lapis permukaan antara), lapis pondasi serta lapispondasi bawah.

Tabel 2.30 Koefisien Kekuatan Relative Bahan Jalan (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relative		
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshall (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kPa)	CBR (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x1000 psi)							
1. Lapis Permukaan									
Laston modifikasi									
- Lapis Aus Modifikasi	3200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,414		
- Lapis Antara Modifikasi	3500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,360		
- Laston									
- Lapis Aus	3000 ⁽⁵⁾	435	800				0,400		
- Lapis Antara Lasaton	3200 ⁽⁵⁾	464	800				0,344		
- 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 laston	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	130	15				35			0,112
Konstruksi Telford									
Pemadatan mekanis						52			0,104
Pemadatan manual						32			0,074
Material pilihan	84	12				10			0,080

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 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.

1. Diameter benda uji 60 inchi
 2. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari
 3. Kuat tejan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm
 4. 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).
2. Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal
- Tipe Lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan (terutama kendaraan truk) pada tabel 2.31 disajikan pemilihan tipe lapisan beraspal sesuai lalu lintas rencana dan kecepatan kendaraan.

Tabel 2.31 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 – 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: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

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

3. 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 2.32 disajikan tabel minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.32 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
Laston		
- 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	6,0	15,0
- CTRB	6,0	15,0
- CMRFB0	6,0	15,0
- CTSB	6,0	15,0
- CTRSB	6,0	15,0
- Beton Padat Glling	6,0	15,0
- Beton Kurus	6,0	15,0
- Tanah Semen	6,0	15,0
- Tanah Kapur	6,0	15,0
3. Lapis Pondasi Bawah	6,0	15,0
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi Telford	6,0	15,0
- Material pilihan (<i>selected material</i>)	6,0	15,0

(Sumber: Departemen Pekerjaan Umum, 2012)

4. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (IndeksTebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\begin{aligned} \text{Log}(W18) = & ZR \cdot S0 + 9,36 \times \text{log}_{10}(SN + 1) - 0,2 + \frac{\text{Log}_{10} \left[\frac{\Delta IP}{IP_0 - IP_f} \right]}{0,4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} \\ & + 2,32 \cdot \text{log}_{10}(MR) - 8,07 \end{aligned}$$

Sesuai dengan persamaan di atas, penentuan nilai structural mencakup penentuan besaran – besaran sebagai berikut :

W18 (Wt) = volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana.

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

S0 = gabungan *standard error* untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja.

ΔIP = perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur rencana (IP0) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPf).

MR = modulus resilien tanah dasar efektif (psi). (MR = 1500 x CBR)

IPf = indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5).

5. Estimasi lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W18) adalah sesuai prosedur.

6. Tingkat kepercayaan dan pengaruh drainase

Untuk menetapkan tingkat kepercayaan atau reabilitas dalam proses perancangandan pengaruh drainase.

7. 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.

8. Pemilihan tebal lapisan

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

$$SN = a_{1,1} \times D_{1,1} + a_{1,2} \times D_{1,2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times M_3$$

Keterangan :

$a_1 a_2 a_3$ = koefisien kekuatan relatif 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.

9. Analisis perancangan tebal perkerasan.

Perlu dipahami bahwa untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama. Struktur perkerasan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ada. 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 rancangan yang diinginkan.

- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (MR)
- d. 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 di bawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana yang diinterpretasikan dengan lalu lintas
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai structural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai structural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis pondasi bawah dan lapis pondasi atas. Dengan menyelisihkan hasil perhitungan nilai structural yang diperlukan di atas setiap lapisan, maka tebal maksimum yang diizinkan untuk suatu lapisan dapat dihitung. Contoh, nilai structural maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai structural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai structural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai structural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas 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 di atas lapisan yang mempunyai

modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis

2.8 Manajemen Proyek

Menurut Ervianto 2007, manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari mulai hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu.

1. RKS (Rencana Kerja dan Syarat)

Sebagai kelengkapan dari dokumen tender, Rencana Kerja dan Syarat (RKS) ditempatkan sebagai dokumen penting selain gambar rencana, karena menentukan kepentingan dari berbagai pihak yang akan terlibat dalam realisasi pekerjaan, dimulai sejak tahap awal dari proses realisasi ide dari pemilik proyek (*owner*).

a. Syarat-Syarat Umum

Menjelaskan pasal-pasal yang berisi tentang proyek tersebut dari awal sampai akhir proyek tersebut.

b. Syarat-Syarat Administrasi

Dalam peraturan administrasi dibedakan pula antara peraturan administrasi keuangan dan teknis.

Administrasi keuangan mencakup hal-hal sebagai berikut : Harga penawaran termasuk didalamnya biaya pelelangan, ketentuan apabila terjadi pekerjaan tambah kurang, persyaratan yang harus dipenuhi dari setiap jenis jaminan yang digunakan, ketentuan denda yang disebabkan karena keterlambatan, kelalaian pekerjaan, pemutusan kontrak dan pengaturan pembayaran kepada kontraktor, resiko akibat kenaikan harga upah dan bahan.

Administrasi Teknis memuat hal-hal sebagai berikut : ketentuan apabila terjadi perselisihan beserta cara-cara penyelesaian, syarat-syarat penawaran ketentuan penyampaian dokumen penawaran dan

sampul penawaran, syarat peserta lelang dan sanksi yang harus diberikan apabila terjadi pelanggaran, hak sanggah dan kegagalan pelelangan, serta persyaratan pengadaan subkontraktor dan kualifikasi.

c. Syarat Teknis

Rincian dari setiap bagian pekerjaan yang akan dilaksanakan dimulai pekerjaan persiapan sampai dengan *finishing*. Bisa juga disebut Metode Kerja Pelaksanaan Pekerjaan, bahan-bahan yang akan digunakan beserta persyaratan.

2. RAB (Rencana Anggaran Biaya)

RAB adalah perencanaan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya.

a. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyak suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek.

b. Perhitungan Produktifitas Kerja Aktual

Menghitung produksi kerja aktual (PKA) adalah menentukan angka perkiraan produksi kerja dengan mempertimbangkan semua faktor yang mempengaruhinya.

c. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dalam pekerjaan yang besar seperti pekerjaan kontruksi selalu digunakan alat berat. Untuk operasi dengan alat-alat berat harus dipertimbangkan biaya- biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, waktu yang harus disesuaikan, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya. Biaya untuk alat berat dapat dihitung dengan perkiraan yang dapat dipertanggung jawabkan. Biaya tersebut yaitu terdiri dari :

- Biaya Kepemilikan

Biaya kepemilikan adalah biaya alat yang harus diperhitungkan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri.

- Biaya Operasi

Biaya operasi adalah biaya yang dikeluarkan selama alat tersebut digunakan. Biaya operasi ini meliputi bahan bakar, minyak pelumas, pergantian ban dan perbaikan atau pemeliharaan serta penggantian suku cadang khusus.

- d. Analisa Harga Satuan

Analisa satuan harga adalah perhitungan-perhitungan biaya yang berhubungan dengan pekerjaan-pekerjaan yang ada dalam suatu proyek. Guna dari satuan harga ini agar kita dapat mengetahui harga satuan dari tiap-tiap pekerjaan yang ada. Dari harga-harga yang terdapat didalam analisa satuan harga ini nantinya akan didapat harga keseluruhan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada yang akan digunakan sebagai dasar pembuatan rencana anggaran biaya.

- e. Perhitungan Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengalikan dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biayanya. Biasanya untuk pekerjaan yang dilaksanakan oleh Instansi Pemerintah dalam rekap tersebut sudah dimasukkan pajak serta keuntungan dari kontraktor.

3. Rencana Pelaksanaan

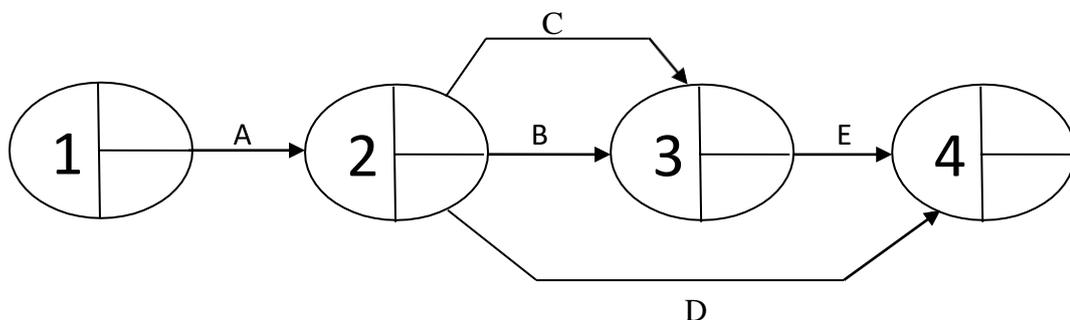
- a. NWP

Dalam *Network Planning* dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan satu dengan yang lain. Hubungan ini digambarkan dalam suatu diagram *network*,

sehingga kita akan dapat mengetahui bagian-bagian pekerjaan mana yang harus didahulukan, pekerjaan mana yang menunggu selesainya. Pekerjaan lain atau pekerjaan mana yang tidak perlu tergesa-gesa sehingga orang dan alat dapat digeser ketempat lain.

Adapun kegunaan dari NWP ini adalah :

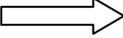
- i. Merencanakan, *scheduling* dan mengawasi proyek secara logis
- ii. Memikirkan secara menyeluruh, tetapi juga secara mendetail dari proyek
- iii. Mendokumentasikan dan mengkomunikasikan secara *scheduling* (waktu) dan alternatif-alternatif lain penyelesaiannya proyek dengan tambahan waktu
- iv. Mengawasi proyek dengan lebih efisien, sebab hanya jalur-jalur kritis (*critical path*) saja yang perlu konsentrasi pengawasan ketat.



Gambar 2.19 Sketsa *Network planning*

Keterangan :

1. \longrightarrow (*Arrow*) anak panah, merupakan pekerjaan atau tugas di mana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu dan *resource* tertentu. Anak panah selalu menghubungkan dua buah *nodes*, arah dari anak-anak panah menunjukkan urutan-urutan waktu.

2.  (*Node/event*) lingkaran, yang berarti saat, peristiwa atau kejadian. Simbol ini merupakan permulaan atau akhir dari suatu kegiatan.
3.  (*Double arrow*) anak panah sejajar, merupakan kegiatan dilintasan kritis (*critical path*).
4.  (*Dummy*) anak panah dengan garis putus-putus, artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.
5.  EET (*Earliest Event Time*) = waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kejadian awal dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.
6. LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat, yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebestumnya dengan mengambil angka terkecil.
1 = Nomor kejadian
7. A, B, C, D merupakan kegiatan.

b. *Barchat*

Barchat, berupa diagram batang yang dapat menunjukkan lamanya waktu pelaksanaan. Disamping itu dapat menunjukkan lamanya penggunaan suatu alat dan bahan yang diperlukan sehingga tidak saling mengganggu pelaksanaan pekerjaan.

c. Kurva S

Dibuat berdasarkan bobot setiap pekerjaan dan lamanya waktu yang diperlukan sampai akhir pekerjaan tersebut. Bobot pekerjaan merupakan persentase yang didapat dari perbandingan antara pekerjaan dengan harga total keseluruhan.